

GEO6

L'AVENIR DE L'ENVIRONNEMENT MONDIAL

UNE PLANÈTE
SAINTE POUR DES
POPULATIONS EN
BONNE SANTÈ

ONU 
environnement



**L'AVENIR DE L'ENVIRONNEMENT MONDIAL (GEO-6)
UNE PLANÈTE SAINÉ POUR DES POPULATIONS
EN BONNE SANTÉ**

Directeurs de publication

Paul Ekins

Coprésident
Global Environment Outlook
University College
London

Joyeeta Gupta

Coprésidente
Global Environment Outlook
Université d'Amsterdam

Pierre Boileau

Directeur des affaires
environnementales

Copyright © 2021 Programme des Nations Unies pour l'environnement

Première édition : 2021.

Le présent ouvrage peut être reproduit en totalité ou en partie, et sous toute forme que ce soit, à des fins éducatives ou non lucratives sans l'autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur, à condition que la source en soit mentionnée. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) souhaite recevoir un exemplaire de toute publication utilisant le présent ouvrage comme source.

Le présent ouvrage ne peut être utilisé à des fins de vente ou toute autre fin commerciale quelle qu'elle soit, sans autorisation préalable écrite du PNUE. Les demandes pour de telles autorisations, accompagnées d'une déclaration relative à l'ambition et à la portée de la reproduction, devront être adressées au Directeur, DCPI, UNEP, P.O. Box 30552, Nairobi, 00100, Kenya.

Toutes les versions du présent ouvrage peuvent comporter des contenus reproduits avec l'autorisation de tierces parties. L'autorisation de reproduire un de ces contenus s'obtient directement auprès de la tierce partie concernée.

Les appellations employées dans cette publication et les données qui y figurent n'impliquent, de la part du PNUE, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires ou villes, ou de leurs autorités, ou quant au tracé de leurs frontières ou limites. Pour obtenir des orientations générales concernant l'utilisation des cartes reproduites dans nos publications, veuillez consulter les notes figurant à l'adresse suivante : <https://www.un.org/Depts/Cartographic/french/htmain.htm>.

Le présent document peut être cité comme suit : Programme des Nations Unies pour l'environnement, *Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial (GEO-6) : une planète saine pour des populations en bonne santé*, Nairobi, 2019.

Numéro de travail : DEW/2500/NA

© Cartes, photos et illustrations comme indiqué.

Maquette de couverture : Joseph Schmidt-Klingenberg et Sebastian Obermeyer

Graphisme : Joseph & Sebastian

Mise en page : Jennifer Odallo et Catherine Kimeu (ONUN, Section des services de publication, Nairobi, certifiée ISO 14001)

Révision linguistique : Louis Courteau, trad. a.

ISBN : 978-92-807-4002-8

Avertissements

La mention d'une entreprise ou d'un produit commercial dans ce rapport ne suppose pas l'aval implicite du PNUE ou des auteurs. L'exploitation à des fins publicitaires des informations figurant dans le texte est interdite. Les noms et symboles de marques déposées utilisés le sont à titre illustratif, sans intention d'enfreindre les lois sur les marques déposées ou les droits d'auteur.


Le PNUE n'assume aucune responsabilité quant à la persistance ou l'exactitude des hyperliens de sites Internet de tierces parties cités dans cette publication et n'émet aucune garantie quant à l'exactitude ou l'adéquation présentes ou futures du contenu de ces sites.



Le PNUE s'efforce de promouvoir des pratiques respectueuses de l'environnement dans le monde entier ainsi que dans ses propres activités. Le présent rapport est imprimé sur du papier recyclé, sans chlore, produit à partir de forêts exploitées de manière durable. Les encres sont d'origine végétale. Notre politique en matière de distribution vise à réduire l'empreinte carbone du PNUE.

**SIXIÈME RAPPORT SUR L'AVENIR DE L'ENVIRONNEMENT
MONDIAL (GEO-6)
UNE PLANÈTE SAINE POUR DES POPULATIONS
EN BONNE SANTÉ**





Une planète saine est importante pour la santé et le bien-être de tous. Elle apporte un soutien direct à la vie et aux moyens de subsistance de 70 % de la population mondiale.

Les 10 principaux pays émetteurs de gaz à effet de serre sont responsables de 45 % des émissions mondiales, contre 13 % pour les 50 derniers pays du classement.

L'exposition à la pollution de l'eau et de l'air intérieur et extérieur coûte la vie à au moins 9 millions de personnes par an.



Les données scientifiques actuelles justifient des mesures politiques immédiates. Des connaissances plus détaillées permettraient d'adopter des politiques plus précises et plus ambitieuses.

À l'échelle mondiale, la réalisation de l'objectif de 2 °C fixé par l'Accord de Paris représente une économie de 54,1 billions de dollars des États-Unis, pour un coût de 22,1 billions de dollars É.-U. La réalisation de l'objectif de 1,5 °C permettrait à l'Inde et à la Chine d'économiser respectivement 3,3 à 8,4 et 0,3 à 2,3 billions de dollars É.-U. dans le domaine de la santé.

Actuellement, 77 % des terres agricoles sont exploitées pour la production de viande. La production agricole représente 70 % de la consommation d'eau à l'échelle mondiale.

Remerciements

Le sixième *Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* (GEO-6) est le fruit du généreux dévouement et de l'extraordinaire implication des nombreuses personnes dont les connaissances, l'expertise et les idées ont permis de donner naissance à cet important corpus de recherches. Le PNUE remercie les nombreux gouvernements, particuliers et institutions qui ont contribué à la préparation et à la publication du présent rapport.

Une liste plus complète des personnes et des institutions ayant contribué au processus d'évaluation est présente en fin de publication, après les annexes. Nous tenons à remercier tout particulièrement les entités suivantes :

Groupe consultatif intergouvernemental et multipartite de haut niveau

Nassir S. Al-Amri, Hæge Andenæs, Juan Carlos Arredondo, Sara Baisai Feresu, Benon Bibbu Yassin, Simon Birkett, Gillian Bowser, Joji Carino, Fernando E.L.S. Coimbra, Marine Collignon (suppléante), Victoria de Higa Rodriguez, Laksmi Dhewanthi, Noasilalaonomenjahary Ambinintsoa Lucie, Arturo Flores Martinez (suppléante), Sascha Gabizon, Prudence Galega, Edgar Gutiérrez Espeleta, Keri Holland (suppléante), Pascal Valentin Houénou (vice-président), Yi Huang (coprésidente), Mork-Knutsen Ingeborg (suppléante), Melinda Kimble, Asdaporn Krairapanond, Yaseen M. Khayyat, Pierluigi Manzione, Veronica Marques (suppléante), Jock Martin, John M. Matuszak, Megan Meaney, Naser Moghaddasi, Bedrich Moldan, Roger Roberge, Najib Saab, Mohammed Salahuddin, Jurgis Sapijanskas (suppléant), Paolo Soprano (coprésident), Xavier Sticker, Sibylle Vermont (vice-présidente), Andrea Vincent (suppléante), Terry Yosie

Groupe consultatif d'experts scientifiques

Asma Abahussain, John B.R. Agard, Odeh Al-Jayyousi, Paulo Eduardo Artaxo Netto, Rosina M. Bierbaum, Enrico Giovannini, Sarah Green (coprésidente), Torkil Jønch Clausen, Ahmed Khater, Nicholas King (coprésident), Paolo Laj, Byung-Kook Lee, Alastair Charles Lewis, Franklyn Lisk, Majid Shafiepour Motlagh, Carlos Afonso Nobre, Toral Patel-Weyand, Anand Patwardhan, N.H. Ravindranath (vice-président), Wedelin Stark, Danling Tang, Maria del Mar Viana Rodriguez (vice-présidente), Naohiro Yoshida

Membres du Groupe de travail sur les méthodes d'évaluation, les données et l'information

Maria Andrzejewska, Ousséni Arouna, Sandra De Carlo (coprésidente), Rosario Gomez, Wabi Marcos, Reza Maknoon, Graciela Metternicht, Thy Nguyen Van, Nicolas Perritaz (coprésident), Qurat ul Ain Ahmad, Mathis Wackernagel, Fei Wang

Coprésidents et vice-présidents de l'évaluation

Coprésidents: Paul Ekins, Joyeeta Gupta
Vice-présidents: Jane Bemigisha, Kejun Jiang

Auteurs principaux chargés de la coordination

Ghassem Asrar, Elaine Baker, Tariq Banuri, Graeme Clark, John Crump, Florence Mayocyc-Daguitan, Jonathan Davies, Phillip Dickerson, Nicolai Dronin, Mark Elder, Erica Gaddis, Jia Gensuo, Anna Maria Grobicki, Cristina Guerreiro, Andrés Guhl, Peter Harris, Rowena Hay, Steve Hedden, Klaus Jacob, Mikiko Kainuma, Terry Keating, Peter King, Pali Lehohla, Christian Loewe, Paul Lucas, Diana Mangalagiu, Diego Martino, Shanna McClain, Catherine McMullen, Adelina Mensah, Indu K. Murthy, Charles Mwangi, John Muthama Nzioka, Jacob Park, Laura Pereira, Fernando Filgueira Prates, Walter Rast, Jake Rice, Joni Seager, William Sonntag, Peter Stoett, Michelle Tan, Detlef van Vuuren, Dimitri Alexis Zenghelis

Réviseurs

Amr Osama Abdel-Aziz, Ahmed Abdelrehim, Majdah Aburas, Mohammad Al Ahmad, Chandani Appadoo, Michael Brody, Louis Cassar, William W. Dougherty, Manal Elewah, Amr El-Sammak, Elsa Patricia, Galarza Contreras, Jose Holguin-Veras, Muhammad Ijaz, Joy Jadam, Emmanuel Dieudonné Kam Yogo, Yoon Lee, Clever Mafuta, Simone Maynard, Joan Momanyi, Jacques André Ndione, Washington Odongo Ochola, Renat Perelet, Linn Persson, Jan Plesnik, Ariana Rossen, Mayar Sabet, John Shilling, Binaya Raj Shivakoti, Asha Singh, Asha Sitati, Lawrence Surendra, Paul C. Sutton, Khulood Abdul Razzaq Tubaishat, Emma Archer van Garderen, Lei Yu, Samy Mohamed Zalot

Bailleurs de fonds pour le rapport GEO-6

La production d'une évaluation d'une telle envergure requiert de nombreuses contributions généreuses. Les organisations suivantes ont apporté un financement direct ou indirect au sixième *Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* (GEO-6) : le Gouvernement de la Norvège, l'Union européenne, et les gouvernements de l'Italie, de Singapour, de la Chine, du Mexique, de la Suisse, du Danemark, de l'Égypte et de la Thaïlande. Associées au Fonds pour l'environnement et au budget ordinaire du PNUE, ces contributions ont permis de mettre au point le rapport GEO-6 ainsi que le *Résumé à l'intention des décideurs* et d'autres activités de sensibilisation ultérieures.

Ce projet est cofinancé par l'Union européenne



Partenaires du rapport GEO-6

Le rapport GEO-6 a également pu compter sur la généreuse contribution de plusieurs partenaires, dont GRID-Arendal, le Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature (WCMC), le Centre pour l'environnement et le développement pour la région arabe et l'Europe (CEDARE), le programme Big Earth Data Science Engineering (CASEarth), l'Agence spatiale européenne (ESA), l'Agence néerlandaise pour l'évaluation de l'environnement (PBL), l'Université libre de Berlin et l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT).



L'équipe de production du sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial (GEO-6)

Équipe principale du rapport GEO-6

Pierre Boileau (chef de l'unité GEO), Minang Acharya, Yunting Duan, Sandor Frigyik, Orlane Jadeau, Caroline Kaimuru, Jian Liu, Caroline Mureithi, Franklin Odhiambo, Brigitte Ohanga, Adele Roccatto, Sharif Shawky, Simone Targetti Ferri, Brennan Van Dyke, Edoardo Zandri

Coordonnateurs des chapitres

Joana Akrofi, Hilary Allison, Jennifer Bailey, Pierre Boileau, Jillian Campbell, Kilian Christ, John Crump, Valentin Foltescu, Jason Jabbour, Hartwig Kremer, Maarten Kappelle, Patrick M'Mayi, Franklin Odhiambo, Mohamed Sessay, Michael Stanley-Jones, Simone Targetti Ferri, Kaisa Uusimaa, Clarice Wilson

Appui à la production et aux données

Misha Alberizzi, Matthew Billot, Alexandre Caldas, Jillian Campbell, Ludgarde Coppens, Ananda Dias, Angeline Djampou, Dany Ghafari, Virginia Gitari, Florence Kahiro, Isabell Kempf, Sera Kinoyan, Ian Magero, Nada Matta, Pascil Muchesia, Josephine Mule, Jane Mureithi, Theuri Mwangi, Immaculate Mwololo, Samuel Opiyo, Audrey Ringler, Jinhua Zhang

Base de données et système et d'évaluation par les pairs

Ahmed Abdelrehim (CEDARE), Tesfaye Demissie (CEA), Clever Mafuta (GRID-Arendal), Mayar Sabet (CEDARE), Ayman Soliman (CEDARE), Viola Sawiris (CEDARE), Youssef Younis (CEDARE)

Cartes et graphiques

Fang Chen (CASEarth/RADI), Pourn Ghaffarpour (ONUN, Services de publication), Catherine Kimeu (ONUN, Services de publication), Samuel Kinyanjui (ONUN, Services de publication), Jie Liu (CASEarth/RADI), Jennifer Odallo (ONUN, Services de publication), Audrey Ringler, Jinita Shah (ONUN, Services de publication), Zeeshan Shirazi (CASEarth/RADI), Lei Wang (CASEarth/RADI)

Équipe de traduction

TRADUC-CO : Koffi Mamadou Kouakou, Seri Agathe Lekadou, Sindou Soumahoro, Mamadou Zongo, Aminata Diabi, Akouete Dokou, Karim Diarra

Marquis-Interscript : M. Louis Courteau

Conception et mise en page

Jennifer Odallo, Catherine Kimeu (ONUN, Section des services de publication), Audrey Ringler (PNUE)

Table des matières

Remerciements	viii
Avant-propos	xxviii
Avant-propos	xxix
Avant-propos des coprésidents	xxx
Message des coprésidents	xxxii
Références	xxxiii

Poser les jalons



CHAPITRE 1 : Introduction et contexte	03
1.1 GEO-6 : Une planète saine pour des populations en bonne santé – l’humanité face au défi de la transformation.	04
1.2 L’évaluation phare du Programme des Nations Unies pour l’environnement en vue de garantir la dimension environnementale du Programme de développement durable à l’horizon 2030	07
1.3 Le rapport GEO-6 dans un contexte mondial en mutation	08
1.4 La gouvernance environnementale	11
1.5 La dimension environnementale des objectifs de développement durable, la gouvernance environnementale mondiale et les accords multilatéraux sur l’environnement	11
1.6 Le rapport GEO-6 dans le contexte des autres évaluations environnementales	12
1.7 L’approche, la théorie du changement et la structure du rapport GEO-6	13
Références	17



CHAPITRE 2 : Les forces motrices du changement environnemental	21
Synthèse	22
2.1 Introduction et contexte	24
2.2 Changements intervenus depuis la dernière évaluation	24
2.3 La population	25
2.4 L’urbanisation	31
2.5 Le développement économique	36
2.6 Technologie, innovation et durabilité mondiale	40
2.7 Le changement climatique	43
2.8 Démêler les forces motrices et leurs interactions	48
Références	52



CHAPITRE 3 : L’état actuel de nos données et connaissances	57
Synthèse	58
3.1 Introduction	59
3.2 La demande de statistiques et de données environnementales	59
3.3 Historique des statistiques environnementales	59
3.4 De meilleures données pour une planète saine et des populations en bonne santé	60
3.5 L’intersectionnalité du genre et de l’environnement social	64
3.6 L’équité et les interactions humains-environnement	66
3.7 Les systèmes de données actuels	68
3.8 Conclusion	71
Références	72



CHAPITRE 4 : Questions transversales	75
Synthèse	76
4.1 Introduction	78
4.2 Les populations et les moyens de subsistance	78
4.3 Des environnements en mutation	85
4.4 Les ressources et les matières	91
4.5 Conclusions	97
Références	98

PARTIE A : L'ÉTAT DE L'ENVIRONNEMENT MONDIAL



CHAPITRE 5 : L'air	107
Synthèse	108
5.1 Introduction	109
5.2 Pressions : les émissions	110
5.3 État : la composition de l'atmosphère et le climat	117
5.4 Impacts	125
5.5 Réponses : les politiques et la gouvernance	129
Références	134



CHAPITRE 6 : La biodiversité	141
Synthèse	142
6.1 Introduction	144
6.2 Autres évaluations réalisées depuis la cinquième édition de L'avenir de l'environnement mondial (GEO-5)	145
6.3 Forces motrices	146
6.4 Pressions	146
6.5 État et tendances de la biodiversité mondiale	153
6.6 Impacts sur les biomes du monde	158
6.7 Réponses	164
6.8 Conclusion	167
Références	168



CHAPITRE 7 : Les océans et les côtes	175
Synthèse	176
7.1 Introduction	178
7.2 Pressions	179
7.3 État	181
7.4 Impacts	186
7.5 Réponses	191
7.6 Conclusions	193
Références	195










CHAPITRE 8 : Les terres	201
Synthèse	202
8.1 Les ressources foncières et les objectifs de développement durable	204
8.2 Poser les jalons du rapport GEO-6 : l'héritage du rapport GEO-5	204
8.3 Forces motrices et pressions	204
8.4 État et tendances clés	209
8.5 Principaux impacts	217
8.6 Réponses stratégiques	224
Références	229



CHAPITRE 9 : L'eau douce	235
Synthèse	236
9.1 Introduction et questions prioritaires	238
9.2 Pressions sur l'eau douce	238
9.3 L'utilisation de l'eau et des terres	240
9.4 État et tendances de l'eau douce à l'échelle mondiale	240
9.5 La qualité de l'eau	244
9.6 Les écosystèmes d'eau douce	250
9.7 L'infrastructure d'adduction d'eau	252
9.8 Impacts	255
9.9 Réponses stratégiques	257
9.10 Conclusions	263
Références	265

PARTIE B : ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES POLITIQUES, DES BUTS, DES OBJECTIFS ET DE LA GOUVERNANCE ENVIRONNEMENTALE

	CHAPITRE 10 : La démarche d'évaluation de l'efficacité des politiques	273
	10.1 Contexte	274
	10.2 Les politiques et la gouvernance environnementales	274
	10.3 Les moyens d'intervention	275
	10.4 Les ensembles de politiques et leur cohésion	275
	10.5 La méthodologie adoptée pour évaluer l'efficacité des politiques	277
	10.6 La méthodologie d'évaluation descendante	278
	10.7 La méthodologie d'évaluation ascendante	279
	10.8 Contenu de la partie B	280
	Références	281
	CHAPITRE 11 : La théorie et la pratique des politiques	283
	Synthèse	284
	11.1 Introduction	285
	11.2 La conception des politiques	285
	11.3 L'intégration des politiques	289
	11.4 L'efficacité de la gouvernance internationale multinationale	294
	11.5 Conclusions	296
	Références	297
	CHAPITRE 12 : Les politiques de qualité de l'air	301
	Synthèse	302
	12.1 Introduction	303
	12.2 Les principales politiques et approches de gouvernance	303
	12.3 Les indicateurs	315
	12.4 Discussion et conclusions	319
	Références	320
	CHAPITRE 13 : Les politiques de la biodiversité	323
	Synthèse	324
	13.1 Introduction	325
	13.2 Les principales politiques et approches de gouvernance	326
	13.3 Les indicateurs : les politiques de la biodiversité	338
	13.4 Conclusions	342
	Références	344
	CHAPITRE 14 : Les politiques relatives aux océans et aux zones côtières	349
	Synthèse	350
	14.1 Introduction	351
	14.2 Les principales politiques et approches de gouvernance	351
	14.3 Les indicateurs	362
	14.4 Discussion et conclusions	366
	Références	367
	CHAPITRE 15 : Les politiques de protection des terres et des sols	373
	Synthèse	374
	15.1 Introduction	376
	15.2 Les principales politiques et approches de gouvernance	377
	15.3 Les indicateurs	389
	15.4 Conclusions	393
	Références	395
	CHAPITRE 16 : Les politiques sur l'eau douce	399
	Synthèse	400
	16.1 Introduction	401
	16.2 Les principales politiques et approches de gouvernance	401
	16.3 Les indicateurs (lien avec les ODD et les AME)	412
	16.4 Discussion et conclusions	419
	Références	420



CHAPITRE 17 : Les approches stratégiques systémiques visant les questions transversales	425
Synthèse	426
17.1 Les questions stratégiques transversales et le changement systémique	428
17.2 Les acteurs, les politiques et les approches de gouvernance	428
17.3 L'adaptation des systèmes socio-économiques au service d'une meilleure résilience au changement climatique	429
17.4 La création d'un système agroalimentaire durable	432
17.5 La décarbonisation des systèmes énergétiques	436
17.6 Vers une économie plus circulaire	439
17.7 Conclusions	446
Références	448



CHAPITRE 18 : Conclusions sur l'efficacité des politiques	453
18.1 Survol des effets	454
18.2 Les liens avec les politiques futures	456
18.3 L'absence de certaines connaissances	456
18.4 Les principaux enseignements de l'analyse	457
Références	458

PARTIE C : PERSPECTIVES ET TRAJECTOIRES VERS UNE PLANÈTE SAINTE POUR DES POPULATIONS EN BONNE SANTÉ



CHAPITRE 19 : Les perspectives présentées dans le rapport GEO-6	463
Synthèse	464
19.1 Introduction	465
19.2 Les principales composantes des perspectives d'avenir en matière d'environnement	465
19.3 Un nouveau cadre pour combiner les méthodes d'analyse descendante et ascendante	466
19.4 Le rôle de l'échelle géographique	467
19.5 Feuille de route pour la partie C du rapport GEO-6	467
Références	469



CHAPITRE 20 : Une vision à long terme pour 2050	471
Synthèse	472
20.1 Introduction	473
20.2 La dimension environnementale des ODD	473
20.3 Un point de vue intégré sur les ODD	473
20.4 Une vision à long terme : les cibles et indicateurs sélectionnés	476
20.5 Conclusions	481
Références	482



CHAPITRE 21 : Les développements futurs en l'absence de politiques ciblées	485
Synthèse	486
21.1 Introduction	488
21.2 Les scénarios environnementaux globaux	488
21.3 La réalisation des ODD et des AME connexes dans les scénarios tendanciels	490
21.4 Sommes-nous en voie d'atteindre les cibles ?	504
Références	506



CHAPITRE 22 : Les trajectoires vers le développement durable	511
Synthèse	512
22.1 Introduction	514
22.2 La définition des trajectoires	514
22.3 Les trajectoires vers l'atteinte des cibles	514
22.4 Une approche intégrée	532
22.5 Conclusions et recommandations	537
Références	539



CHAPITRE 23 : Les initiatives ascendantes et les approches participatives	545
Synthèse	546
23.1 Introduction	548
23.2 L'intégration des évaluations mondiales et des analyses ascendantes	548
23.3 Les évaluations inframondiales dans un contexte multiniveau	549
23.4 Les visions prospectives ascendantes fondées sur les pratiques locales existantes	550
23.5 Justification et approche méthodologiques	550
23.6 L'examen du paysage général des initiatives ascendantes	551
23.7 Les initiatives participatives du rapport GEO-6	552
23.8 Les évaluations régionales du rapport GEO-6	553
23.9 Les conclusions de l'approche ascendante	553
23.10 Synthèse des évaluations régionales du rapport GEO	566
23.11 Les interventions et les initiatives ascendantes des perspectives régionales	570
23.12 Les conditions favorables aux transformations	572
23.13 Messages clés	573
23.14 Les interventions essentielles et la nécessité absolue de reconnaître la justice distributive dans le contexte mondial des inégalités et des injustices	576
Références	577



CHAPITRE 24 : La voie à suivre	581
Synthèse	582
24.1 Les approches stratégique et transformatrice de la politique environnementale	583
24.2 Le changement transformatrice	584
24.3 Les jalons sur la voie de la transformation	584
24.4 Une planète saine pour des populations en bonne santé : un défi majeur, une occasion à saisir	587
Références	590

PARTIE D : LES LACUNES EN DONNÉES ET EN CONNAISSANCES À COMBLER



CHAPITRE 25 : Les besoins futurs en données et en connaissances	597
Synthèse	598
25.1 Introduction	599
25.2 Les nouveaux outils d'évaluation environnementale	599
25.3 La surveillance de l'environnement pour l'avenir	612
25.4 Conclusion : défis, lacunes et perspectives	615
Références	618



ANNEXES	621
Annexe 1-1 : Mission du sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial	622
Annexe 1-2 : Corpus d'évaluations environnementales intégrées dont s'inspire le sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial	623
Annexe 1-3 : La théorie du changement mise en œuvre dans le sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial (GEO-6)	625
Annexe 1-4 : Structure et explication des niveaux de confiance utilisés dans le sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial	627
Annexe 4-1 : Vers un suivi de la dimension environnementale des ODD	631
Annexe 6-1 : Principales conventions relatives à la diversité biologique	642
Annexe 9-1 : Les contaminants de l'eau et leurs occurrences	643
Annexe 13-1 : La conservation de la biodiversité et les accords internationaux sur l'environnement	646
Annexe 13-2 : Aperçu des principales évolutions des politiques et des réponses en matière de gouvernance à l'échelle mondiale	647
Annexe 23-1 : Les plateformes d'initiatives ascendantes et leurs résultats	648



PROCESSUS DU RAPPORT GEO-6	669
Calendrier	672
Partenariats et collaboration	673
Processus de révision	673
Organes consultatifs du rapport GEO-6	674
Processus de consultation	674
Annexe	676
Sigles et acronymes	678
Contributeurs	683
Glossaire	693

Figures

Introduction et contexte

Figure 1.1 :	Les choix à faire en vue d'une planète saine pour des populations en bonne santé.....	06
Figure 1.2 :	L'approche DPSIR utilisée dans le rapport GEO-6.....	13
Figure 1.3 :	Structure de GEO-6, comprenant un lien avec sa théorie du changement (voir l'annexe 1-3).....	15

Les forces motrices du changement environnemental

Figure 2.1 :	Population, émissions et fécondité à l'échelle mondiale.....	26
Figure 2.2 :	Émissions par habitant sur la base des données démographiques.....	27
Figure 2.3 :	Projections de la population mondiale.....	28
Figure 2.4 :	La répartition inégale de la consommation et des pressions connexes sur l'environnement entre les nations.....	29
Figure 2.5 :	Répartition et composition de la population mondiale.....	30
Figure 2.6 :	Prévalence de la contraception et fécondité totale.....	30
Figure 2.7 :	Taux de fréquentation de l'école secondaire par les filles et taux de fécondité total.....	31
Figure 2.8 :	Croissance de la population urbaine mondiale propulsée par les villes.....	32
Figure 2.9 :	Taux de croissance des villes.....	32
Figure 2.10 :	La confrontation d'une croissance rapide à une grande vulnérabilité.....	34
Figure 2.11 :	Superficie bâtie et population (1975-2015).....	35
Figure 2.12 :	Comment les taux de croissance des pays en développement ont commencé à excéder ceux des pays développés.....	37
Figure 2.13 :	Croissance du commerce mondial.....	38
Figure 2.14 :	La courbe de l'éléphant de Milanovic.....	39
Figure 2.15 :	Industrie 4.0 : transformation technologique de la production industrielle future.....	43
Figure 2.16 :	Concentration moyenne de CO ₂ dans l'atmosphère.....	43
Figure 2.17 :	Croissance mondiale des émissions de GES par région économique.....	44
Figure 2.18 :	Tendances des émissions dans différents pays (1990-2015).....	45
Figure 2.19 :	La crise du carbone.....	45
Figure 2.20 :	Plusieurs indicateurs indépendants du changement climatique à l'échelle mondiale.....	46
Figure 2.21 :	Diagramme amélioré présentant une perspective mondiale des risques liés au climat.....	47
Figure 2.22 :	Tendances du nombre de phénomènes naturels entraînant des pertes.....	48
Figure 2.23 :	Relations entre les forces motrices.....	50

L'état actuel de nos données et connaissances

Figure 3.1 :	Cadre de données et de connaissances relatives aux ODD.....	60
Figure 3.2 :	État des indicateurs de suivi des ODD.....	60
Figure 3.3 :	Indicateurs de suivi des ODD ayant un lien avec l'environnement, selon l'objectif et le niveau.....	61
Figure 3.4 :	Principales lacunes en matière de données, classées par chapitre.....	61
Figure 3.5 :	Le travail domestique non rémunéré.....	65
Figure 3.6 :	Questions d'équité en matière de données et de connaissances.....	66

Questions transversales

Figure 4.1 :	Impact économique et humain des catastrophes, 2005-2014.....	80
Figure 4.2 :	Répartition en pourcentage de la charge de la collecte d'eau dans 61 pays.....	81
Figure 4.3 :	Compétences clés et rendement des citoyens au service du développement durable.....	82
Figure 4.4 :	Tendances de l'urbanisation mondiale.....	84
Figure 4.5 :	Anomalies de la température moyenne annuelle mondiale (par rapport à la moyenne à long terme, 1981-2010). Les étiquettes désignent différents ensembles de données, qui sont décrits dans la source.....	85
Figure 4.6 :	Âge et étendue de la banquise arctique.....	87
Figure 4.7 :	Intensification de l'utilisation des produits chimiques, 1955-2015.....	88
Figure 4.8 :	Le trafic illicite mondial de déchets.....	90
Figure 4.9 :	Ressources annuelles en eaux non conventionnelles de l'Asie occidentale.....	91
Figure 4.10 :	Exemple de la baisse de la teneur du minerai de cuivre au fil du temps, illustrée par la production annuelle mondiale de cuivre et l'estimation de la production annuelle de résidus.....	92
Figure 4.11 :	Les « coins technologiques » pour atteindre la cible de 2 °C.....	94
Figure 4.12 :	Fourchettes des coûts nivelés de l'électricité pour différentes technologies de production d'énergie renouvelable, 2014 et 2025.....	94
Figure 4.13 :	Répartition régionale et état actuel des variables de contrôle des flux biogéochimiques : A) de phosphore; B) d'azote.....	96

L'air

Figure 5.1 :	Principaux liens entre la pression, l'état et l'impact des changements atmosphériques.....	109
Figure 5.2 :	Liens entre les changements de la composition de l'atmosphère et la réalisation des objectifs de développement durable.....	110
Figure 5.3 :	Tendances des émissions annuelles, 1990-2014, en kilotonnes, selon le polluant, la région et le secteur.....	111
Figure 5.3 :	Tendances des émissions annuelles, 1990-2014, en kilotonnes, selon le polluant, la région et le secteur.....	112
Figure 5.3 :	Tendances des émissions annuelles, 1990-2014, en kilotonnes, selon le polluant, la région et le secteur.....	113
Figure 5.4 :	Parts mondiales des combustibles dans la production d'électricité en 2015.....	113
Figure 5.5 :	Production mondiale de produits dérivés des raffineries de pétrole, par produit.....	114
Figure 5.6 :	Production mondiale d'électricité, par combustible.....	114
Figure 5.7 :	Concentrations annuelles moyennes de MP _{2,5} en 2016 par rapport à la Ligne directrice de l'OMS sur la qualité de l'air et aux cibles intermédiaires.....	118
Figure 5.8 :	Concentration moyenne saisonnière d'ozone pondérée en fonction de la population en 2016 pour la saison où la concentration est la plus forte, par pays.....	119
Figure 5.9 :	Moyenne annuelle des concentrations de MP ₁₀ dans les mégapoles de plus de 14 millions d'habitants pour lesquelles des données sont disponibles, 2011-2015.....	119

Figure 5.10 :	Les estimations modélisées des sources de $MP_{2,5}$ observées dans plusieurs villes de trois pays révèlent que les particules secondaires provenant de sources transfrontalières exercent une forte influence sur les concentrations locales de $MP_{2,5}$. Les sources d'émissions sont réparties en cibles naturelles, internationales (à l'extérieur du pays), nationales (au sein du pays, mais à l'extérieur de la zone urbaine), urbaines (dans la ville), de la rue (dans le voisinage immédiat de l'observation) et provisoires.	120
Figure 5.11 :	La «ceinture de poussière»	121
Figure 5.12 :	Répartition mondiale de la concentration moyenne annuelle de mercure élémentaire gazeux dans l'air proche de la surface (en haut) et du flux de dépôts humides (en bas) en 2015, simulée par un ensemble de modèles	122
Figure 5.13 :	Profils verticaux des tendances moyennes annuelles de l' O_3 de 35° à 60° N, établis en moyenne sur toutes les observations disponibles (en noir) pour les périodes de baisse (à gauche) et de hausse (à droite) des concentrations de SACO dans la stratosphère, et tendances modélisées correspondantes de l'évolution des SACO seulement (en rouge), des GES seulement (en bleu) et des deux groupes de substances (en gris) .	123
Figure 5.14 :	Décès pour 100 000 personnes imputables à la pollution atmosphérique par les $MP_{2,5}$ 2016, données normalisées selon l'âge	126
Figure 5.15 :	Proportion des décès liés aux $MP_{2,5}$ dans la région indiquée en début de colonne attribuable a) aux émissions produites, b) aux biens et services consommés dans la région indiquée en début de ligne	127
Figure 5.16 :	Carte des regroupements de certains accords multilatéraux régionaux sur la pollution atmosphérique	131

La biodiversité

Figure 6.1 :	Schéma tiré de la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques, illustrant les principaux éléments de la nature, de la biodiversité et des services écosystémiques, du bien-être humain et du développement durable, ainsi que leurs interrelations.	144
Figure 6.2 :	Interconnexions entre les personnes, la biodiversité, la santé des écosystèmes et la prestation de services écosystémiques et mise en évidence des forces motrices et des pressions.	146
Figure 6.3 :	Exemples de répartition mondiale des pressions exercées sur : a) l'intensité des menaces (E : élevée; F : faible; M : moyenne; TE : très élevée; TF : très faible) par les espèces allogènes envahissantes terrestres; b) l'intensité cumulative des prises accessoires d'oiseaux de mer, de mammifères marins et de tortues de mer par tous les types d'engins de pêche (filet maillant, palangre et chalut)	147
Figure 6.4 :	Proportion des espèces menacées (en danger critique d'extinction, en voie de disparition et vulnérables) et quasi menacées d'amphibiens, d'oiseaux et de mammifères, selon la classe de menace principale.	148
Figure 6.5 :	Carte de l'empreinte humaine mondiale pour l'année 2009 (pressions combinées des infrastructures, de la couverture terrestre et de l'accès humain aux zones naturelles, sur une échelle de couleurs froides à chaudes allant de 0 à 50) (a); évolution absolue de l'empreinte humaine moyenne, 1993-2009, à l'échelle des écorégions (b)	149
Figure 6.6 :	Mécanisme de l'impact des espèces allogènes envahissantes sur les espèces menacées en Europe	150
Figure 6.7 :	Nombre officiel de rhinocéros victimes du braconnage en Afrique du Sud, 2007-2015. En 2011, la population de rhinocéros d'Afrique du Sud dépassait tout juste 20 000 individus	151
Figure 6.8 :	Carte mondiale de la vulnérabilité des espèces au changement climatique	152
Figure 6.9 :	Proportions des races animales locales classées comme étant à risque de disparition, non à risque ou à statut inconnu	153
Figure 6.10 :	Nombre cumulé d'espèces ayant fait l'objet d'un séquençage du génome entier (2000-2016)	154
Figure 6.11 :	Proportion d'espèces dans chaque catégorie de risque d'extinction de la Liste rouge des espèces menacées de l'UICN.	155
Figure 6.12 :	Indice de survie des espèces d'oiseaux, de mammifères, d'amphibiens, de coraux et de cycadales de la Liste rouge, et agrégation (en vert clair) de l'indice de toutes les espèces	155
Figure 6.13 :	L'indice mondial Planète vivante	156
Figure 6.14 :	Indice d'intégrité de la biodiversité terrestre	156
Figure 6.15 :	Mécanismes d'effondrement d'un écosystème et symptômes du risque d'effondrement	157
Figure 6.16 :	Variation moyenne, en pourcentage, de chaque type d'habitat principal selon l'imagerie satellitaire : a) écart par rapport au type de couverture terrestre initial entre 2001 et 2012; b) productivité de la végétation, mesurée à l'aide de l'indice de végétation amélioré (EVI) entre les périodes de 2000-2004 et de 2009-2013	158
Figure 6.17 :	Tendances mondiales de l'état des stocks marins du monde, 1975-2015	159
Figure 6.18 :	Risque d'extinction de la faune dulcicole mondiale, par groupe taxonomique.	160
Figure 6.19 :	Capacité des montagnes à fournir des services écosystémiques	163
Figure 6.20 :	Les aires protégées du monde.	165

Les océans et les côtes

Figure 7.1 :	Schéma général des forces motrices et des pressions qui s'exercent sur l'environnement marin	179
Figure 7.2 :	Carte illustrant le stress thermique maximal pendant la période 2014-2017 de l'épisode de blanchissement mondial des coraux toujours en cours au moment de la rédaction du présent rapport.	181
Figure 7.3 :	Production mondiale de la pêche de capture et de l'aquaculture	182
Figure 7.4 :	État des stocks halieutiques et de la mortalité par pêche, sous l'influence de divers facteurs liés à la science, à la gestion et à la gouvernance. Plus la note relative sur l'axe vertical est élevée, plus l'état des stocks est bon au regard d'une gestion théoriquement «idéale».	183
Figure 7.5 :	Bioamplification et bioaccumulation du méthylmercure dans la chaîne alimentaire	185
Figure 7.6 :	Carte mondiale illustrant les quantités potentielles de plastiques marins déversés dans les océans en fonction des activités humaines et des caractéristiques des bassins versants.	186
Figure 7.7 :	Les déchets plastiques en haute mer.	188

Les terres

Figure 8.1 :	Différentes perspectives sur la mondialisation des terres en 2007 (projection Eckert IV)	206
Figure 8.2 :	Rôles relatifs des denrées agricoles par rapport aux produits manufacturés et aux services dans la mondialisation des terres (projection Eckert IV)	207
Figure 8.3 :	Estimation de l'impact net des tendances climatiques sur les rendements des cultures par pays, 1980-2008	208

Figure 8.4 :	Évolution des forêts mondiales (en haut) et des terres cultivées (en bas), 1992-2015, d'après les séries chronologiques de données de l'Agence spatiale européenne sur la couverture terrestre	209
Figure 8.5 :	Zones désignées pour les activités extractives dans la région des Andes (Amérique du Sud)	210
Figure 8.6 :	Répartition mondiale des superficies consacrées à la production alimentaire	210
Figure 8.7 :	Superficie agricole, 2000-2014	211
Figure 8.8 :	Approvisionnement mondial en vivres	211
Figure 8.9 :	Production de soja en Amérique du Sud, 2000-2014	211
Figure 8.10 :	Production de fruits du palmier à huile en Asie du Sud-Est	211
Figure 8.11 :	Nombre d'herbivores et de volailles	212
Figure 8.12 :	Nombre de porcins, 2000-2014	212
Figure 8.13 :	Prairies et pâturages permanents	212
Figure 8.14 :	Terres forestières dans le monde, 2000-2015	212
Figure 8.15 :	Variation nette annuelle de la superficie des forêts, 1990-2000, 2000-2010, 2010-2015	213
Figure 8.16 :	Couvert forestier naturel par région, 1990-2015	214
Figure 8.17 :	Taux d'érosion côtière dans certains sites de l'Arctique	216
Figure 8.18 :	Estimation de la menace d'érosion côtière dans l'Arctique	217
Figure 8.19 :	Impacts potentiels du changement climatique sur la sécurité alimentaire	218
Figure 8.20 :	Composition du gaspillage alimentaire total dans les pays développés et en voie de développement	219
Figure 8.21 :	Part des échanges internationaux dans les volumes de production mondiaux en 2014	219
Figure 8.22 :	Pays en voie de développement : commerce net de céréales (en millions de tonnes)	219
Figure 8.23 :	Propriété forestière mondiale, 2002-2013 (en pourcentage)	221
Figure 8.24 :	Cartes mondiales des transactions foncières : nombre de transactions foncières par pays (en haut), superficie des transactions foncières par pays (en bas)	222
Figure 8.25 :	Les avantages de la sécurité foncière surclassent ses coûts dans trois pays d'Amérique latine	223
Figure 8.26 :	Part de la propriété foncière agricole détenue par des femmes	225
Figure 8.27 :	Prix des engrais et du maïs, 2000-2010	226
Figure 8.28 :	Quelle est la place des subventions?	226
Figure 8.29 :	Prestation de services écosystémiques par le capital naturel : liens entre les services écosystémiques et le bien-être humain	227

L'eau douce

Figure 9.1 :	Flux et stockages hydrologiques mondiaux (en millions de kilomètres cubes par an), illustrant les cycles naturels et anthropiques	238
Figure 9.2 :	Rétrécissement du lac Tchad	239
Figure 9.3 :	Prélèvements d'eau aux États-Unis, toutes sources confondues, 1950-2010	241
Figure 9.4 :	Carte hydrogéologique mondiale des types d'aquifères et de ressources en eaux souterraines	241
Figure 9.5 :	Tendances mondiales de l'augmentation de la consommation d'eaux souterraines	242
Figure 9.6 :	Exemples de cours d'eau de surface affectés par le drainage minier acide (DMA) ou les rejets de résidus; à gauche : cours d'eau urbain gravement touché par le DMA dans le bassin de Witwatersrand, Johannesburg, Afrique du Sud; à droite : sédiments de résidus du barrage de Samarco	243
Figure 9.7 :	Les systèmes fluviaux prenant leur source dans l'Hindou Kouch sont particulièrement dépendants des eaux de fonte	243
Figure 9.8 :	Retrait de la calotte glaciaire de Quelccaya, au Pérou, de 1988 (à gauche) à 2010 (à droite)	244
Figure 9.9 :	Pénuries d'eau physiques et économiques dans le monde	245
Figure 9.10 :	Estimations modélisées des tendances des niveaux de bactéries coliformes fécales dans les cours d'eau, 1990-1992 et 2008-2010	246
Figure 9.11 :	Sources des charges anthropiques totales de phosphore dans les lacs (cinq plus grands lacs en superficie de chacune des cinq régions du PNUE), illustrant les apports moyens en pourcentage des charges annuelles, 2008-2010	247
Figure 9.12 :	Estimations modélisées des tendances des concentrations de la demande biologique en oxygène dans les rivières entre 1990-1992 et 2008-2010	248
Figure 9.13 :	Source et voies d'entrée des produits pharmaceutiques et de soins personnels (PPSP) dans les eaux de surface et souterraines, illustrant la nécessité d'améliorer la détection des PPSP courants et de leurs produits de transformation	249
Figure 9.14 :	État et tendances des zones humides naturelles du monde, ventilées par région	250
Figure 9.15 :	Différences taxonomiques dans la fréquence des menaces pour 449 populations dulcicoles en déclin dans la base de données de l'indice Planète vivante	251
Figure 9.16 :	Indice Planète vivante des poissons migrateurs, affichant un déclin de 41% entre 1970 et 2012, puis une reprise récente, et IPV de 881 espèces dulcicoles surveillées, affichant un déclin de 81%	252
Figure 9.17 :	Variations des tendances de la couverture de l'approvisionnement en eau potable entre les régions	252
Figure 9.18 :	Résumé des progrès accomplis à l'échelle mondiale dans la prestation de services d'approvisionnement en eau potable de base et effets disproportionnés sur les femmes des zones qui n'ont toujours pas accès à ces services	253
Figure 9.19 :	Proportion de la population utilisant des installations sanitaires améliorées en 2015	254
Figure 9.20 :	Emplacement des barrages et des réservoirs dans le monde	255
Figure 9.21 :	Morbidité mondiale (en années de vie ajustées en fonction de l'incapacité) due aux maladies diarrhéiques (tous âges confondus) pour les femmes (en haut) et les hommes (en bas)	256
Figure 9.22 :	Usage combiné des eaux d'Hermanus	261
Figure 9.23 :	Offre et demande d'eau, zone métropolitaine d'Hermanus, 1971-2001 (a) et 2002-2017 (b)	262
Figure 9.24 :	Sites Ramsar désignés par année et par région	263

Évaluation de l'efficacité des politiques, des buts, des objectifs et de la gouvernance environnementale

Figure 10.1 :	Approche méthodologique descendante et ascendante pour l'évaluation de l'efficacité des politiques	277
Figure 10.2 :	Approche de l'évaluation ascendante de l'efficacité des politiques	279

La théorie et la pratique des politiques

Figure 11.1 :	Plan conceptuel de l'analyse de l'efficacité des politiques	285
Figure 11.2 :	Le cycle d'une politique	286
Figure 11.3 :	Résultats des points de vue d'experts sur des politiques européennes d'efficacité énergétique	288

Les politiques de qualité de l'air

Figure 12.1 :	Répartition régionale des émissions cumulées de dioxyde de carbone	306
Figure 12.2 :	Concentration moyenne annuelle de MP _{2,5} par pays, pondérée en fonction de la population, 2016	316
Figure 12.3 :	Consommation de substances appauvrissant la couche d'ozone, en tonnes d'appauvrissement de la couche d'ozone, 2016	317
Figure 12.4 :	Émissions nationales de GES, y compris les changements d'affectation des terres et les sources et puits forestiers, 2014	318

Les politiques de la biodiversité

Figure 13.1 :	Nombre cumulé de pays ayant adopté des stratégies et plans d'action nationaux pour la diversité en date de 2018	325
Figure 13.2 :	La pêche côtière est une source importante de nourriture aux Fidji et les communautés locales occupent nombre de ces zones côtières selon un régime foncier traditionnel	327
Figure 13.3 :	Les Groupes d'appui nationaux pour la sécurité environnementale assurent la liaison directe entre les administrations nationales et le Bureau central national d'INTERPOL; la photo représente une saisie de 114 kg d'os de tigre	329
Figure 13.4 :	Évolution de l'usage des termes et expressions contenant biodiversity (biodiversité), econo (éco-) et ecosystem services (services écosystémiques) dans les communiqués de presse liés à l'agenda environnemental du Gouvernement australien (n = 3 553). Les barres d'erreur représentent des intervalles de confiance de 95 % basés sur le sous-échantillon portant sur l'encadrement des services écosystémiques (n = 516)	333
Figure 13.5 :	La SGSV est située à 100 m à l'intérieur d'une montagne, sur une île isolée de l'archipel du Svalbard, à mi-chemin entre la Norvège continentale et le pôle Nord; les échantillons sont stockés à -18 °C	334
Figure 13.6 :	Edmonton : le réseau de parcs de River Valley, le long de la rivière Saskatchewan Nord, vu du centre-ville	336
Figure 13.7 :	Tendances de la législation nationale relative à la prévention ou à la lutte contre les espèces allogènes envahissantes pour 196 pays présentant des rapports à la Convention sur la diversité biologique (1967-2016), indiquant particulièrement la proportion de pays ayant adopté à la fois : i) une législation sur les EAE ; ii) les cibles des SPANB en matière d'EAE ; iii) des cibles en matière d'EAE arrimées à l'Objectif 9 d'Aichi	339
Figure 13.8 :	Proportion de pays où des institutions disposent d'un mandat explicite ou d'une prérogative légale pour gérer les EAE (les résultats positifs, correspondant à la mention « oui » sont inclus dans le pourcentage global)	339
Figure 13.9 :	L'Indice Liste rouge (ILR) pour 1980-2017 pour les mammifères, les oiseaux et les amphibiens, montrant les tendances qui ne sont motivées que par l'utilisation (en n'incluant que les espèces utilisées)	340
Figure 13.10 :	Empreinte écologique mondiale par composante (type de terre), 1961-2013, mesurée en nombre de planètes Terre	342

Les politiques relatives aux océans et aux zones côtières

Figure 14.1 :	Couverture des aires marines protégées	362
Figure 14.2 :	Estimation prévisionnelle des zones d'eaux profondes abritant des écosystèmes marins vulnérables	365
Figure 14.3 :	Chalutage de fond et écosystèmes marins vulnérables fermés de 2006 à 2016	365

Les politiques de protection des terres et des sols

Figure 15.1 :	Liens entre la cible 15.3 de l'ODD relatif à la gestion des terres et les autres ODD	376
Figure 15.2 :	Étendue de la Grande Muraille verte, dans le nord de la Chine	381
Figure 15.3 :	Tendances de la dégradation et de la restauration des terres à travers le monde	390
Figure 15.4 :	Surface des aires protégées terrestres, en proportion de la surface totale des terres, par pays (1990-2014)	391
Figure 15.5 :	Ratio entre le taux d'utilisation des terres et le taux de croissance démographique, selon la région et la période (1990-2015)	392

Les politiques sur l'eau douce

Figure 16.1 :	Carte de l'emplacement et de l'état de l'ensemble des secteurs préoccupants canadiens et américains du bassin des Grands Lacs	404
Figure 16.2 :	Évolution de la population mondiale selon la source d'eau potable, 1990-2015 (en milliards)	415
Figure 16.3 :	Tendances régionales de la proportion de la population nationale pratiquant la défécation en plein air, 2000-2015	415
Figure 16.4 :	Progrès vers la mise en place de services d'assainissement de base universels (2000-2015) dans les pays où au moins 5% de la population ne disposait pas de services de base en 2015	416
Figure 16.5 :	Tendances mondiales en matière de prélèvements d'eau par secteur (1900-2010)	417
Figure 16.6 :	Prélèvements d'eau à des fins agricoles en proportion des ressources en eau disponibles	417
Figure 16.7 :	Évolution de la demande mondiale brute en eau à des fins agricoles (1960-2000)	418

Les approches stratégiques systémiques visant les questions transversales

Figure 17.1 :	Financement de l'adaptation au changement climatique	430
Figure 17.2 :	Santé et durabilité de l'apport alimentaire du pays X	436
Figure 17.3 :	Exemple de système énergétique	437
Figure 17.4 :	Construction d'une économie circulaire	440
Figure 17.5 :	Flux de matériaux en circuit fermé comprenant les 6R et les quatre étapes du cycle de vie	441
Figure 17.6 :	Représentation schématique d'une économie circulaire	443
Figure 17.7 :	Extraction intérieure et consommation matérielle nationale	445
Figure 17.8 :	Participation des citoyens au partage : proportion des répondants à l'enquête de 2013 ayant participé à un programme de partage officiel ou informel au cours des 12 mois précédents	446

Les perspectives présentées dans le rapport GEO-6

Figure 19.1 :	Cadrage conceptuel des chapitres de la partie C du rapport GEO-6, de leurs interrelations et de leur apport à l'analyse et à l'évaluation holistiques des interactions humains-écosystèmes en vue d'établir des trajectoires de développement transformatrices	468
---------------	--	-----

Une vision à long terme pour 2050

Figure 20.1 :	Cadre pour la classification et le regroupement des ODD	474
---------------	---	-----

Les développements futurs en l'absence de politiques ciblées

Figure 21.1 :	Cibles retenues et domaines environnementaux examinés dans le présent chapitre	490
Figure 21.2 :	Projections de la population mondiale (à gauche) et de l'urbanisation (à droite)	491
Figure 21.3 :	Projections du produit intérieur brut (PIB) total par région selon la SSP2 (à gauche) et du PIB mondial selon la SSP2 et la SSP3 (à droite)	491
Figure 21.4 :	Projections du rendement moyen mondial des cultures (en haut à gauche), de la production culturale (en haut à droite), de la superficie agricole (en bas à gauche) et de la superficie des forêts et autres terres naturelles (en bas à droite)	493
Figure 21.5 :	Projections futures de la population mondiale sous-alimentée	494
Figure 21.6 :	Projections de la diversité relative des espèces locales dans divers scénarios de stabilisation du climat et de l'abondance moyenne des espèces selon les paramètres d'utilisation des terres de la SSP2 et de la SSP3	494
Figure 21.7 :	Projections de la consommation mondiale d'énergie primaire totale (à gauche) et par vecteur énergétique dans le scénario de référence de la SSP2 (à droite)	495
Figure 21.8 :	Augmentation prévue des émissions mondiales de dioxyde de carbone (à gauche) et des émissions totales de gaz à effet de serre (à droite)	496
Figure 21.9 :	Hausse de la température moyenne mondiale	497
Figure 21.10 :	Projections des émissions de trois polluants atmosphériques (SO ₂ , NO _x et CN)	498
Figure 21.11 :	Projection du taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans en 2030	502

Les trajectoires vers le développement durable

Figure 22.1 :	Scénarios de l'étude <i>Roads from Rio+20</i>	514
Figure 22.2 :	Mesures et domaines connexes analysés dans le présent chapitre	515
Figure 22.3 :	Comparaison de la variation en pourcentage de la production de cultures non énergétiques et de celle de la superficie des terres de culture non énergétique (2010-2030 et 2010-2050)	517
Figure 22.4 :	Émissions mondiales de CO ₂ et augmentation concomitante de la température moyenne mondiale pour le scénario de référence de la SSP2 et les scénarios dérivés conformes à la cible de l'Accord de Paris, soit un réchauffement bien en deçà de 2 °C	521
Figure 22.5 :	Taux de réduction de l'intensité énergétique de 2010 à 2050 et part des technologies sobres en gaz à effet de serre en 2050 dans le mix énergétique total des scénarios inclus dans la base de données des SSP	522
Figure 22.6 :	Différentes trajectoires menant à une augmentation de la température moyenne mondiale bien en deçà de 2 °C	523
Figure 22.7a :	Projection des émissions mondiales de SO ₂ , de NO _x et de carbone noir dans le cadre de différentes politiques sur le climat et la pollution de l'air	525
Figure 22.7b :	Écarts des émissions de polluants atmosphériques entre divers scénarios d'atténuation des effets du changement climatique et le scénario de référence de la SSP2	525
Figure 22.8 :	Proportion de la population exposée à une concentration de particules de moins de 2,5 µm de diamètre (PM _{2,5}) conforme aux Lignes directrices OMS et à leur cible intermédiaire pour 2050	527
Figure 22.9 :	Examen rapide des synergies et des corrélations négatives entre les mesures et les cibles retenues	534
Figure 22.10 :	Élévation de la température moyenne mondiale en 2100 et consommation bioénergétique dans divers scénarios de référence des SSP et scénarios d'atténuation dérivés	536

Les initiatives ascendantes et les approches participatives

Figure 23.1 :	Schéma de la complémentarité entre les approches ascendantes du présent chapitre et les conclusions descendantes des chapitres 21 et 22, ainsi que des perspectives stratégiques qu'elle offre pour le chapitre 24	551
Figure 23.2 :	Nombre d'initiatives couvertes dans un échantillon de plateformes qui présentent des initiatives de durabilité ascendantes (l'annexe 23-1 donne une brève description de ces plateformes)	555
Figure 23.3 :	Répartition proportionnelle des ODD selon leur couverture par les plateformes d'initiatives de durabilité ascendantes sélectionnées. Certaines initiatives ont une portée limitée à trois ODD ou moins; d'autres sont plus diversifiées et englobent un large éventail d'ODD (quatre ou plus) (l'annexe 23-1 donne une brève description de ces plateformes)	555
Figure 23.4 :	Objectifs de développement durable ciblés par l'ensemble des projets pilotes des ateliers et des propositions du Climate CoLab	556
Figure 23.5 :	Types d'acteurs représentés par l'ensemble des projets pilotes des ateliers et des propositions du Climate CoLab	557
Figure 23.6a :	Régions couvertes par les propositions du Climate CoLab	557
Figure 23.6b :	Répartition régionale des propositions du Climate CoLab	557
Figure 23.7 :	Représentation de chaque théorie du changement dans l'ensemble des projets pilotes et des propositions	558
Figure 23.8 :	Tableau thermique des projets pilotes des ateliers, illustrant le nombre de correspondances entre les différentes mesures ou interventions et les ODD	561
Figure 23.9 :	Tableau thermique des propositions du Climate CoLab, illustrant le nombre de correspondances entre les différentes mesures ou interventions et les ODD	562
Figure 23.10 :	Combinaison des différents domaines dans les projets pilotes des ateliers et dans les propositions du Climate CoLab	563
Figure 23.11 :	Nombre total de projets pilotes des ateliers et de propositions du Climate CoLab relevant de chacune des catégories de mesures inscrites dans le domaine Agriculture, alimentation, terres et biodiversité (les projets pilotes et les propositions correspondant à plusieurs mesures sont comptés deux fois)	564
Figure 23.12 :	Nombre total de projets pilotes des ateliers et de propositions du Climate CoLab relevant de chacune des catégories de mesures inscrites dans le domaine Énergie, air et climat (les projets pilotes et les propositions correspondant à plusieurs mesures sont comptés deux fois)	565
Figure 23.13 :	Nombre total de projets pilotes des ateliers et de propositions du Climate CoLab relevant de chacune des catégories de mesures inscrites dans le double domaine Eau douce et Océans (les projets pilotes et les propositions correspondant à plusieurs mesures sont comptés deux fois)	565
Figure 23.14 :	Nombre total de projets pilotes des ateliers et de propositions du Climate CoLab relevant de chacune des catégories de mesures inscrites dans le domaine Bien-être humain (les projets pilotes et les propositions correspondant plusieurs mesures sont comptés deux fois)	566
Figure 23.15 :	Interventions mises en évidence dans les chapitres sur les perspectives des évaluations régionales du rapport GEO	567

Figure 23.16 :	Nombre de régions mettant l'accent sur les interventions des domaines décrits au chapitre 22	569
Figure 23.17 :	Projets pilotes des ateliers et propositions du Climate CoLab, par domaine	570
Figure 23.18 :	Nombre de correspondances entre les mesures relevant du domaine Autres et au moins une intervention relevant de l'un des domaines principaux	571
Figure 23.19 :	Cadre conceptuel pour des rétroactions mutuellement bénéfiques entre les approches descendante et ascendante de la production de scénarios durables	575
La voie à suivre		
Figure 24.1 :	Différentes approches stratégiques	583
Les besoins futurs en données et en connaissances		
Figure 25.1 :	Quelques avantages de la science participative	599
Figure 25.2 :	Niveaux de participation des citoyens scientifiques	600
Figure 25.3 :	Exemple révélateur du caractère pertinent et reproductible de la science participative	601
Figure 25.4 :	Des élèves de l'école catholique St. Scholastica de Nairobi qui participent au programme GLOBE recueillent et enregistrent la quantité de précipitations pour la campagne de terrain de la mission satellite GPM	602
Figure 25.5 :	Collecte de données sur l'environnement par des scientifiques citoyens	603
Figure 25.6 :	Cadre du modèle des données de base de la PPRS	604
Figure 25.7 :	Les caractéristiques des mégadonnées et le rôle de l'analyse	605
Figure 25.8 :	Prévision de la qualité de l'air dans les districts de l'Inde	607
Figure 25.9 :	Comparaison entre les savoirs autochtones et traditionnels et la science occidentale	609
Figure 25.10 :	La reconnaissance des populations autochtones dans le Programme de développement durable à l'horizon 2030	611
Figure 25.11 :	La terre et les territoires au fondement des savoirs autochtones	611
Figure 25.12 :	Les peuples autochtones, gardiens de l'environnement	612
Figure 25.13 :	L'évolution du paysage des données	614
Annexes		
Figure A.1 :	Théorie du changement du rapport GEO-6	625
Figure A.2 :	Modèle à quatre cases pour l'indication qualitative du degré de confiance	627
Figure A.3 :	Échelle de vraisemblance pour la communication quantitative de la probabilité qu'un effet se produise	628
Figure A.4 :	Progrès relatifs au regard des indicateurs des objectifs de développement durable	632
Figure A.5 :	Dimensions environnementales des ODD – Fiche de notation	633

Tableaux

Les forces motrices du changement environnemental	
Tableau 2.1 :	Interactions entre les forces motrices 49
L'air	
Tableau 5.1 :	Quelques composants chimiques de l'atmosphère 109
Tableau 5.2 :	Accords environnementaux mondiaux concernant le changement climatique, l'appauvrissement de l'O ₃ stratosphérique et les substances PBT 130
Tableau 5.3 :	Lignes directrices et cibles intermédiaires de l'OMS relatives à la qualité de l'air 132
Les océans et les côtes	
Tableau 7.1 :	Estimations de la valeur économique, de l'emploi et des principaux impacts environnementaux des principales industries liées aux océans 180
Tableau 7.2 :	L'emploi dans les pêches de capture mondiales 192
Évaluation de l'efficacité des politiques, des buts, des objectifs et de la gouvernance environnementale	
Tableau 10.1 :	Typologie des politiques 276
La théorie et la pratique des politiques	
Tableau 11.1 :	Étapes normales d'une étude d'impact de la réglementation 290
Les politiques de qualité de l'air	
Tableau 12.1 :	Typologie des approches en matière de politiques et de gouvernance décrites dans le présent chapitre 303
Tableau 12.2 :	Résumé des critères d'évaluation – Les politiques énergétiques et climatiques du Royaume-Uni 305
Tableau 12.3 :	Résumé des critères d'évaluation – Les émissions excessives de diesel en Europe 308
Tableau 12.4 :	Résumé des critères d'évaluation – Les foyers améliorés au Kenya 310
Tableau 12.5 :	Résumé des critères d'évaluation – Les données et prévisions en temps réel sur la qualité de l'air d'AirNow 312
Tableau 12.6 :	Résumé des critères d'évaluation – L'Accord de l'ASEAN sur les nuages de pollution transfrontières 314
Les politiques de la biodiversité	
Tableau 13.1 :	Typologie des politiques et approches de gouvernance décrites dans le présent chapitre 326
Tableau 13.2 :	Résumé des critères d'évaluation – Étude de cas sur les aires marines gérées localement des îles Fidji 328
Tableau 13.3 :	Résumé des critères d'évaluation – Le projet Predator 330
Tableau 13.4 :	Résumé des critères d'évaluation – Le programme Working for Water 332
Tableau 13.5 :	Résumé des critères d'évaluation – La Réserve mondiale de semences du Svalbard 335
Tableau 13.6 :	Résumé des critères d'évaluation – La politique sur les réseaux d'aires naturelles d'Edmonton 337
Tableau 13.7 :	Indicateurs sensibles aux politiques 338
Les politiques relatives aux océans et aux zones côtières	
Tableau 14.1 :	Exemple d'approches de gouvernance et de moyens d'intervention pour lutter contre le blanchissement des coraux, les déchets marins et la surpêche 351
Tableau 14.2 :	La Grande Barrière de corail d'Australie 352
Tableau 14.3 :	Le Plan régional sur la gestion des déchets marins en Méditerranée 354
Tableau 14.4 :	Les pêches du Chili 356
Tableau 14.5 :	Les pêches de la Colombie-Britannique 359
Tableau 14.6 :	Les résolutions relatives à la coopération internationale 361
Les politiques de protection des terres et des sols	
Tableau 15.1 :	Jalons récents en matière de gouvernance foncière et de développement durable 377
Tableau 15.2 :	Typologie des approches de gouvernance et des moyens d'intervention décrits dans le présent chapitre 378
Tableau 15.3 :	Résumé des critères d'évaluation des investissements étrangers 379
Tableau 15.4 :	Résumé des critères d'évaluation – La lutte contre la désertification et les tempêtes de poussière en Chine 381
Tableau 15.5 :	Résumé des critères d'évaluation – La décontamination des sols au Vietnam 384
Tableau 15.6 :	Résumé des critères d'évaluation – L'implantation du semis direct en Australie 386
Tableau 15.7 :	Résumé des critères d'évaluation – Le Pacte de politique alimentaire urbaine de Milan et ses impacts au Mexique 388
Tableau 15.8 :	Indicateurs pour l'évaluation de l'efficacité des politiques foncières et la mesure des progrès accomplis dans la réalisation des objectifs environnementaux mondiaux 389
Les politiques sur l'eau douce	
Tableau 16.1 :	Approches stratégiques et études de cas 401
Tableau 16.2 :	Évaluation de l'efficacité de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs 403
Tableau 16.3 :	Évaluation de l'efficacité de la gestion adaptative du barrage de Glen Canyon 406
Tableau 16.4 :	Évaluation de l'efficacité de la politique de gestion des risques d'inondation en Angleterre 408
Tableau 16.5 :	Trois options pour la gratuité du service de base d'approvisionnement en eau 410
Tableau 16.6 :	Évaluation de l'efficacité des incitations économiques dans la politique de gratuité pour l'approvisionnement en eau en Afrique du Sud 411
Tableau 16.7 :	Évaluation de l'efficacité du cadre de comptabilité environnementale pour l'eau dans l'industrie minière australienne 413
Tableau 16.8 :	Échelle des services d'approvisionnement en eau potable du JMS 414
Les approches stratégiques systémiques visant les questions transversales	
Tableau 17.1 :	Le système agricole – production, pertes et gaspillage alimentaires, consommation 435
Tableau 17.2 :	Apports recommandés pour une alimentation saine et durable 436
Tableau 17.3 :	Exemples de politiques visant à concrétiser les principaux aspects de l'économie circulaire 442

Une vision à long terme pour 2050	
Tableau 20.1 :	Cibles et indicateurs du bien-être humain sélectionnés 477
Tableau 20.2 :	Cibles et indicateurs sélectionnés pour la base de ressources naturelles 479
Tableau 20.3 :	Cibles et indicateurs de la consommation et de la production durables sélectionnés 480
Les développements futurs en l'absence de politiques ciblées	
Tableau 21.1 :	Pourcentage de pays par région qui devraient, selon les projections, atteindre certaines cibles des ODD en 2030 503
Tableau 21.2 :	Tendances passées et futures de la réalisation des cibles choisies (voir la section 20.4) 504
Tableau 21.3 :	Tendances historiques et étendue des scénarios tendanciels relatifs à l'efficacité de l'utilisation des ressources, à la consommation et à la production durables 505
Les trajectoires vers le développement durable	
Tableau 22.1 :	Tendances en matière d'efficacité de l'utilisation des ressources – données de référence (chapitre 21) et trajectoires vers l'atteinte des cibles (chapitre 22) 532
Tableau 22.2 :	Mesures présentant des synergies ou des arbitrages clés pour l'ensemble des cibles retenues 533
Les initiatives ascendantes et les approches participatives	
Tableau 23.1 :	Différents types de modèles d'évaluation 551
Tableau 23.2 :	Dimensions ayant servi au classement 553
Tableau 23.3 :	Résumé des conditions favorables et des conditions de rupture pour l'approfondissement et le déploiement à plus grande échelle d'innovations potentiellement transformatrices 573
Les besoins futurs en données et en connaissances	
Tableau 25.1 :	Quelques projets et sites Web de science participative 602
Tableau 25.2 :	Recherche et études des laboratoires de l'initiative Global Pulse 605
Tableau 25.3 :	Exemples de partenariats public-privé 609
Tableau 25.4 :	Études combinant les savoirs traditionnels aux connaissances scientifiques occidentales 610
Tableau 25.5 :	Études sur le potentiel des savoirs traditionnels pour le développement durable 611
Annexes	
Tableau A.1 :	Exemples d'évaluations environnementales mondiales et leurs liens avec le rapport GEO-6 623
Tableau A.2 :	Sources d'un faible niveau de confiance 630
Tableau A.3 :	Cibles et indicateurs environnementaux énoncés dans le cadre mondial d'indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable 634
Tableau A.4 :	Liste des accords internationaux sur l'environnement signés entre 2010 et 2015 646

ENCADRÉS

Introduction et Contexte

Encadré 1.1 :	Le concept du bien-être	08
Encadré 1.2 :	Aspects multidimensionnels de l'analyse	14

Les forces motrices du changement environnemental

Encadré 2.1 :	Relation entre la croissance démographique et le taux de croissance de la consommation et de l'utilisation des ressources	25
Encadré 2.2 :	Le dividende démographique	25
Encadré 2.3 :	Les déchets électroniques	41
Encadré 2.4 :	Les technologies agricoles de précision	42
Encadré 2.5 :	L'identité I = PAT	51

L'état actuel de nos données et connaissances

Encadré 3.1 :	Déclaration de Ban Ki-moon, 2015	59
Encadré 3.2 :	Les statistiques sur le genre	64
Encadré 3.3 :	Questions éclairées par la problématique du genre	65
Encadré 3.4 :	Déclaration du Secrétaire général des Nations Unies	69
Encadré 3.5 :	Article 76 du Programme de développement durable à l'horizon 2030	70

L'air

Encadré 5.1 :	Résolution 3/8 de l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement	132
---------------	--	-----

La biodiversité

Encadré 6.1 :	La biodiversité, la maladie et l'initiative One Health	145
Encadré 6.2 :	Les menaces que font peser les déchets marins et les microplastiques sur la biodiversité	151
Encadré 6.3 :	Les phénomènes météorologiques extrêmes : de nouvelles pressions sur la biodiversité	152
Encadré 6.4 :	L'Union internationale pour la conservation de la nature	155
Encadré 6.5 :	Agrobiodiversité et genre	161
Encadré 6.6 :	L'importance des pratiques et connaissances traditionnelles pour la préservation des pollinisateurs	161
Encadré 6.7 :	Le changement climatique et la nécessité d'une adaptation fondée sur les écosystèmes : le cas de l'Hindou-Kouch-Himalaya	163
Encadré 6.8 :	Le commerce international des espèces sauvages et la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction	165
Encadré 6.9 :	La conservation de la biodiversité et la pauvreté	166
Encadré 6.10 :	Les gardes forestières d'Afrique du Sud	166

Les océans et les côtes

Encadré 7.1 :	La pêche dans les océans polaires	184
Encadré 7.2 :	Le mercure dans l'environnement marin	184
Encadré 7.3 :	L'exploitation du sable côtier	189
Encadré 7.4 :	L'exploitation minière des fonds marins	190
Encadré 7.5 :	Le bruit anthropique dans les océans	190
Encadré 7.6 :	Exemples d'engagements politiques mondiaux existants en faveur de la pêche durable s'appuyant sur une approche écosystémique (les dates des accords sont entre crochets)	192

Les terres

Encadré 8.1 :	Impacts sur les moyens de subsistance dans l'Arctique	216
Encadré 8.2 :	La sécheresse et la dégradation des terres, facteurs de la crise syrienne	218
Encadré 8.3 :	Valeurs culturelles et conservation au Bhoutan	223

L'eau douce

Encadré 9.1 :	Impacts du changement climatique sur les lacs et zones humides en voie de disparition	239
Encadré 9.2 :	Impacts de l'exploitation minière sur la qualité de l'eau	243
Encadré 9.3 :	La Jordanie confrontée à une double crise des réfugiés et de l'eau	257
Encadré 9.4 :	Comment les villes font face à la pénurie d'eau	259
Encadré 9.5 :	Hermanus, près du Cap, province du Cap-Occidental, Afrique du Sud : étude de cas pour la mise en valeur et la gestion conjointes des eaux de surface et des eaux souterraines	261

La théorie et la pratique des politiques

Encadré 11.1 :	La valorisation du carbone dans le cadre de l'évaluation des politiques au Royaume-Uni	291
----------------	--	-----

Les politiques de la biodiversité

Encadré 13.1 :	La reconnaissance mondiale du lien entre la santé humaine et la biodiversité	325
Encadré 13.2 :	Points saillants des dimensions du genre et de l'équité dans les politiques de la biodiversité	326
Encadré 13.3 :	La place centrale des peuples autochtones et des communautés locales	331

Les politiques de protection des terres et des sols

Encadré 15.1 :	Les concepts de terre et de sol	376
Encadré 15.2 :	Déclaration de la CNULCD sur le système alimentaire	387

Les approches stratégiques systémiques visant les questions transversales

Encadré 17.1 :	Étude de cas – Le programme «Vivre avec les inondations» au Vietnam	431
Encadré 17.2 :	Étude de cas – Les pertes et le gaspillage de denrées alimentaires : les approches stratégiques multiples adoptées au Japon	434
Encadré 17.3 :	Étude de cas – Le soutien aux énergies renouvelables en Allemagne : les tarifs de rachat	438
Encadré 17.4 :	Étude de cas – La gestion de la demande en Inde : des lampes à diode électroluminescente abordables pour tous	439

Encadré 17.5 :	La gestion durable des matières	441
Encadré 17.6 :	Étude de cas – La Fondation Ellen MacArthur : une boîte à outils à l'intention des décideurs pour la concrétisation des principes de l'économie circulaire	443
Les développements futurs en l'absence de politiques ciblées		
Encadré 21.1 :	Les déchets, une cause importante de la dégradation de l'environnement	488
Encadré 21.2 :	Les trajectoires socio-économiques communes	489
Encadré 21.3 :	La nécessité de coordonner les évaluations environnementales	489
Encadré 21.4 :	Les impacts du changement climatique sur l'agriculture	492
Encadré 21.5 :	Réalisation de certaines cibles des ODD au niveau des pays	503
Les trajectoires vers le développement durable		
Encadré 22.1 :	Les scénarios de <i>Rio+20</i>	515
Encadré 22.2 :	L'apport des options d'atténuation fondées sur l'utilisation des terres aux politiques climatiques	523
Encadré 22.3 :	La Coalition pour le climat et l'air pur	525
Encadré 22.4 :	La synergie possible entre l'atténuation du changement climatique et la réduction de la pollution de l'air en Chine	526
Encadré 22.5 :	Aperçu des interactions entre les mesures et cibles retenues	533
Les initiatives ascendantes et les approches participatives		
Encadré 23.1 :	L'IPBES et les processus par scénarios ascendants	549
Encadré 23.2 :	Le Climate CoLab	552
Encadré 23.3 :	Le portail de l'Action climatique mondiale	554
Encadré 23.4 :	Lauréats du Climate CoLab	559
Encadré 23.5 :	Les systèmes urbains	560
Encadré 23.6 :	Étude de cas – Les systèmes alimentaires	572
La voie à suivre		
Encadré 24.1 :	Les avantages pour la santé l'emportent sur les coûts de la mise en œuvre de l'Accord de Paris	588
Les besoins futurs en données et en connaissances		
Encadré 25.1 :	Exemples de systèmes de données ouvertes	606
Encadré 25.2 :	Exemples de technologies Web et géospatiales utilisant des mégadonnées	606
Encadré 25.3 :	Dispositif complet de prévision de la qualité de l'air en Inde à l'aide des mégadonnées	607
Encadré 25.4 :	Quelques défis relatifs à l'utilisation des mégadonnées	608
Encadré 25.5 :	Utilisations complémentaires des savoirs traditionnels et de la science occidentale	610





Avant-propos

Le sixième *Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* constitue un bilan de santé essentiel pour notre planète. Comme tout examen médical qui se respecte, il expose clairement ce qui risque d'advenir si nous laissons faire les choses et préconise un ensemble de mesures visant à améliorer ces perspectives. Le rapport GEO-6 propose une présentation des problèmes existants, ainsi qu'un guide pratique pour nous aider à progresser selon la trajectoire décrite dans le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et ses 17 objectifs de développement durable.

Le thème « Une planète saine pour des populations en bonne santé » souligne le lien indéfectible qui unit notre survie et nos progrès à notre environnement. Les défis décrits dans ce rapport sont multiples. Du changement climatique à l'extinction des espèces en passant par la dépendance excessive des économies à l'égard du gaspillage des ressources et la pression sans précédent exercée sur les écosystèmes terrestres et marins, nous sommes à un tournant de notre histoire en tant que gardiens de la planète.

Les nouvelles ne sont pas toutes mauvaises. Plusieurs indicateurs témoignent des progrès enregistrés sur des questions telles que la faim dans le monde, l'accès à l'eau potable, l'assainissement et l'énergie propre. Nous voyons également des signes indiquant que la dégradation de l'environnement et l'utilisation non durable des ressources tendent à se dissocier de la croissance économique, et nous sommes témoins d'innovations technologiques sans précédent.

Néanmoins, d'un point de vue global, il convient d'insister sur la nécessité d'opérer un changement de trajectoire significatif, une évolution profonde conforme aux recommandations formulées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat dans le cadre de son dernier rapport consacré au maintien du réchauffement climatique sous le seuil de 1,5 °C.

Le rapport GEO-6 expose en détail les dangers de l'attentisme et les opportunités en matière de développement durable. Nous disposons des orientations stratégiques nécessaires et des données scientifiques qui les sous-tendent. Il ne nous manque qu'un seul élément pour réussir : la détermination collective.



António Guterres
Secrétaire général des Nations Unies

Janvier 2019

Avant-propos

« Croître maintenant, nettoyer plus tard. » Voilà, hélas, le modèle opérationnel appliqué par une grande partie du monde depuis la révolution industrielle. Tout se passe comme si l'attention portée à notre environnement était une distraction inutile, une option plaisante et un luxe à réserver aux périodes de bonne santé économique.

Le *Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial*, qui en est à sa sixième édition, est une force motrice essentielle de ce changement de mentalité. S'appuyant sur les meilleures données scientifiques disponibles et sur l'étude de cas concrets, il souligne le fait qu'une planète saine est une condition préalable à la bonne santé des populations, laquelle constitue à son tour le fondement de toute économie saine. Surtout, il démontre qu'il est possible de gagner sur tous les fronts.

Dans cette dynamique qui nous pousse vers une économie verte, vers la durabilité et vers l'espoir de prospérer plutôt que de se contenter de survivre, aucun moment n'a jamais été aussi décisif que celui que nous vivons actuellement. La science et les données décrivent avec une grande précision la multitude des défis auxquels nous sommes confrontés, mais également la petite fenêtre d'opportunité dont nous disposons pour changer de direction.

Le *Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* offre donc une feuille de route pour la réalisation du Programme de développement durable à l'horizon 2030 des Nations Unies, qui fait de la faim et de la pauvreté de l'histoire ancienne et assure la protection et le rétablissement de la biodiversité, des océans, des terres et de l'eau douce.

Ce rapport montre clairement que la réalisation de ce programme passe par la transformation de nos modes de vie et de nos activités de production : l'industrie, l'agriculture, le bâtiment, les transports, ainsi que le système énergétique qui les alimente. Cela signifie que le recours à des énergies renouvelables telles que l'éolien et le solaire doit devenir la norme, de même que la mise en place de bâtiments et de transports verts et efficaces du point de vue énergétique. Cependant, le présent document ouvre aussi de vastes perspectives économiques : une nouvelle révolution industrielle, meilleure que la précédente.

Certes, la tâche est immense, mais nous avons des raisons d'y croire. Des initiatives mondiales en faveur de l'environnement telles que le Protocole de Montréal, dispositif innovant de protection contre le trou dans la couche d'ozone, prouvent que nous disposons des institutions et des compétences nécessaires pour faire front commun. La question de la pollution par les plastiques illustre la capacité des communautés du monde entier – élèves de Bali, habitants des zones côtières de Mumbai, surfeurs des Cornouailles – à unir leurs forces. Rendre le monde meilleur et améliorer notre approche de l'environnement est une cause fédératrice, non partisane, autour de laquelle nous pouvons tous nous rassembler.



A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'J. Msuya'. The signature is stylized and fluid.

Joyce Msuya
Directrice générale par intérim, PNUÉ

Avant-propos des coprésidents

Qu'est-ce que l'avenir pour l'humanité ? La sixième édition du *Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* (GEO-6) montre clairement que notre espèce est actuellement à la croisée des chemins. L'humanité peut choisir un chemin difficile, mais praticable, conduisant à un nouvel âge d'or du développement durable tel que l'envisage le Programme de développement durable à l'horizon 2030 des Nations Unies : un monde où, grâce à l'utilisation durable des ressources de la planète et de l'environnement naturel, la faim et la pauvreté appartiennent au passé et où personne n'est laissé de côté. À l'inverse, elle peut choisir de conserver ses tendances et pratiques actuelles, ce qui l'entraînera dans une bataille perdue d'avance face aux perturbations environnementales qui menacent la planète.

Le rapport GEO-6 énonce clairement les problèmes auxquels il faut s'attaquer pour éviter cela. Toutefois, il propose également des solutions pour résoudre ces problèmes, réaliser les objectifs de développement durable (ODD) et rétablir la qualité de l'air, la biodiversité et la santé des océans, des terres et de l'eau douce sur toute la planète, ce qui présenterait d'innombrables avantages pour ses habitants. C'est le titre que nous avons choisi de donner au rapport GEO-6 : « Une planète saine pour des populations en bonne santé ».

Le rapport GEO-6 indique clairement que la réalisation des ODD passe par la transformation de nos modes de vie et de nos activités de production : l'industrie, l'agriculture, les bâtiments, les transports, ainsi que les systèmes énergétiques qui les alimentent. Cette transformation nécessaire au fil des décennies à venir ouvre des perspectives économiques considérables à tous les pays, décideurs et entreprises qui manifestent l'esprit d'initiative et d'innovation nécessaire à la mise en place des technologies, des pratiques sociales et des institutions susceptibles de faire du développement durable une réalité.

En tant que coprésidents du sixième *Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial*, nous avons supervisé le travail de longue haleine mené par les auteurs et experts qui ont contribué à cette analyse. L'intégrité scientifique du processus a fait l'objet d'un suivi par le Groupe consultatif d'experts scientifiques. Le Groupe de haut niveau nous a aidés à trouver les termes appropriés pour communiquer avec les décideurs. Le Secrétariat a veillé sans relâche au bon déroulement de tout le processus. Certains États ont fourni l'appui financier nécessaire, nous ont encouragés et ont accueilli certaines de nos réunions. Nous avons le sentiment que le rapport GEO-6 a rassemblé les données probantes nécessaires pour montrer ce qui doit être fait et ce qui peut l'être. Nous le soumettons respectueusement aux décideurs du monde en leur demandant d'affronter et de relever ces défis, dans l'intérêt de tous et des générations futures.




Joyeeta Gupta


Paul Ekins

Message des coprésidents

La sixième édition du *Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* (GEO-6) publiée par le PNUE propose un bilan de santé portant à la fois sur l'environnement et sur les populations qui en dépendent. Il présente également les perspectives de réalisation des objectifs de développement durable (ODD) fixés par le Programme de développement durable à l'horizon 2030 des Nations Unies. En notre qualité de coprésidents, nous retenons de ce rapport six messages clés :

Premièrement, une planète saine favorise la bonne santé des populations. Une planète saine est importante pour la santé et le bien-être de toutes les populations. Elle apporte un soutien direct à la vie et aux moyens de subsistance de 70 % de la population mondiale vivant dans la pauvreté [RID¹ 2.2.2 ; 6 ; 6.3.4 ; 6.6.3 ; encadrés 6.5 et 13.2], en particulier les personnes les plus défavorisées. De plus, elle est au fondement de la production des biens et services nécessaires à l'économie mondiale, pour un PIB mondial évalué à 75 billions de dollars É.-U. en 2017. La biosphère est avant tout essentielle à la survie humaine et à la civilisation. De ce fait, la valeur qu'elle revêt pour les êtres humains est incommensurable. Toutefois, à certaines fins, il est utile de calculer la valeur monétaire des biens et des services écosystémiques. À titre d'exemple, la totalité des services écosystémiques mondiaux a été évaluée à 125 billions de dollars É.-U. par an (2007) [1.3.1]. Il convient de noter que ce chiffre ne prend pas en compte les avantages que nous offre, par exemple, un climat propice à l'agriculture ou l'incidence de la fonte des glaciers sur la sécurité hydrique de plus d'un milliard de personnes [4.2.2], et qu'il est donc manifestement sous-estimé. La valeur des services écosystémiques perdus entre 1995 et 2011 a été évaluée entre 4 et 20 billions de dollars É.-U. (Costanza *et al.*, 2014). Plus particulièrement, la valeur des pollinisateurs fournissant des services cruciaux pour la production alimentaire commerciale et non commerciale est estimée à 351 milliards de dollars É.-U. par an pour le secteur commercial (Lautenbach *et al.*, 2012).

Deuxièmement, une planète malsaine nuit à la santé des populations. La planète devient de plus en plus malsaine à cause des conséquences négatives des pertes de biodiversité (notamment chez les pollinisateurs, dans les récifs coralliens et dans les mangroves), des changements climatiques et d'autres facteurs tels que la pollution de l'air et de l'eau, la pollution et l'épuisement des océans, ou encore l'évolution de l'utilisation des terres. Une planète malsaine représente des coûts sociaux considérables sur le plan de la santé et du bien-être humains, de l'économie formelle et des moyens de subsistance à travers le monde. De même que les biens et services écosystémiques, ces coûts sont difficiles à exprimer de manière adéquate en termes monétaires. Toutefois, le rapport GEO-6 présente des données permettant d'identifier les types de dépenses concernées. Par exemple, la pollution de l'eau et de l'air intérieur et extérieur occasionne au moins 9 millions de décès par an [4.1.1], dont 300 000 dans les pays du G7 en 2015 (Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2017). Près de 2,8 millions de personnes sont décédées en 2015 à cause de la pollution de l'air intérieur [5.3.1] et environ 2,8 millions de personnes dépendent de l'utilisation traditionnelle de la biomasse non durable [21.2.3]. Plusieurs millions d'autres personnes souffrent de troubles de la santé et de la perte de leurs moyens de subsistance. Les coûts liés à la pollution ont été estimés à 4,6 billions de dollars É.-U. par an [1.3.1]. Pas moins de 29 % des terres sont dégradées, ce qui affecte la vie et les moyens de subsistance de 1,3 à 3,2 milliards



de personnes [8.3.2], et les catastrophes naturelles à évolution lente déclenchent des mouvements migratoires [9.3.4 ; 9.7.3]. En 2016, 24,2 millions de personnes issues de 118 pays différents ont été déplacées à l'intérieur de leur propre territoire à la suite d'une catastrophe soudaine [4.1.2]. Ces catastrophes n'ont pas touché que les pays pauvres, mais également des pays riches tels que les États-Unis et le Japon. Entre 1995 et 2015, 700 000 personnes sont décédées et 1,7 milliard de personnes ont été touchées par des phénomènes météorologiques extrêmes qui ont coûté 1,4 billion de dollars É.-U. [4.1.2 ; Figure 4.2] (Centre de recherche sur l'épidémiologie des catastrophes et Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes, 2015). En moyenne, entre 2010 et 2016, environ 700 phénomènes météorologiques extrêmes ont coûté, chaque année, près de 127 milliards de dollars É.-U. Si 90 % des pertes ont eu lieu dans des pays à revenu élevé ou à revenu moyen de la tranche supérieure, les pertes subies par les pays à faible revenu (moins de 1 % des pertes totales) représentent 1,5 % de leur PIB, une proportion beaucoup plus importante que dans les pays à revenu élevé. De plus, presque aucune de ces pertes n'était couverte par une assurance (Watts *et al.*, 2017). Entre 1970 et 2010, les dégâts causés par les changements climatiques et leur caractère imprévisible dans certaines petites régions insulaires représentaient en moyenne 1 à 8 % de leur PIB (Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE], 2016a) ; si le réchauffement climatique mondial n'est pas limité en moyenne à 1,5 °C, l'existence même des petits États insulaires et des populations côtières risque d'être menacée. On estime le coût annuel des problèmes sanitaires liés à l'eau à près de 140 milliards de dollars É.-U. de perte de revenus et 56 milliards de dollars É.-U. de dépenses de santé (LiXil, WaterAid et Oxford Economics, 2016). Cela risque d'exacerber les inégalités qui existent entre pays et au sein de chaque pays, au lieu de les réduire comme le prescrit l'ODD 10.

Troisièmement, il faut s'attaquer aux forces motrices et aux pressions qui nuisent à la santé de la planète. Ces forces motrices et ces pressions résultent d'une incapacité persistante à intégrer les impacts environnementaux et sanitaires aux processus de croissance économique, aux technologies et à la planification des villes. Les pressions découlent de l'utilisation massive de produits chimiques (aux effets toxiques sur la santé et l'environnement, pour une grande part), des flux considérables de déchets (en grande partie non gérés), des effets accrus des changements climatiques, ainsi que des inégalités, qui entraînent des changements démographiques et contribuent à leur tour à d'autres forces motrices et pressions. L'empreinte environnementale

¹ Résumé à l'intention des décideurs.

des populations riches est beaucoup plus élevée que celle des populations les plus pauvres. Par exemple, les émissions mensuelles par habitant dans les pays riches sont beaucoup plus élevées que les émissions annuelles par habitant dans les pays les plus pauvres (Ritchie et Roser, 2018). Les pays les plus riches consomment dix fois plus de matériaux par habitant que les plus pauvres (PNUE, 2016b). Certes, le concept d'une économie verte, saine et inclusive vise à répondre à ces défis, mais il ne se reflète pas encore systématiquement dans les politiques nationales existantes. Le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) consacré au maintien du réchauffement climatique sous le seuil de 1,5 °C insiste sur le délai très court qu'il nous reste pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, limiter le réchauffement moyen à ce niveau et éviter les coûts d'adaptation potentiellement très élevés qui seraient requis dans le cas contraire (GIEC, 2018).

Quatrièmement, les données scientifiques actuelles justifient des mesures politiques immédiates, mais des connaissances plus détaillées permettraient d'adopter des politiques plus précises et préventives. Les connaissances actuelles sont suffisantes pour mettre en œuvre des mesures immédiates [1.2 ; 4-9]. De nouvelles connaissances sont également nécessaires à l'établissement des politiques nationales et de systèmes de comptabilité plus complets, notamment les données ventilées découlant de l'observation terrestre, les données *in situ*, la science participative, les vérifications sur le terrain ou encore les savoirs autochtones et locaux [3]. Il existe de nombreux avantages à utiliser un système de comptabilité incluant des précisions quant aux responsables, aux modalités et aux causes des dégâts environnementaux, aux apports de la nature aux populations, à la perte de biens et services écosystémiques et aux personnes touchées [figure 3.6]. Les systèmes statistiques et de comptabilité doivent également tenir compte de la situation des acteurs de l'économie informelle, généralement démunis, particulièrement dépendants des apports de la nature et, par conséquent, très vulnérables à la dégradation de l'environnement.

Cinquièmement, bien qu'elles soient nécessaires, les politiques environnementales ne suffisent pas à régler les problèmes écologiques systémiques, qui appellent des solutions reposant sur une approche plus globale. Les politiques nationales et internationales actuelles ne sont pas suffisantes pour relever efficacement et équitablement les principaux défis environnementaux, conformément aux aspirations des ODD. Les considérations environnementales doivent être intégrées à tous les domaines stratégiques, de sorte que les conséquences possibles et réelles sur les ressources naturelles et sur l'environnement fassent partie intégrante des politiques relatives à la croissance économique, au développement technologique et à la planification des villes. À long terme, il sera alors possible d'obtenir une croissance économique qui ne s'appuie plus sur l'utilisation des ressources et la dégradation de l'environnement. L'atténuation des effets des changements climatiques doit s'accompagner de politiques d'adaptation équitables. Ces dernières ne seront efficaces que si elles sont bien conçues, assorties d'objectifs clairs, d'une combinaison d'approches modulable, notamment en matière de suivi, d'instruments favorisant leur réalisation [12-17] et, le cas échéant, de recours juridiques [23.3 ; 23.11 ; 24.2]. Une telle approche globale ne génère pas nécessairement

de coûts économiques supplémentaires. En investissant 2 % du PIB mondial dans l'entretien et le rétablissement du capital naturel, il est possible d'obtenir les mêmes résultats en matière de croissance économique qu'avec un investissement de même ampleur obéissant aux orientations actuelles [18.1]. Les avantages pour la santé associés à la cible de 2 °C et la dépollution de l'air qui en découle pourraient être 1,4 à 2,5 fois plus importants que le coût des mesures d'atténuation. Les estimations les plus hautes prévoient des bénéfices évalués à 54,1 billions de dollars É.-U. pour une dépense mondiale de 22,1 billions de dollars É.-U. Les mesures supplémentaires permettant de passer d'une cible de 2 °C à une cible de 1,5 °C pourraient s'accompagner de bienfaits substantiels pour la santé en Chine et en Inde [encadré 24.1]. Enfin, il est possible de renforcer la sécurité alimentaire en réduisant le gaspillage des denrées alimentaires, qui s'élève actuellement à environ 33 % à l'échelle mondiale [RID 2.2.4].

Sixièmement, des populations en bonne santé, une planète saine et une économie saine peuvent être complémentaires. Des modes de vie et des régimes alimentaires sains (moins de viande), des villes saines dotées d'une bonne gestion des déchets (deux personnes sur cinq n'ont pas accès à des services d'élimination des déchets [RID 2.2.6 ; 4.4.1]) et d'infrastructures vertes dans les zones bâties, et la mise en place d'une mobilité saine peuvent accroître la productivité de la main-d'œuvre. Ils peuvent également réduire les besoins en matière de terres agricoles (à titre d'exemple, la production de viande accapare actuellement 77 % des terres agricoles [RID 2.2.4 ; 8.5.1 ; 8.5.3]), limiter le coût de la pollution liée à la congestion et aux transports dans les villes et favoriser les compromis entre l'affectation de terres à l'alimentation et aux biocarburants et la protection de la biodiversité (OCDE, 2017). L'innovation technologique et sociale sur laquelle repose l'instauration d'un développement économique respectueux de l'environnement offre une alternative viable et attrayante aux pratiques anciennes, fondées sur le principe « croître maintenant, nettoyer plus tard ». En outre, une approche axée sur la santé des populations suppose le respect du droit à l'eau potable et à une bonne alimentation, des droits fonciers et de l'égalité des sexes. Des millions de vies peuvent être sauvées et des moyens de subsistance améliorés par l'accès à l'air pur, à l'eau salubre, à des énergies non polluantes et à une alimentation saine. La sécurisation des droits fonciers des populations pauvres et autochtones peut renforcer leur capacité à protéger la biodiversité et les différents écosystèmes dont ils tirent leur subsistance. À titre d'exemple, les populations autochtones et pauvres occupent 22 % des terres, lesquelles accueillent 80 % de la biodiversité mondiale (Sobrevilla, 2008) et génèrent l'équivalent de plusieurs milliards de dollars en séquestration du carbone, réduction de la pollution, accès à l'eau potable, lutte contre l'érosion, etc. [RID 2.2.4 ; 8.5.3]. La promotion de l'égalité des sexes, y compris le droit à l'héritage et à la propriété des terres, est susceptible de garantir la sécurité alimentaire des femmes et des enfants, et peut contribuer à résoudre de nombreux problèmes sanitaires propres à ces catégories de population [4.1.12]. Tous les pays doivent entreprendre les changements urgents et transformateurs nécessaires à l'accélération de la transition vers une économie plus équitable et durable sur le plan environnemental et vers une société en meilleure santé, à travers des orientations stratégiques descendantes et des initiatives ascendantes. Aujourd'hui comme demain, leur bien-être et leur prospérité en dépendent.


Joyeeta Gupta


Paul Ekins

Références

Centre de recherche sur l'épidémiologie des catastrophes et Bureau des Nations Unies pour la prévention de catastrophes (2015). *The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995-2015*. https://www.unisdr.org/files/46796_cop21weatherdisastersreport2015.pdf.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I. et al. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2018). *Réchauffement planétaire de 1,5 °C. Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_fr.pdf.

Lautenbach, S., Seppelt, R., Liebscher, J. et Dormann, C.F. (2012). Spatial and temporal trends of global pollination benefit. *PLoS One* 7(4), e35954. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035954>.

LiXil, Water Aid et Oxford Economics (2016). *The True Cost of Poor Sanitation*. https://www.lxil.com/en/sustainability/pdf/the_true_cost_of_poor_sanitation_e.pdf.

Organisation de coopération et de développement économiques (2017). *Healthy People, Healthy Planet: The Role of Health Systems in Promoting Healthier Lifestyles and a Greener Future*. Paris. <https://www.oecd.org/health/health-systems/Healthy-people-healthy-planet.pdf>.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016a). *GE0-6. Regional Assessment for Asia and the Pacific*. Nairobi : Programme des Nations Unies pour l'environnement. <http://web.unep.org/geo/assessments/regional-assessments/regional-assessment-asia-and-pacific>.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016b). *Global Material Flows and Resource Productivity: Assessment Report for the UNEP International Resource Panel*. Schandl, H., Fischer-Kowalski, M., West, J., Giljum, S., Dittrich, M., Eisenmenger, N. et al. (dir.). <https://resourcepanel.org/reports/global-material-flows-and-resource-productivity-database-link>.

Ritchie, H. et Roser, M. (2018). CO₂ and other greenhouse gas emissions. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions> (page consultée le 23 novembre 2018).

Sobrevila, C. (2008). *The role of indigenous peoples in biodiversity conservation: the natural but often forgotten partners*. Washington : Banque mondiale. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/995271468177530126/the-role-of-indigenous-peoples-in-biodiversity-conservation-the-natural-but-often-forgotten-partners>.

Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M., et al. (2017). The Lancet Countdown on health and climate change: From 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet* 391(10120), 581-630. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32464-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9).



Poser les jalons



1. Introduction et contexte



2. Les forces motrices du changement environnemental



3. L'état actuel de nos données et connaissances



4. Questions transversales







Introduction et contexte





1.1 GEO-6 : Une planète saine pour des populations en bonne santé – l'humanité face au défi de la transformation

Assurer une vie de qualité et le bien-être pour près de 10 milliards de personnes à l'horizon 2050, sans compromettre davantage les limites écologiques de notre planète, tel est l'un des plus grands défis et l'une des plus grandes responsabilités auxquels l'humanité ait jamais été confrontée. Les populations du monde entier dépendent du bon fonctionnement des systèmes naturels de maintien de la vie sur Terre, sous plusieurs aspects et dans des contextes variés. Une planète saine est un fondement essentiel du bien-être global et du progrès de l'humanité (Organisation des Nations Unies [ONU], 2015a ; Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2017a).

Dans la lignée de la thématique « Une planète saine pour des populations en bonne santé », le *sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* (GEO-6) est une évaluation intégrée qui prend globalement en compte des perspectives et des contributions scientifiques variées issues du monde entier. Cette évaluation exhorte les décideurs et tous les citoyens du monde à appliquer les principes du développement durable afin d'aider à faire en sorte que l'environnement de la Terre demeure le fondement du bien-être et de la résilience des populations et de la société.

Le rapport GEO-6 vise à répondre aux questions suivantes :

- ❖ Quel est l'état actuel de l'environnement mondial, comment évolue-t-il, et quels sont les principaux facteurs et forces motrices qui exercent une influence positive ou négative sur cette évolution ?
- ❖ En quoi les populations et leurs moyens de subsistance affectent-ils le changement environnemental et vice versa, sur les plans de la santé, de la prospérité économique, de l'équité sociale, de la sécurité alimentaire et du bien-être global ?
- ❖ Les avantages, responsabilités et risques pour l'environnement sont-ils répartis équitablement dans l'ensemble des régions, des groupes socio-économiques et des genres ?
- ❖ Quelles sont les principales réponses et mesures stratégiques adoptées en vue de renforcer la protection de l'environnement et la gouvernance aux différents échelons ? Jusqu'à quel point ont-elles contribué à améliorer de la qualité de l'environnement et l'efficacité des ressources ?
- ❖ Quelles voies, occasions à saisir et politiques, y compris les accords multilatéraux sur l'environnement (AME) et les objectifs de développement durable (ODD), pourraient transformer le système mondial humains-environnement afin de le rendre plus durable et contribuer à une planète saine pour des populations en bonne santé ? À quelles conséquences peut-on s'attendre si aucune mesure additionnelle n'est prise ?

Les trois premiers points susmentionnés sont traités dans les chapitres introductifs et la partie A du présent rapport. Les chapitres de la partie B portent sur le quatrième point, l'efficacité des politiques, tandis que le dernier point, les voies d'avenir les plus prometteuses, fait l'objet de la partie C.

Le rapport GEO-6 arrive à un moment de grande incertitude quant à la trajectoire actuelle du développement humain mondial (Conseil national du renseignement, 2017). L'une des principales raisons en est que, depuis quelques décennies, les impacts des activités humaines sur les écosystèmes, notamment le changement climatique d'origine anthropique, ont transformé les systèmes naturels de la Terre, dépassé leur capacité et perturbé leurs mécanismes d'autorégulation, ce qui entraîne des conséquences irréversibles pour l'humanité (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat [GIEC], 2014). L'humanité est déjà gravement affectée par les changements écologiques systémiques, tels que le changement climatique et les changements de vocation des terres (en particulier la déforestation). Ces situations ont atteint

un point tel que les fondements écologiques de la société humaine et les systèmes naturels qui soutiennent d'autres espèces et fournissent de précieux services écosystémiques sont gravement menacés (Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire, 2005).

Les activités humaines génèrent des quantités de plus en plus importantes de polluants, à telle enseigne qu'il est désormais admis que cette situation représente le risque unique le plus important pesant sur la santé humaine à l'échelle mondiale (Landrigan *et al.*, 2018). Continuer à vivre au seuil ou au-delà des limites écologiques mondiales et locales rendra encore plus difficile l'atteinte de la prospérité, de la justice, de l'équité et d'une vie saine pour tous (Crutzen et Stoermer, 2000 ; Crutzen, 2002 ; Steffen, Crutzen et McNeill, 2007 ; Steffen *et al.*, 2011 ; Steffen *et al.*, 2015 ; Steffen *et al.*, 2018). La nécessité pour l'humanité de demeurer dans l'espace opérationnel sûr des frontières planétaires et la nécessité d'éradiquer la pauvreté et d'accélérer le développement social et économique sont liées par le concept d'« espace sûr et juste pour l'humanité » (Raworth, 2012).

Faire face à cet éventail de dommages anthropiques, notamment le changement climatique, la déforestation, la désertification, la perte de la biodiversité, la rareté des ressources naturelles, la pollution ainsi que les impacts naturels et environnementaux connexes qui en découlent, est un défi de taille. Bon nombre de contradictions et de conflits sociaux anciens et nouveaux doivent être résolus simultanément (Beck, 2009 ; Beck, 2015 ; Raskin, 2016), mais en considérant ces défis cumulatifs et omniprésents comme un défi transformationnel à relever par l'humanité tout entière (Beck, 2009), par l'élargissement des perspectives de développement humain qui assurent le bien-être de l'espèce humaine. Dans ce cas, l'application universelle des principes de durabilité orienterait le cheminement vers « une planète saine pour des populations en bonne santé », où l'on ne laisse personne pour compte et l'on s'efforce d'aider les défavorisés en premier (ONU, 2015a).

Le rapport GEO-6 traite ce défi de transformation, qui est repris par le Programme de développement durable à l'horizon 2030 des Nations Unies et ses 17 ODD. Transformer durablement les interactions humains-environnement (et les interactions connexes entre êtres humains), en particulier les modes de production et de consommation ainsi que les modes de vie, requiert une base d'informations améliorée et des connaissances nouvelles et diversifiées sur les systèmes de la planète (Steffen, 2000 ; Schellnhuber *et al.*, 2004) ainsi que des processus de transformation au sein des systèmes sociaux et économiques mondialisés (Schneidewind, 2013). Il s'agit notamment de la dynamique culturelle et du fondement éthique des perceptions et de la compréhension par les humains de « la nature et la durabilité environnementale » (Morton, 2009 ; Lammel *et al.*, 2013 ; Díaz *et al.*, 2015 ; Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques [IPBES], 2015 ; Pascual *et al.*, 2017).

Le corpus croissant des évaluations environnementales mondiales réalisées par des organisations internationales en coopération avec la communauté scientifique mondiale et les États membres de l'ONU fournit les connaissances nécessaires pour comprendre les interconnexions vitales et les dynamiques d'accélération des écosystèmes naturels, des systèmes socio-écologiques ainsi que la dépendance de la vie humaine à l'égard d'écosystèmes naturels et sains. En combinaison avec de nouveaux outils d'analyse de données et avec des disciplines telles que la comptabilité environnementale (par exemple, Kim et Kim, 2016) et l'économie environnementale (Siebert, 2008 ; Wiesmeth, 2012 ; Ghosh *et al.*, 2016), l'utilisation croissante des techniques d'observation spatiale et au sol de la Terre a révolutionné notre capacité à reconnaître les modèles à la base du changement environnemental et l'impact qu'a celui-ci sur la vie (Chuvieco, 2008 ; Tomás et Li, 2017 ; Mathieu et Aubrecht, 2018).



Les approches intégrées et systémiques – qui prennent en compte des avantages multiples en même temps – permettent d'explorer des liens transversaux et de gérer des effets à l'échelle des systèmes, de sorte que les politiques puissent soutenir efficacement plusieurs objectifs sociaux, économiques et environnementaux soutenant le bien-être humain, en assurant la mise en place de diverses conditions préalables à ce bien-être. Ces nouvelles approches et méthodes scientifiques – notamment l'étude des corrélations transversales entre de nombreux domaines – facilitent la préparation de réponses stratégiques plus appropriées, plus équitables et plus efficaces telles que la réorientation des investissements, de la production, de la distribution et de la consommation vers des approches plus durables et le renforcement des capacités de gouvernance à différents échelons. L'évaluation GEO-6 entend soutenir la vision selon laquelle il est possible de donner à tous des chances égales de prospérité et de bien-être sans dépasser les limites écologiques de la Terre, grâce à des voies de développement durable partagées et mises en œuvre à l'échelle mondiale.

Le rapport GEO-6 est axé sur les solutions inspirées des faits et des statistiques. Fondé sur des perspectives multidisciplinaires

découlant de divers domaines scientifiques, il propose aussi un cadre d'interprétation et relate des succès, des échecs et des aspirations, afin d'aider les populations, les pouvoirs publics et la communauté mondiale à prévenir et réparer les dégâts environnementaux ainsi qu'à formuler des réponses plus efficaces aux changements et aux perspectives de l'environnement. Le rapport GEO-6 fait ressortir les preuves existantes de ces changements environnementaux et mène une réflexion sur les voies possibles et sur les occasions à saisir de transformer le système humain et environnemental mondial, afin de le rendre plus durable à moyen et long terme (2030-2050).

Le rapport GEO-6 porte en sous-titre « Une planète saine pour des populations en bonne santé » ; son approche conceptuelle prend en compte les dimensions humaines permettant d'assurer la santé de la planète. Il souligne l'importance de maintenir l'intégrité des écosystèmes et reconnaît leur interdépendance avec les systèmes socio-économiques. Il insiste sur le fait qu'une planète saine est un fondement nécessaire à la santé et au bien-être physiques, psychologiques, sociaux, économiques et émotionnels des humains, et qu'elle est donc essentielle à la réalisation de l'ensemble des ODD.



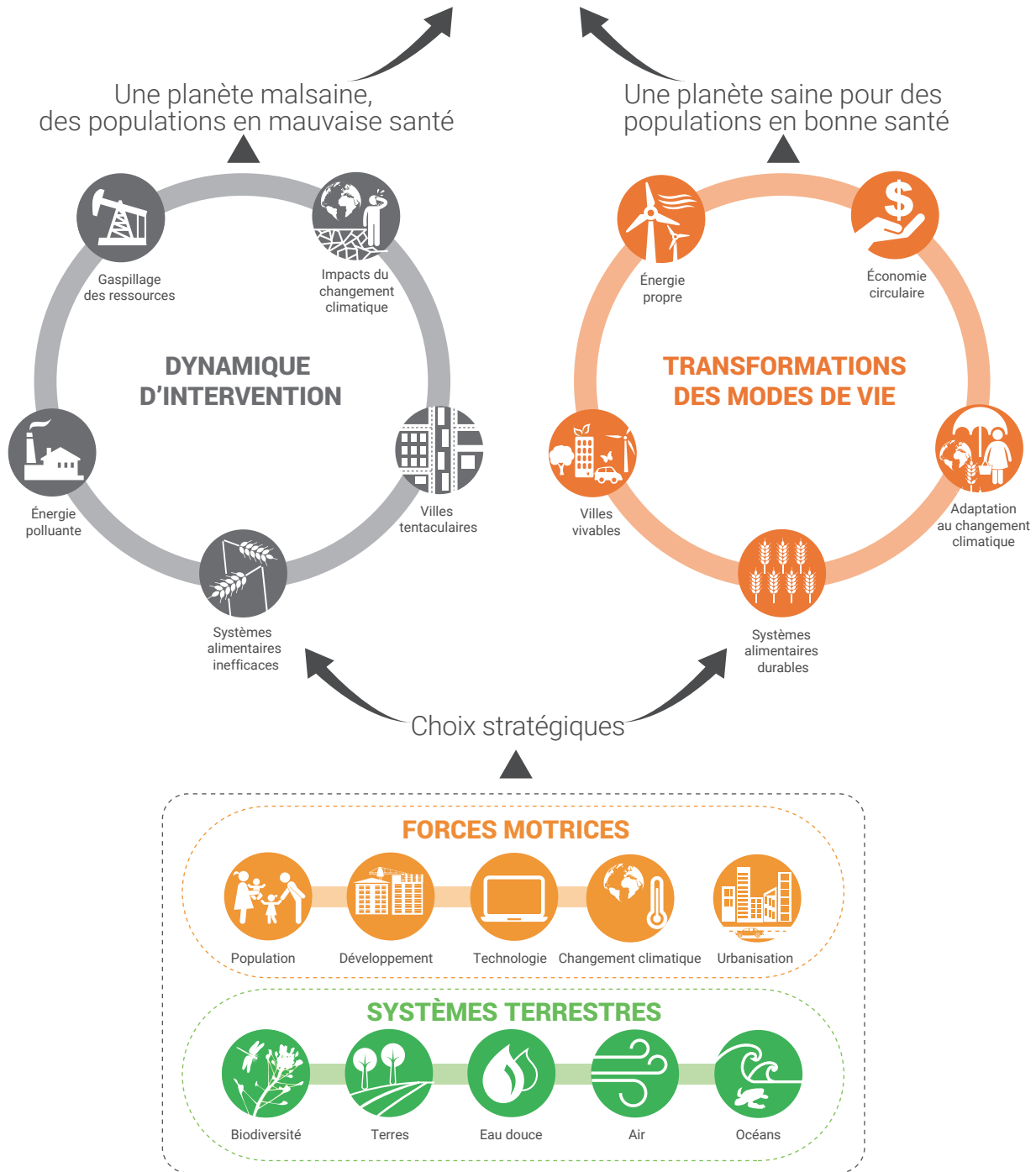
Rafael Lara Lütolf/Unsplash



Figure 1.1 : Les choix à faire en vue d'une planète saine pour des populations en bonne santé

Une planète saine pour des populations en bonne santé

AMÉLIORATIONS SUCCESSIVES / TRANSFORMATION SYSTEMIQUE





La **figure 1.1** illustre en quoi une planète saine contribue directement à la santé des populations en encourageant des modes de vie sains. La dégradation de l'environnement accroît le fardeau de la maladie par l'exposition aux polluants nocifs et par la fermeture de l'accès aux apports écosystémiques de la nature. Pour éviter ces problèmes, nous devons protéger le capital naturel par la détoxification, la décarbonisation, la dématérialisation et le rétablissement des écosystèmes, afin de renforcer le bien-être de l'humanité et de la planète.

Une planète saine requiert la protection et la gestion durable du capital naturel, sous la forme des apports de la nature aux populations et du capital humain. Les perspectives qui s'ouvrent aux populations dépendent de plusieurs facteurs : la capacité de l'humanité à générer, à long terme, une prospérité économique et sociale durable à partir des actifs humains, physiques et naturels ; l'étendue de la dégradation de l'environnement, de l'épuisement des ressources, de la pollution et des impacts climatiques ; enfin, les disparités en matière de revenu et de richesse.

Le présent rapport reconnaît, d'une part, que les dimensions de l'équité environnementale, économique et sociale sont tout à fait interdépendantes, comme elles le sont dans les ODD, qui ont pour objectif global que « personne ne doit être laissé pour compte », et, d'autre part, que tous les ODD sont enracinés dans les droits de la personne et la dignité. Par ailleurs, plusieurs ODD sont assortis d'objectifs environnementaux, dont certains ont des liens avec l'équité. Tout au long du rapport GEO-6, les données probantes démontrent que les apports de la nature aux populations sous-tendent fondamentalement la santé et le bien-être des êtres humains. Les ODD reconnaissent que l'inégalité, y compris la pauvreté et la discrimination basée sur le genre, engendre un gaspillage important de la productivité et de la prospérité humaines et limite la portée d'une gouvernance civique efficace et responsable, ce qui nous éloigne nettement de la dimension éthique de l'équité et des perspectives. Les ressources humaines sont sous-utilisées et ne contribuent pas à la totalité des innovations humaines requises pour nous aider à adopter un mode de vie durable, comme le démontre la pauvreté qui persiste dans plusieurs régions du monde – un phénomène que le Programme de développement durable à l'horizon 2030 vise à éradiquer (Groupe de la Banque mondiale, 2016a). Les ODD reconnaissent également que les disparités en termes d'accès aux ressources, aux services écosystémiques, au revenu et à la richesse jouent un rôle important dans la détermination des perspectives de vie qui s'offrent aux populations (Whitmee *et al.*, 2015 ; OCDE, 2017), et affectent de façon disproportionnée les femmes et les filles, ainsi que les personnes démunies.

1.2 L'évaluation phare du Programme des Nations Unies pour l'environnement en vue de garantir la dimension environnementale du Programme de développement durable à l'horizon 2030

Reconnaissant ces défis de taille, les gouvernements du monde entier ont cherché à mieux comprendre les interdépendances qui sous-tendent la dimension environnementale des ODD. Ils ont donc sollicité la préparation d'une sixième édition du *Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial*.

1.2.1 Mandat

Les États membres participant à la première session de l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement du Programme des Nations Unies pour l'environnement (ANUE-1), tenue à Nairobi en juin 2014, ont formulé la demande suivante :

que le Directeur général, dans les limites du programme de travail et du budget, entreprenne la préparation, avec

le soutien de la plateforme UNEP Live, du sixième rapport sur *L'avenir de l'environnement mondial* (GEO-6), dont la portée, les objectifs et les modalités seraient définis lors d'une consultation intergouvernementale et multipartite transparente éclairée par le document UNEP/EA.1/INF/14, afin de produire un document scientifiquement crédible et avalisé par des spécialistes, accompagné d'un résumé à l'intention des décideurs, en vue de son approbation par l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement au plus tard en 2018.

Comme l'ont demandé les États membres (UNEP/EA.1/4) et sur la base de la décision (UNEP/IGMS.2 Rev.2) prise par la Consultation mondiale intergouvernementale et multipartite à Berlin, du 21 au 23 octobre 2014, le rapport GEO-6 s'appuie sur six évaluations régionales menées de la même manière que le processus GEO-6 mondial, à partir de mai-juin 2016. En outre, les principaux messages du rapport GEO-6 sont compilés dans un résumé parallèle à l'intention des décideurs, rédigé par les auteurs du rapport principal et négocié par les gouvernements. Le mandat du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) concernant la production du *sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* est présenté à l'annexe 1-1.

Plus récemment, reconnaissant que l'ANUE-4 serait reportée et aurait lieu du 11 au 15 mars 2019, les États membres ont pris la décision suivante lors de l'ANUE-3 :

[Demander] au Directeur général de faire paraître le *sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* au moins trois mois avant la quatrième session de l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement ;

Également, [demander] au Directeur général de programmer les négociations du résumé à l'intention des décideurs au moins six semaines avant la quatrième session de l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement, et de déposer le *sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* ainsi que le *Résumé à l'intention des décideurs* qui l'accompagne, afin que l'Assemblée pour l'environnement puisse les examiner et, éventuellement, les approuver lors de sa quatrième session.

Avec ces décisions, la date prévue de livraison de l'avant-projet du rapport principal est désormais la semaine du 5 décembre 2018, et la date de livraison prévue de la version adoptée et traduite du *Résumé à l'intention des décideurs* est le 28 janvier 2019.

1.2.2 Le rôle du rapport GEO-6

Le rapport GEO-6 arrive à un moment critique du développement mondial, et il consolidera les connaissances et l'expérience acquises dans le cadre des rapports GEO précédents. Les éditions précédentes du rapport sur *l'avenir de l'environnement mondial* présentaient déjà des preuves substantielles que la dégradation environnementale, même dans les limites planétaires de la capacité de la Terre à subvenir aux besoins de la civilisation humaine, avait sapé le développement actuel et futur et mis en danger différents aspects du bien-être humain (PNUE, 2007 ; PNUE, 2012a).

Le rapport GEO-6 approfondit certaines questions en cherchant à montrer les interconnexions entre les défis environnementaux et les questions d'ordre géopolitique, économique, industriel, social, technologique ou culturel, tout en envisageant des voies et des politiques de développement durable potentiellement transformatrices pour réaliser les ODD et les autres objectifs environnementaux convenus au niveau international. Pour ce faire, le rapport GEO-6 vise à élargir la portée de la discussion sur la sécurité environnementale mondiale (Matthew *et al.*, 2010 ; PNUE *et al.*, 2013).



Encadré 1.1 : Le concept du bien-être

Le bien-être humain est censé être constitué de plusieurs éléments, notamment :

- ❖ le minimum nécessaire pour mener une vie décente, notamment des moyens de subsistance sûrs et suffisants ;
- ❖ une quantité suffisante d'aliments à tout moment, un logement, des vêtements et un accès aux biens ;
- ❖ la santé, y compris le fait de se sentir bien et d'avoir un environnement physique sain, notamment l'air pur et l'accès à l'eau potable; de bonnes relations sociales, notamment la cohésion sociale, le respect mutuel, et la capacité d'aider les autres et de subvenir aux besoins des enfants ;
- ❖ la sécurité, y compris un accès sûr aux ressources naturelles et autres, la sécurité personnelle, et la protection contre les catastrophes d'origine naturelle et humaine; la liberté de choix et d'action, notamment la possibilité pour la personne de réaliser ce qu'elle a envie de faire et d'être.

La liberté de choix et d'action subit l'influence d'autres éléments constitutifs du bien-être (ainsi que d'autres facteurs, notamment l'éducation) ; elle est également un préalable à la réalisation d'autres composantes du bien-être, en particulier sur les plans de l'équité et de la justice.

Source : Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire, 2005.

De plus, le rapport GEO-6 tente de consolider la compréhension de la perspective macroéconomique des systèmes socio-écologiques (y compris l'économie) et d'utiliser une approche plus centrée sur les populations (PNUE, 2016a). Il fait ressortir le fait que les populations font partie des écosystèmes et en dépendent, soulignant l'importance de conserver la nature, non seulement pour sa valeur intrinsèque, mais également du fait de son importance pour le bien-être de l'humanité. Il est urgent d'adopter une telle approche pour aider à prendre en compte la vulnérabilité et les différentes conditions et capacités qui permettent aux populations de réagir aux dangers et perturbations de la vie quotidienne (la résilience) (Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire, 2005). Grâce à ces connaissances, l'on espère que les gens seront encouragés à relever le défi en modifiant leurs comportements en tant que citoyens, consommateurs, électeurs, personnalités politiques, chefs religieux et chefs d'entreprise (PNUE, 2016b).

Le rapport GEO-6 fait ressortir une compréhension actualisée de la relation entre l'environnement et l'économie, fondement de l'approche centrée sur les populations. Il met ainsi l'accent sur les apports de la nature aux populations, les fonctions environnementales essentielles au bien-être humain (y compris les avantages des investissements, innovations et technologies liés à l'environnement), ainsi que le coût élevé de l'inaction, du statu quo et des actifs inexploités.

En outre, cette perspective dans le cadre du rapport GEO-6 permet de mieux éclairer les futures décisions stratégiques en considérant la répartition complexe des impacts et des conflits comme la nouvelle référence pour la conception des politiques de développement durable et des systèmes de gouvernance associés à la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030 (Groupe de la Banque mondiale, 2016b). En assurant le développement de ces connaissances et de la base factuelle qui les sous-tend, la présente évaluation permettra de mieux diffuser les politiques, actions et investissements dont les pouvoirs publics, les autres parties prenantes et les citoyens pourraient tirer parti, de relever les défis actuels et futurs du développement, et d'expliquer les avantages découlant de la prise de telles mesures. La section 1.7 expose plus en détail la façon dont cette perspective est intégrée à l'évaluation GEO-6.

1.3 Le rapport GEO-6 dans un contexte mondial en mutation

Le monde est confronté à de nombreux défis de sécurité économique, sociale, culturelle et politico-militaire (Forum économique mondial, 2017). Malgré d'importants progrès mondiaux en ce qui concerne le développement économique et la réduction de la pauvreté dans certaines régions, une grande partie de la population de certaines zones souffre de pauvreté ou de pauvreté extrême, et bon nombre de personnes, sans être démunies, s'inquiètent tout de même de leur sécurité économique et de leurs perspectives de vie. Certaines zones sont confrontées

à des frictions sociales, à des inégalités croissantes, à une mauvaise gouvernance, à une érosion culturelle, à une réaction antimondialisation, à une instabilité politique, à un afflux de réfugiés, à une migration à grande échelle et à des conflits violents résultant de ces situations d'insécurité économique et sociale, d'injustice et de corruption.

Un grand nombre de ces défis mondiaux en matière de sécurité économique, sociale ou politico-militaire ont des liens avec l'environnement par leurs causes, leurs impacts et leurs solutions possibles. Par ailleurs, de nouveaux concepts scientifiques relatifs aux mesures de sauvegarde environnementale pour la société, par exemple les frontières planétaires (Rockström *et al.*, 2009 ; Steffen *et al.*, 2011 ; Steffen *et al.*, 2015), expliquent que l'environnement est le fondement de la vie humaine sur Terre. Les méthodes actuelles de production de la prospérité matérielle ont mis à mal la santé des écosystèmes et causé des dégâts environnementaux massifs, franchissant plusieurs de ces frontières planétaires, au point que le développement des sociétés humaines et « l'espace sécurisé » de la vie humaine sur Terre sont en danger. Dans ce cadre des frontières planétaires, les problèmes environnementaux sont considérés comme des problèmes systémiques inhérents à la transformation profonde de la nature par l'homme et à la dynamique culturelle en cours, et non comme de simples dommages collatéraux du développement social (Steffen, 2000). La biodiversité est également essentielle au bien-être humain (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique [SCBD], 2014), tout comme l'ensemble des services écosystémiques (Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire, 2005).

Il est clair que les fonctions de la politique environnementale se sont amplifiées et contribuent désormais à la sécurité politico-militaire, aux politiques économiques et sociales et à d'autres activités de développement. De même, ces autres domaines stratégiques exercent également une influence majeure sur l'état de l'environnement. L'une des principales conséquences de ces interconnexions est la nécessité d'une approche intégrée et globale face aux problèmes environnementaux, économiques et sociaux (ONU, 2015b ; Jetzkowitz *et al.*, 2018). Le rapport GEO-6 vise à intégrer les liens entre l'environnement, la sécurité sociale et économique, la justice mondiale et le bien-être humain, en vue de promouvoir un nouveau cadre où la durabilité fera partie intégrante de tous les aspects du développement mondial, régional et national (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture [UNESCO], 2014a ; Lehmann *et al.*, 2015 ; PNUE, 2016a ; UNESCO, 2016).

1.3.1 Les défis et perspectives d'ordre environnemental et économique

L'environnement a des liens étroits, tant positifs que négatifs, avec des questions économiques clés, comme la pauvreté, la prospérité, l'emploi, les modes de production, l'innovation, ainsi que la disponibilité ou la rareté des ressources. Dans un sens, l'économie est une source majeure de problèmes environnementaux, tandis



que dans l'autre, les problèmes environnementaux causent de plus en plus de pertes économiques. Des articles récents font observer que « les pertes de bien-être dues à la production sont estimées à 4,6 T\$ É.-U. par an », ce qui représente « environ 6,2 % de la production économique mondiale » (Landrigan *et al.*, 2018, p. 462). Sur le plan économique, bien des pays se laissent encore guider par l'approche « croître maintenant, nettoyer plus tard ». Le présent rapport montrera que cette option n'est tout simplement pas viable dans un monde qui franchit déjà les frontières planétaires sur un certain nombre d'aspects, une situation qui, faute de correctifs, menace de compromettre la croissance économique. En outre, cette option risque d'être beaucoup plus coûteuse pour la plupart des pays, car nettoyer par la suite coûte souvent davantage que de prévenir les dommages dès le départ ; elle crée des actifs inexploités qui perdent de leur valeur, et elle conduit actuellement à des impacts négatifs irréversibles, notamment sur la santé humaine. Cet état de fait rend l'économie improductive et non compétitive, contrairement à une approche flexible et proactive, capable de gérer la transition vers une économie durable, innovante et économe en ressources qui pourra tirer parti des débouchés locaux et d'exportation dans des marchés en pleine expansion et soucieux de l'environnement.

Par ailleurs, la protection de l'environnement ainsi que la prévention et l'atténuation des impacts de la pollution ouvrent également d'importantes perspectives économiques : elles créent de l'emploi, réduisent la pauvreté, stimulent l'innovation et s'attaquent au problème de la disponibilité, de la rareté et de l'épuisement des ressources. Les synergies positives entre l'économie et l'environnement sont désormais plus largement admises (Porter et van der Linde, 1995 ; The Economics of Ecosystems and Biodiversity [TEEB], 2010 ; OCDE, 2011 ; PNUE, 2011a ; PNUE, 2011b ; Hepburn et Bowen, 2012 ; Commission économique et sociale des Nations Unies pour l'Asie et le Pacifique [CESAP] et Agence coréenne de coopération internationale [KOICA], 2012 ; Commission mondiale sur l'économie et le climat, 2014 ; Altenburg et Assmann, 2017 ; OCDE, 2017b), prenant le pas sur l'idée voulant qu'on puisse effectuer des arbitrages entre l'environnement et l'économie.

En 2011, la valeur économique mondiale des services écosystémiques a été estimée à environ 125 T\$ É.-U. (en dollars de 2007¹) (Costanza *et al.*, 2014). Mais des efforts supplémentaires sont encore nécessaires pour diffuser ce message au sujet des synergies positives, dans la mesure où le point de vue sur les arbitrages entre l'économie et l'environnement est encore renforcé par les méthodes actuelles de calcul de la croissance économique, qui externalisent généralement les répercussions sur l'environnement et mettent l'accent sur des perspectives à court terme plutôt qu'à long terme. En particulier dans les nations où les régions dont les populations s'inquiètent pour l'emploi, les salaires et la prospérité économique, on court le risque d'affaiblir le soutien à la protection de l'environnement et aux AME si les liens entre ces préoccupations sont mal compris. Le rapport GEO-6 vise à contribuer à une évaluation plus exhaustive des coûts et avantages, ainsi que du rapport coût-efficacité des politiques et pratiques environnementales, et de leur répartition dans la société.

Bon nombre d'entreprises à travers le monde comprennent désormais que les problèmes environnementaux représentent des défis majeurs pour leurs opérations, et que leur prise en compte ouvre d'importantes perspectives commerciales, par exemple à travers les pratiques opérationnelles de l'économie circulaire (voir le chapitre 17), dans le contexte de la consommation et de la production durables (Lacy et Rutqvist, 2015 ; Ghisellini, Cialani et Ulgiati, 2016 ; Murray, Skene et Haynes, 2017 ; Hopkinson, Zils et Hawkins, 2018 ; voir aussi la section 17.5 du présent rapport), et suscite également des gains de productivité et de rentabilité

(au moins aux phases initiales de la réduction des déchets et de l'amélioration de l'efficacité). Cette prise en compte évite également d'imposer le fardeau d'un lourd passif aux générations futures. Des groupes d'entreprises de premier plan, tels que le Conseil mondial des entreprises pour le développement durable et le Pacte mondial des Nations Unies, promeuvent la viabilité environnementale à tous les échelons de la société et de la prise de décisions.

La protection de l'environnement et les entreprises respectueuses de l'environnement peuvent également être des sources majeures d'emplois (Organisation internationale du travail, 2016). Dans le secteur mondial de l'énergie, les sources d'énergies renouvelables connaissent une croissance beaucoup plus rapide que prévu, et l'investissement annuel mondial dans ces systèmes est désormais plus important que dans les combustibles fossiles (Réseau stratégique des énergies renouvelables pour le XXI^e siècle, 2018). On estime que l'énergie « propre » (renouvelable et à faible teneur en carbone) et l'efficacité énergétique ont un potentiel de création d'emplois plus important que le charbon et le gaz naturel (Wei, Patadia et Kammen, 2010 ; Garrett-Peltier, 2017 ; Agence internationale pour les énergies renouvelables, 2017 ; Yihdego, Salem et Pudza, 2017). Depuis peu, aux États-Unis, l'industrie solaire compte deux fois plus d'emplois que le secteur du charbon (ministère de l'Énergie, 2017).

Pourtant, bon nombre de tendances économiques posent des défis pour la résolution des problèmes environnementaux. Bien des pouvoirs publics ont du mal à générer des recettes, et les initiatives de déréglementation mettent souvent l'accent sur l'affaiblissement des normes et règlements touchant l'environnement (Castree, 2008 ; Steinebach et Knill, 2017). Le Programme d'action d'Addis-Abeba, qui porte sur les moyens de mettre en œuvre le développement durable en général, y compris les ODD, propose des moyens d'aider les pouvoirs publics à renforcer leur capacité de financement intérieure (ONU, 2015c).

La mondialisation est une tendance générale depuis plusieurs décennies, et ses effets environnementaux possibles constituent un axe de recherche majeur. Toutefois, les liens entre le développement économique et l'environnement sont très complexes et difficiles à résumer. Certains aspects de la mondialisation peuvent aggraver les problèmes environnementaux, tandis que d'autres peuvent être bénéfiques (Boyce, 2004 ; Gallagher, 2009 ; Clapp et Dauvergne, 2011 ; Newell et Roberts, 2016). L'identification de ce genre d'arbitrages et de synergies est un élément majeur de l'évaluation GEO-6 (voir les chapitres 4 et 17).

1.3.2 L'environnement et les défis et perspectives d'ordre social

Les questions environnementales ont des liens étroits avec des problèmes sociaux tels que la faim, les modes de consommation, la santé, l'éducation, l'inégalité, les disparités entre les sexes, les déchets et l'assainissement, les réfugiés, les migrations, les conflits et l'intolérance. Par exemple, la faim et l'alimentation, deux thèmes traités dans l'ODD 2, ont des liens avec l'agriculture, qui, de son côté, est liée à l'environnement, en particulier la cible 2.4 sur l'agriculture durable. La pollution environnementale nuit à l'agriculture, tandis qu'un environnement plus sain permet d'améliorer l'agriculture, la nutrition et la santé (Landrigan *et al.*, 2018).

L'éducation favorise un environnement plus sain, et vice versa (UNESCO, 2014b ; PNUE, 2017a). La pollution environnementale, la perte de la biodiversité et le changement climatique sont des causes importantes de problèmes de santé et de maladies environnementales – susceptibles d'avoir à leur tour des incidences négatives sur l'éducation et l'apprentissage, en particulier chez les enfants – et constituent un frein à l'emploi chez les adultes (Mohai *et al.*, 2011 ; Zhang et Zhang, 2018). En revanche, assainir l'environnement, éviter la pollution, et protéger ou restaurer les

¹ Sauf indication contraire, toutes les valeurs figurant dans le présent rapport sont des valeurs marchandes nominales.



habitats ouvre de larges perspectives à l'amélioration de la santé, qui aide à son tour les populations à mener une vie épanouie et productive. Les maladies liées à la pollution atmosphérique ont occasionné 9 millions de décès prématurés en 2015, soit 16 % de tous les décès à l'échelle mondiale (Landrigan *et al.*, 2018), tandis que dans certains pays, la pollution atmosphérique nocive a contraint des écoles à fermer leurs portes (Sastry, 2002 ; Li *et al.*, 2014 ; British Broadcasting Corporation, 2016 ; Reuters, 2017).

L'environnement a également des liens multiples avec l'exacerbation des inégalités sociales (notamment entre les sexes), qui font peser un fardeau sur des personnes démunies ou socialement défavorisées. Les principaux aspects de ces inégalités sont l'accès aux ressources (notamment la terre, l'eau, les aliments et les semences), la répartition des effets de la dégradation environnementale (par exemple, les impacts sanitaires du changement climatique et des déchets), la création et la perte d'emplois dues à la migration de la consommation et de la production d'une zone géographique à l'autre, et la répartition des responsabilités face aux défis environnementaux. Les enfants, de par la rapidité de leur croissance et de leur développement, ainsi que leur degré d'exposition par rapport à leur masse corporelle, sont particulièrement sensibles aux effets sanitaires négatifs des substances chimiques.

Dans bien des cas, l'impact de l'environnement sur les populations est corrélé à leur niveau de revenu (Moser et Kleinhüchelkotten, 2017). Les plus riches sont plus à même que les plus démunis de se mettre à l'abri des problèmes environnementaux, tout en ayant davantage le potentiel de contribuer aux solutions grâce aux ressources dont ils disposent et à la possibilité qu'ils ont de modifier leur mode de vie (PNUE, 2016b). Cette disparité a également des liens avec la distribution géographique, économique et sociale des zones touchées par des problèmes environnementaux.

Les forces motrices, les pressions, l'état et l'impact du changement environnemental ont des aspects démographiques qu'il faut prendre en compte pour élaborer des politiques efficaces et justes dans le monde envisagé par le Programme de développement durable à l'horizon 2030. Cette approche est nécessaire pour prendre en compte la vulnérabilité des populations, la diversité de leurs situations et leur résilience – soit leur niveau de capacité à réagir aux dangers et perturbations au quotidien (Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire, 2005). Les populations – pauvres et riches, femmes et hommes – exercent et subissent des influences différentes face aux changements environnementaux et aux risques qui leur sont associés. Ces différences jouent un grand rôle dans les décisions politiques prises sur cet enjeu (Serret et Johnstone, 2006 ; PNUE, 2016b). Dans cette optique, le rapport GEO-6 tente d'interpréter la manière dont différentes populations vivent l'« équité » environnementale, afin d'éclairer les futures décisions stratégiques en abordant les impacts et conflits complexes en matière de répartition. Cette perspective offre une nouvelle base de référence pour la conception de politiques de développement et de systèmes de gouvernance durables en vue de la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030 (Groupe de la Banque mondiale, 2016b).

Dans le Programme de développement durable à l'horizon 2030, l'utilisation durable des ressources environnementales et naturelles est désormais comprise comme étant complémentaire et nécessaire pour « éliminer la pauvreté sous toutes ses formes et partout dans le monde » (ODD 1). Les moyens de subsistance de près de 70 % des populations démunies du monde – en particulier les femmes et les filles ainsi que d'autres groupes marginalisés – sont directement tributaires, en tout ou en partie, des ressources naturelles. Les efforts visant à éliminer la pauvreté et à assurer la prospérité ont des liens directs avec l'intégration de la gestion des ressources environnementales et naturelles (TEEB, 2010).

1.3.3 L'environnement et les défis et perspectives touchant la sécurité politico-militaire

Les problèmes environnementaux tels que la dégradation des terres (Convention des Nations Unies pour la lutte contre la désertification [CNULCD], 2017) ou la rareté et l'épuisement des ressources, en particulier l'eau, l'énergie, les denrées alimentaires et la biodiversité, ont le potentiel de devenir des sources majeures de conflit, de problèmes de sécurité et de migration (Homer-Dixon, 1991 ; Homer-Dixon, 1999 ; Barnett et Adger, 2007 ; Gupta, Dellapenna et Heuvel, 2016). Les problèmes de sécurité politico-militaire peuvent être exacerbés par les effets du changement climatique. La sécurité de l'eau est compromise par la pollution et l'utilisation non durable, ainsi que par l'excédent de la demande sur l'offre durable, la variabilité du climat, les sécheresses, les inondations, etc. Le changement climatique – y compris les phénomènes météorologiques extrêmes – et la dégradation de l'environnement produisent déjà un ensemble d'effets complexes, en particulier dans les États et écosystèmes fragiles. Par exemple, ils aggravent les problèmes des migrants et des réfugiés (tant à l'intérieur des pays qu'entre eux), ce qui contribue en retour à accroître l'incertitude et l'instabilité politique à l'échelle mondiale. Les réfugiés environnementaux déplacés par suite de la dégradation de l'environnement risquent également de souffrir de problèmes de santé et d'éprouver des difficultés à maintenir leurs moyens de subsistance.

Les guerres et les conflits sont des sources majeures de pollution – en particulier de l'air, de l'eau et des sols –, de déchets, de gaz à effet de serre et de dégradation des sols. Parallèlement, la prise en charge des problèmes environnementaux peut offrir d'excellentes occasions de gérer certains problèmes de sécurité politico-militaire (Brown, Hammill et McLeman, 2007 ; PNUE *et al.*, 2013), notamment en aidant à garantir les moyens de subsistance et à réduire la nécessité de migrer. Le financement international octroyé aux États ravagés par la guerre peut servir de manière productive à régler des problèmes environnementaux par le développement d'infrastructures durables – notamment la restauration des infrastructures naturelles et des écosystèmes – et de services tels que la gestion des déchets, des eaux usées et des ressources.

1.3.4 La disponibilité et la rareté des ressources

Les problèmes associés à la disponibilité et à la rareté des ressources illustrent clairement les interactions étroites entre les questions économiques, sociales, humaines, de sécurité politico-militaire et environnementales (Qasem, 2010 ; PNUE, 2011a ; Pereira, 2015). La production et l'utilisation des ressources ont d'importants effets environnementaux et socio-sanitaires négatifs, par exemple par le biais de l'exploitation minière ou d'autres procédés d'extraction.

Cependant, les ressources font partie des apports importants aux solutions environnementales. Elles ont de l'importance en tant qu'intrants économiques et sources d'emploi, et elles sont utilisées dans des produits et services qui concourent au bien-être humain. Cette importance ne se limite pas aux ressources clés telles que l'eau, l'énergie et les aliments, qui ont fait l'objet de recherches approfondies en tant que questions « indissociables » (CESAP, 2013 ; Organisation de l'alimentation et de l'agriculture [FAO], 2014 ; Groupe international d'experts sur les ressources, 2015). Le phosphore (Cordell et White, 2015) est un intrant clé pour la production alimentaire, tandis que d'autres ressources rares importantes, notamment les métaux du groupe des terres rares (Gupta et Krishnamurthy, 2004 ; Abraham, 2015 ; Graedel *et al.*, 2015), sont utilisées dans de nombreuses applications industrielles allant de technologies environnementales clés telles que l'éolien et le solaire aux batteries de pointe. Ces matières et les nombreux produits qui en sont dérivés ont également d'importantes applications militaires. Par contre, outre le fait que leur production

cause des dégâts environnementaux, la rareté de ces ressources (Calvo, Valero et Valero, 2017) suscite des préoccupations de sécurité politico-militaire liées à la garantie de leur disponibilité.

1.4 La gouvernance environnementale

La gouvernance environnementale revêt une importance croissante à tous les échelons, notamment pour les pouvoirs publics mondiaux, régionaux, nationaux et infranationaux (locaux, provinciaux, etc.), ainsi que pour les parties prenantes des entreprises et de la société civile (Biermann *et al.*, 2012 ; Biermann, 2014 ; Commission économique des Nations Unies pour l'Europe [CEE-ONU], 2014 ; Patterson *et al.*, 2015 ; Mortensen et Petersen, 2017). La gouvernance environnementale est confrontée à de nouveaux défis tels que l'ouverture de l'Arctique et la découverte de nouvelles matières, alors même que bon nombre d'anciens défis n'ont pas été surmontés adéquatement. La participation accrue de diverses parties prenantes à la gouvernance est une tendance mondiale majeure, mais des synergies plus importantes entre les gouvernements et les organisations de la société civile s'avèrent nécessaires. De nombreux efforts ont été déployés dans l'élaboration de méthodes visant à faciliter plus efficacement cette collaboration (Ansell et Gash, 2008 ; CEE-ONU, 2014 ; Pattberg et Widerberg, 2016 ; Dodds, Donoghue et Leiva-Roesch, 2017). Il s'agit notamment des nouvelles technologies et des médias sociaux, ainsi que de la science participative, qui met les citoyens à contribution dans la recherche scientifique (Kobori *et al.*, 2016 ; voir la section 25.2) et qui pourrait être la seule façon d'obtenir certains types de données. De même, la gouvernance au sein du secteur privé est devenue un espace d'innovation de premier plan.

Les problèmes environnementaux ont toujours été très complexes et étroitement liés à d'autres domaines stratégiques (Jordan et Lenschow, 2010), mais les efforts visant à décloisonner des secteurs séparés n'ont pas produit de progrès suffisants (Adelle et Nilsson, 2015). Il importe plus que jamais de promouvoir l'intégration et la coordination des préoccupations environnementales avec d'autres domaines du développement tels l'économie, le commerce, la santé, l'eau, l'énergie, l'éducation, les systèmes alimentaires et l'aménagement urbain (FAO, 2014 ; Le Blanc, 2015 ; OCDE, 2015 ; Elder, Bengtsson et Akenji, 2016 ; ONU, 2016 ; Scheyvens *et al.*, 2017).

Par ailleurs, les frontières des écosystèmes ne correspondent pas souvent aux frontières géopolitiques, de sorte que bon nombre de problèmes environnementaux, en particulier en lien avec la pollution, sont souvent de nature transfrontalière, comme la pollution atmosphérique, la contamination de l'eau douce (de surface et souterraine), la pollution marine, les eaux usées, les fuites de polluants, le déversement de déchets dangereux et nucléaires, ainsi que la disparition d'espèces. Compte tenu de l'interdépendance entre plusieurs de ces problèmes transfrontaliers, les occasions de tirer parti des avantages connexes de solutions stratégiques ne manquent pas, mais elles nécessitent une coopération et une coordination accrues, par-delà les frontières politiques.

Bien des efforts ont été déployés afin de développer des moyens d'améliorer la gouvernance environnementale, tels qu'une réglementation plus stricte, des politiques favorables de soutien aux actions volontaires ou l'autogouvernance des parties prenantes. L'État a un rôle important à jouer dans le renforcement de la gouvernance environnementale, notamment par la ratification et la mise en œuvre des conventions environnementales, le soutien à la recherche environnementale et l'appui aux populations vulnérables. Néanmoins, le choix de la meilleure voie à suivre n'est pas toujours évident, et d'autres efforts sont nécessaires (Ansell et Gash, 2008 ; Jordan, 2008 ; Newig et Fritsch, 2009 ; Biermann *et al.*, 2012 ; Galaz *et al.*, 2012 ; Biermann, 2014 ; Programme des Nations Unies pour le développement [PNUD], 2014 ; Kanie, Andresen et Haas, 2014 ; Pattberg et Widerberg, 2015 ; Pattberg et Zelli, 2016 ; Biermann, Kanie et Kim, 2017).

1.5 La dimension environnementale des objectifs de développement durable, la gouvernance environnementale mondiale et les accords multilatéraux sur l'environnement

Jusqu'à ces dernières années, la gouvernance environnementale mondiale a surtout mis l'accent sur les AME (Najam, Papa et Taiyab, 2006) et sur de nombreux accords régionaux et bilatéraux (Balsiger et VanDeveer, 2012). On estime qu'il existe plus de 1 300 AME et plus de 2 200 accords environnementaux bilatéraux (Mitchell, 2018).

Malgré ces AME et les cinq éditions précédentes de *L'avenir de l'environnement mondial*, l'état de l'environnement demeure préoccupant et continue de se détériorer à bien des égards (Susskind et Ali, 2015 ; PNUE, 2012b), tant et si bien que le fondement environnemental de la société humaine est de plus en plus menacé (Rockstrom *et al.*, 2009 ; Steffen *et al.*, 2011 ; Steffen *et al.*, 2015). En outre, certains polluants environnementaux, tels les déchets plastiques, la pollution marine, les déchets d'origine militaire et les pesticides, demeurent très peu réglementés à l'échelle mondiale. Les progrès réalisés en matière de modes de consommation et de production durables sont insuffisants.

Certains accords et cadres internationaux s'attellent à gérer les problèmes mondiaux de manière plus globale plutôt que de se concentrer uniquement sur des enjeux environnementaux précis. Ces accords et cadres combinent les dimensions politique, économique, sociale et environnementale, tout en renforçant les éléments environnementaux. Il s'agit notamment des objectifs de développement durable (ODD), de l'Accord de Paris sur le climat, du Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe, du Nouveau programme pour les villes – Habitat III, et de la CNUCLD.

À l'avant-garde de cette tendance, les ODD et le Programme de développement durable à l'horizon 2030 donnent au développement durable une perspective globale et intégrée. Ils établissent des liens entre l'environnement et les autres dimensions du développement durable afin de tirer parti des synergies et de réduire les compromis entre eux. Ils représentent aussi un changement majeur par rapport aux objectifs du Millénaire pour le développement (OMD). En plus d'être universels et de représenter un enjeu capital pour tous les pays, les ODD proposent aussi un vaste programme de durabilité, en portant une attention égale aux questions sociales, économiques et environnementales ; pour leur part, les OMD mettaient davantage l'accent sur le programme social, n'accordant pas assez d'attention aux questions économiques et environnementales. En conséquence, l'environnement est plus largement intégré aux ODD qu'il ne l'était dans les OMD (PNUE, 2016c).

En outre, alors que les OMD visaient surtout à réduire la pauvreté dans les pays en développement (avec l'engagement des pays développés à mettre en place le Partenariat mondial pour le développement), le Programme de développement durable à l'horizon 2030 est un programme universel, assorti d'objectifs à réaliser et de cibles à atteindre par tous les pays. Selon l'ANUE, le Programme de développement durable à l'horizon 2030 « représente un changement de paradigme, où le modèle économique actuel basé sur la croissance est remplacé par un nouveau modèle visant à édifier des économies et sociétés durables et équitables partout dans le monde » (ANUE, 2016, p. 1), sachant que : « les écosystèmes et les services qu'ils fournissent, tels les aliments, l'eau, la prise en charge des maladies, la régulation du climat, et l'épanouissement spirituel sont des conditions préalables » au développement durable, tandis que « les modes de production et de consommation non durables menacent notre capacité à réaliser un développement durable ».





1

L'environnement est représenté dans tous les ODD. Plus de la moitié de ceux-ci mettent directement l'accent sur l'environnement ou traitent de l'utilisation durable des ressources naturelles (PNUE, 2016d). De nombreux objectifs ont des liens directs avec la qualité de l'environnement physique, par exemple l'eau (ODD 6), le climat (ODD 13), les océans (ODD 14) ainsi que la terre et la biodiversité (ODD 15). D'autres objectifs ont des liens plus indirects avec l'environnement physique, par exemple via les catastrophes naturelles (ODD 1 et 11), les aliments, la faim et l'agriculture (ODD 2), la santé (ODD 3), l'énergie (ODD 7), la croissance économique et le travail (ODD 8), l'industrie (ODD 9) et les villes (ODD 11) (Groupe international d'experts sur les ressources, 2014 ; Groupe international d'experts sur les ressources, 2015 ; OCDE, 2015 ; Lucas *et al.*, 2016). Par exemple, l'ODD 8 met l'accent sur une croissance économique soutenue et un travail décent pour tous, tandis que l'une de ses cibles appelle à dissocier croissance économique et dégradation de l'environnement, et à améliorer l'efficacité de l'utilisation des ressources mondiales dans les modes de consommation. L'ODD 12, qui porte sur les modes de consommation et de production durables, l'ODD 16, sur la paix, la justice et des institutions efficaces, et l'ODD 17, sur les moyens de mettre en œuvre le Partenariat, constituent autant d'objectifs transversaux qui soutiennent tous les autres objectifs et leurs dimensions environnementales. Il va de soi que la réalisation des ODD passe nécessairement par des progrès fondamentaux dans le domaine de l'environnement. Cet état de fait est reconnu dans le Programme de développement durable à l'horizon 2030, qui lance un appel direct à une approche intégrée du développement durable (Groupe international d'experts sur les ressources, 2015).

Même si les ODD établissent un lien bien plus étroit entre l'environnement et d'autres aspects du développement, ils ne représentent pas exhaustivement le plan d'action mondial pour l'environnement (Wackernagel, Hanscom et Lin, 2017). Les ODD passent sous silence certains problèmes environnementaux importants tels que l'exploitation minière et l'extraction des ressources naturelles, et les liens entre les questions de genre et l'environnement (par exemple, la pollution de l'air intérieur associée aux activités culinaires ; Elder et Zusman, 2016). L'objectif portant sur le climat (ODD 13) n'est pas assorti de cibles ou d'indicateurs directement liés à l'état du climat, même s'il fait référence à l'Accord de Paris, qui, lui, est assorti d'une telle cible. Par ailleurs, les indicateurs environnementaux ne sont pas aussi bien élaborés que ceux des autres domaines, et les données permettant de quantifier leur impact ou leurs progrès quant à la réalisation des cibles connexes sont plus rares. Beaucoup de cibles sont assorties de plusieurs dimensions, et bien souvent, la dimension environnementale est absente des indicateurs. Les ODD traitent des objectifs de plusieurs AME, même si quelques-uns seulement des nombreux objectifs environnementaux convenus au niveau international y font l'objet d'une mention directe.

À l'instar des ODD, d'autres accords et cadres importants récents des Nations Unies, tels que l'Accord de Paris sur le climat, le Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe et le Nouveau programme pour les villes – Habitat III, requièrent des apports substantiels de tous les secteurs et acteurs, ainsi qu'une transformation significative des pratiques économiques et sociales. De ce fait, tout comme les ODD, ces accords ont une vaste portée, et leur mise en œuvre devrait adopter une approche intégrée.

De même, les grands forums mondiaux qui ne relèvent pas de l'ONU (par exemple le Groupe des vingt [G20], le Groupe des sept [G7] et le Forum économique mondial) mettent de plus en plus l'accent sur les enjeux environnementaux et les risques connexes, en particulier en ce qui concerne les ODD. En 2015, les dirigeants et chefs d'État du G7 réunis à Elmau, en Allemagne, ont convenu de décarboniser l'économie mondiale d'ici la fin de ce siècle (G7, 2015) ; lors du Sommet de Ise-Shima au Japon, en 2016, les pays du G7 ont convenu de déployer des efforts concertés en vue de réaliser leurs ODD et d'honorer leurs engagements au titre de

l'Accord de Paris. Lors du Sommet de Taormina, en Italie, en 2017, tous les membres du G7 ont réaffirmé leur ferme engagement à mettre en œuvre rapidement l'Accord de Paris (sauf les États-Unis d'Amérique, qui étaient en voie de réviser leurs politiques en la matière). Le G7 organise régulièrement des réunions des ministres de l'Environnement. Le G20 a également adopté un plan d'action sur les ODD (G20, 2016).

Au nombre des autres grandes réunions de ministres de l'Environnement figurent celle des BRICS (Brésil, Russie, Inde, Chine et Afrique du Sud), le Sommet ministériel Asie-Pacifique sur l'environnement, la Conférence ministérielle africaine sur l'environnement et la Réunion tripartite Chine–Japon–Corée du Sud des ministres de l'Environnement. Les ODD fournissent un cadre et des termes communs visant à rassembler tous ces accords et toutes ces actions.

L'approche basée sur les cibles et les indicateurs, l'une des principales innovations des OMD, a également été adoptée dans les ODD, ainsi que dans le Plan stratégique 2011-2020 pour la diversité biologique, notamment les cibles d'Aichi relatives à la diversité biologique élaborées dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique (CDB) (Kanie et Biermann, 2017). Nombre d'observateurs estiment que cette approche a largement contribué au succès relatif des OMD en matière de mobilisation des actions et soutiens, même si elle présentait aussi quelques inconvénients (Fukuda-Parr, Yamin et Greenstein, 2014). Si la mise en œuvre de cette approche respecte globalement l'esprit et la lettre des ODD plutôt que de se confiner à une fonction étroitement pragmatique, alors cette mise en œuvre et la responsabilisation pourraient s'en trouver renforcées (Biermann, Kanie et Kim, 2017). Une autre innovation majeure pour les ODD et l'Accord de Paris tient au fait que chaque pays a convenu de traduire les objectifs et cibles mondiaux en cibles et indicateurs nationaux ; toutefois, cette approche aura pour effet d'introduire le défi ou la possibilité de rendre compte des progrès.

Dès lors, il est tout à fait essentiel que le rapport GEO-6 continue de faire porter l'attention du monde entier sur les AME, sur les objectifs environnementaux convenus au niveau international et sur l'accent qui se porte désormais sur les ODD et les forums mondiaux ne relevant pas de l'ONU. Toutefois, la mise en œuvre de certains AME conventionnels peut également tirer parti d'une approche plus intégrée, éventuellement à travers des liens plus étroits avec les ODD.

L'une des principales missions du rapport GEO-6 est d'évaluer les progrès réalisés au regard des objectifs environnementaux convenus au niveau international établis par les AME, en faisant ressortir les écarts entre les engagements et les réalisations de ces accords. Surtout, ce rapport permettra d'éclairer la réponse mondiale et le renforcement des capacités institutionnelles nécessaires pour faire face à la complexité et aux incertitudes croissantes liées aux problèmes environnementaux et de les résoudre par le développement mondial. Compte tenu de l'urgence des défis liés à l'environnement et au développement, et du peu de ressources financières et humaines disponibles pour y faire face, le rapport GEO-6 met l'accent sur une approche d'évaluation holistique et intégrée, afin de tirer parti des synergies entre les enjeux, d'éviter les compromis et de diffuser les connaissances qui découlent de cet exercice.

1.6 Le rapport GEO-6 dans le contexte des autres évaluations environnementales

Afin de relever efficacement les défis environnementaux, il faut bien comprendre leurs répercussions globales sur les populations, les économies, les sociétés, les marchés, les institutions, la justice, la sécurité et la culture. Le processus GEO-6 reconnaît la nécessité d'évaluations environnementales intégrées (EEI) et participatives, ainsi que d'outils et de plateformes institutionnalisés pour donner aux populations, aux organisations et aux décideurs les moyens d'agir en développant conjointement l'information



et les connaissances pertinentes sur l'état et les tendances de l'environnement, dans le but d'éclairer l'action politique et les réponses appropriées (PNUE, 2015).

Le rapport GEO-6 s'inscrit dans un corpus de plus en plus imposant d'évaluations environnementales mondiales (Mitchell *et al.*, 2006 ; Kowarsch *et al.*, 2014 ; Jabbour et Flachsland, 2017 ; Kowarsch *et al.*, 2017). Certaines de ces évaluations ont ou intègrent une perspective régionale (par exemple, le rapport *L'état de l'environnement en Europe* de l'Agence européenne pour l'environnement) ou nationale, tandis que d'autres mettent l'accent sur des thèmes spécifiques, comme le *Global Gender and Environment Outlook* (« Perspectives mondiales sur le genre et l'environnement », GGEO ; PNUE, 2016e). Ces évaluations sont généralement réalisées par des organismes et des programmes internationaux, comme le PNUE par l'entremise de son sous-programme d'études sur l'environnement (*Environment under Review*, PNUE, 2018) et constitue la base des données probantes nécessaire pour décrire avec clarté et transparence les préoccupations majeures auxquelles sont confrontées la planète et l'humanité. Cette base de données probantes englobe les succès enregistrés et les échecs subis en s'attaquant à ces questions et, surtout, présente un choix d'actions permettant de résoudre équitablement et efficacement les problèmes actuels et anticipés. Cette approche tournée vers l'action et axée sur les parties prenantes présente la caractéristique souhaitée de prendre en compte les rétroactions des décideurs dans le processus de développement des connaissances et d'abrèger le délai de mise en œuvre de l'information et des connaissances. L'annexe 1-2 dresse la liste des EEI dont s'inspire le rapport GEO-6.

Une EEI (telle que les évaluations GEO) adopte une méthodologie et des procédures communes pour garantir une application cohérente des normes de qualité pertinentes, et met la science en relation avec les politiques :

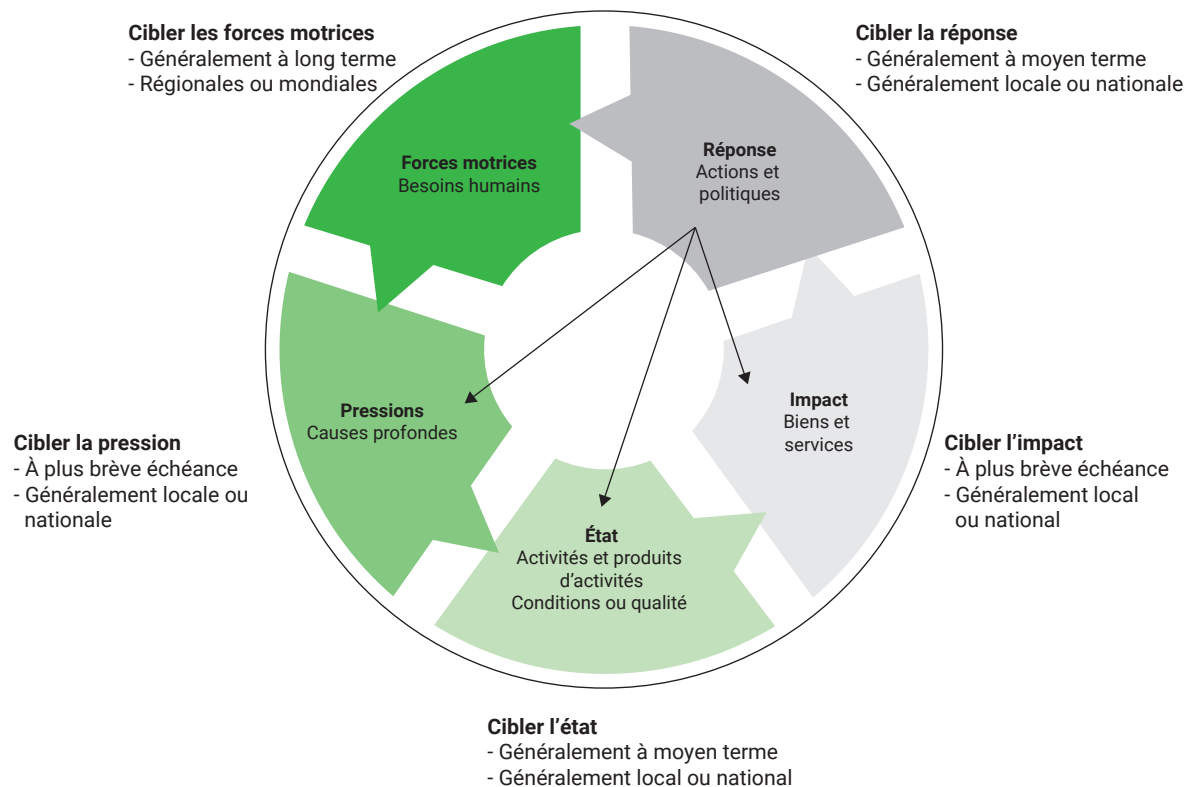
- ❖ en procédant à l'analyse et à la synthèse des données environnementales, sociales et économiques existantes afin de déterminer l'état de l'environnement à l'aide du cadre Forces motrices–Pressions–État–Impact–Réponse (DPSIR), compte tenu de l'ensemble des composantes et processus des écosystèmes (figure 1.2) ;
- ❖ en déterminant le risque et l'incertitude que comporte l'information ;
- ❖ en identifiant et en évaluant les actions passées et potentielles en matière de politique et de gestion ;
- ❖ en donnant des orientations aux décideurs quant aux conséquences de diverses actions en matière de politique et de gestion, y compris le fait de n'entreprendre aucune action (PNUE, 2017b).

1.7 L'approche, la théorie du changement et la structure du rapport GEO-6

1.7.1 Approche

D'un point de vue historique, le processus du rapport GEO a été mis en place dans le cadre du suivi de l'adoption d'Action 21 en 1992, dans le but de soumettre l'état de l'environnement à un examen permanent (PNUE, 1995 – Décision 18/27 du Conseil

Figure 1.2 : L'approche DPSIR utilisée dans le rapport GEO-6



En 1995, le PNUE a adopté l'approche du cadre causal DPSIR pour les évaluations du GEO. Ce cadre représente une vision de l'analyse des systèmes où les forces motrices du développement social et économique exercent des pressions sur l'environnement, modifiant ainsi l'état de l'environnement. L'évolution de l'état de l'environnement produit des impacts, notamment sur le bien-être humain et la santé des écosystèmes, produisant à leur tour des réponses humaines visant à remédier à ces impacts: les contrôles sociaux, la réaffectation des investissements, les politiques et les interventions politiques qui influencent l'activité humaine. Enfin, ces réponses exercent une influence directe ou indirecte sur l'état de l'environnement, par l'action des forces motrices ou des pressions. Il importe de plus en plus d'examiner dans quelle mesure les politiques répondent aux forces motrices et aux impacts des défis environnementaux.

Source : PNUE (2017b).



Encadré 1.2 : Aspects multidimensionnels de l'analyse

Les évaluations GEO ont une portée multidimensionnelle afin d'intégrer les perspectives environnementale, sociale, économique, politique, géographique et temporelle pour constituer diverses preuves en vue de répondre aux questions primordiales. Voici les principales approches utilisées dans le rapport GEO-6 :

- ❖ Le thème « Une planète saine pour des populations en bonne santé » souligne l'importance fondamentale des écosystèmes sains et d'un environnement sain pour la santé humaine. La santé humaine est traitée systématiquement dans tout le rapport GEO-6 en mettant l'accent sur les nombreux effets directs et indirects liés à la santé (par exemple, les maladies ou la mortalité) qui découlent de l'évolution et de la détérioration de l'environnement (voir les chapitres 2 et 4). De plus, les objectifs liés à la santé sont pris en compte dans les politiques et les voies transformatrices en matière d'environnement (partie B). Dans la mesure du possible, les impacts sur la santé sont analysés au regard de critères sociaux tels que l'âge et le genre.
- ❖ Le rapport GEO-6 intègre des dimensions thématiques qui assurent le suivi de l'état et des tendances de l'air, de l'eau douce, des océans, des terres, du biote et de la biodiversité, et qui constituent un rapport sur « l'état de l'environnement » (partie A).
- ❖ Le rapport GEO-6 présente plus de 25 études de cas sur des politiques. Ces études font ressortir l'importance des politiques fondées sur des données probantes (chapitres 12 à 16). Elles permettent aussi d'examiner la façon d'élaborer des politiques efficaces sans être prescriptif.
- ❖ Le rapport GEO-6 intègre des dimensions interdisciplinaires qui combinent les aspects sociaux, économiques et environnementaux des défis complexes. Il couvre 12 questions transversales (l'alimentation, l'énergie, l'utilisation des ressources, le genre, la santé, les catastrophes, etc.) tout au long de son évaluation portant sur les thèmes environnementaux (chapitre 4) et sur l'efficacité des politiques (chapitre 17), tout en mettant un accent particulier sur les corrélations entre la dimension environnementale et d'autres dimensions du Programme de développement durable à l'horizon 2030 et des ODD.
- ❖ Pour la première fois, le rapport GEO-6 examine le changement climatique à la fois en tant que force motrice (le changement climatique intégré) et en tant que question transversale (les impacts anticipés) dans le contexte du développement durable, de par sa pertinence globale pour tous les autres aspects de l'approche du rapport GEO-6 (chapitres 2 et 4).
- ❖ Le rapport GEO-6 envisage la dimension de l'équité de façon systématique, par la prise en compte des enjeux touchant la répartition, la représentation et les procédures dans les différentes parties de l'évaluation, et souligne les impacts et perspectives des politiques environnementales et des voies de développement futur afin de surmonter les inégalités.
- ❖ Les chapitres sur les perspectives du rapport GEO-6 (partie C) combinent les méthodes conventionnelles d'analyse globale et fondée sur des scénarios avec l'analyse locale, participative et fondée sur des décisions. Cette démarche vise à présenter une perspective orientée sur les solutions et tenant compte de la pertinence et de l'efficacité.
- ❖ Le rapport GEO-6 utilise des outils et plateformes modernes (comme la production participative) pour renforcer l'engagement des parties prenantes dans le processus d'évaluation (chapitre 23).

d'administration). Depuis la parution du premier rapport GEO en 1997, l'approche et la structure du rapport ont connu de nombreuses modifications et améliorations.

S'appuyant sur les principes fondamentaux de l'élaboration d'une évaluation environnementale intégrée (PNUE, 2017b), la portée du rapport GEO a subi des modifications. Une nouvelle caractéristique clé du rapport GEO-6 est l'insistance sur les interactions et interdépendances entre l'environnement et la santé humaine. Le changement d'approche et de structure adopté pour le présent rapport GEO reflète les données scientifiques probantes les plus récentes et le nouveau contexte géopolitique, en particulier la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030. Le rapport GEO-6 fournit les données probantes nécessaires pour prendre en compte la dimension environnementale des ODD.

Le processus du rapport GEO-6 fait partie intégrante de l'effort visant à renforcer les capacités globales au sein du système mondial de gouvernance environnementale, afin d'améliorer le niveau de prise de décision fondée sur des données scientifiques à différents échelons (Assemblée générale des Nations Unies, Résolution 2997, 1972). Le rapport GEO est un processus participatif indépendant, dirigé par des experts et créé pour faciliter l'interaction entre la compréhension scientifique et l'élaboration de politiques. Des décideurs, ainsi que de nombreux scientifiques et parties prenantes, sont consultés sur le thème et la méthodologie de chaque édition par l'entremise du Groupe consultatif intergouvernemental et multipartite de haut niveau, du Groupe consultatif scientifique, et du Groupe de travail sur les méthodologies, données et informations évaluatives, qui prodiguent des conseils et des orientations tout au long du processus GEO. Ce processus participatif et consultatif donne aux évaluations GEO une crédibilité, une précision et une autorité scientifiques, ainsi qu'une pertinence stratégique.

Outre la production des rapports GEO, le PNUE a pour mandat d'assurer le renforcement des capacités. Ce travail, qui fait partie intégrante du processus GEO, se fait à différents niveaux et par le biais de mécanismes variés. Les rapports GEO comprennent des contributions d'experts internationaux de premier plan, issus d'un large éventail d'organisations du monde entier, ainsi que celles d'une équipe de membres du GEO constituée de professionnels en début de carrière ou d'étudiants.

Les dimensions thématiques (l'état et les tendances de l'air, de l'eau douce, des océans, des terres et de la biodiversité) étaient également des éléments fondamentaux des rapports GEO précédents, mais toutes les autres approches énumérées ci-dessus sont des nouveautés du rapport GEO-6.

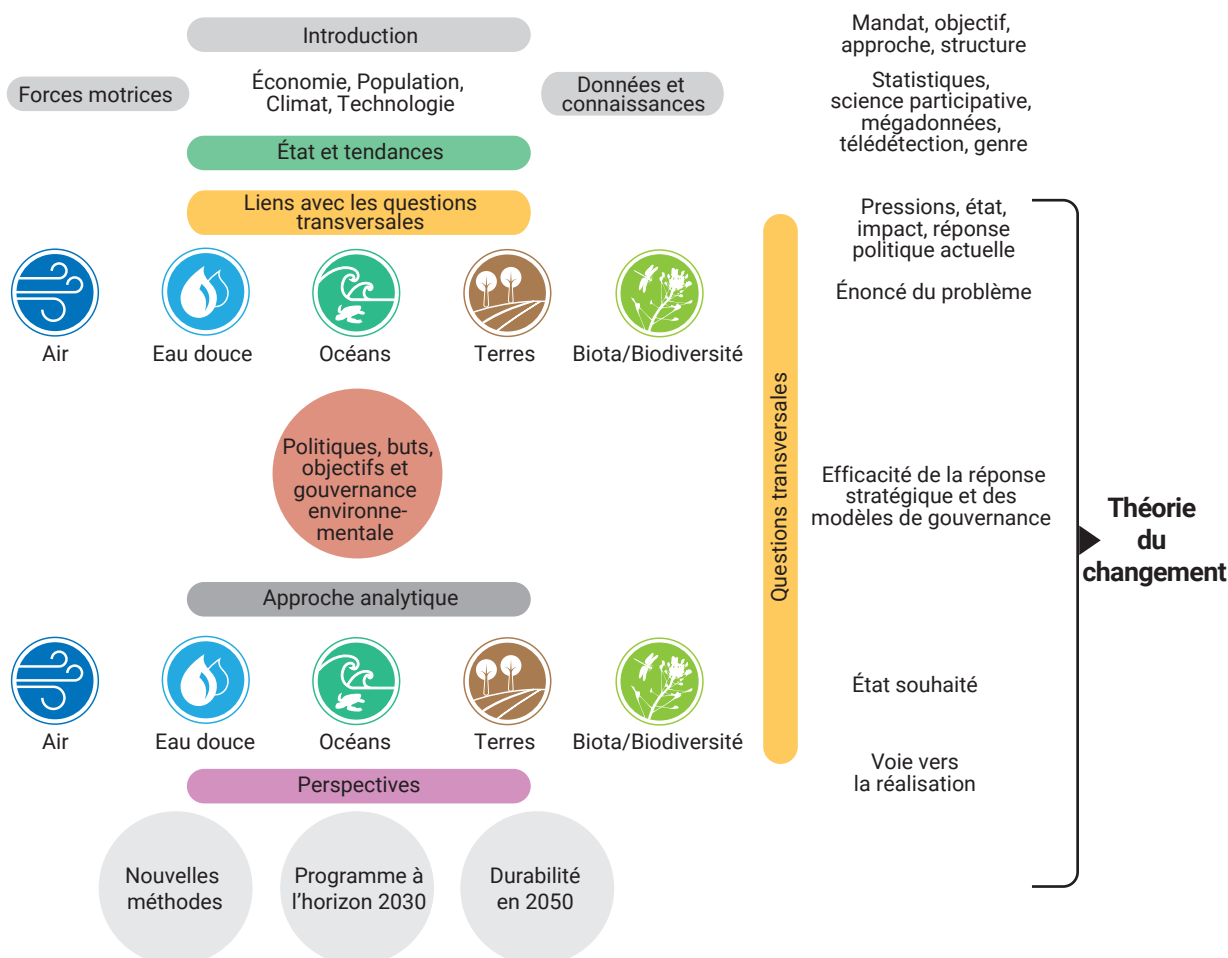
L'annexe 1-3 présente des renseignements sur la théorie du changement dont s'inspire le processus GEO-6, et l'annexe 1-4 expose la manière dont les auteurs de chaque chapitre ont établi le niveau de confiance des conclusions clés de chaque chapitre. Ces niveaux de confiance, indiqués dans la synthèse de chaque chapitre, sont destinés à aider les décideurs à comprendre l'étendue des preuves qui existent sur un sujet et la mesure dans laquelle elles concordent avec les conclusions présentées dans la présente évaluation.

1.7.2 Structure

Sur la base de ce mandat et de cette portée, le contenu du rapport GEO-6 est structuré comme illustré dans la **figure 1.3**.

Trois chapitres complètent la présente introduction : le chapitre 2, « Les forces motrices du changement environnemental » ; le chapitre 3, « L'état de nos données et connaissances », et le chapitre 4, « Questions transversales ». À mesure que les informations et les données prennent de

Figure 1.3 : Structure de GEO-6, comprenant un lien avec sa théorie du changement (voir l'annexe 1-3)



l'importance dans la société, la création et l'utilisation des connaissances en font autant dans le rapport GEO-6, car l'organisation des données, de l'information et des connaissances est à la base d'une évaluation scientifiquement rigoureuse et de décisions stratégiques éclairées. Par conséquent, le rapport GEO-6 s'emploie davantage à expliquer à la fois l'évolution des besoins et les nouvelles perspectives de production de données, d'information et de connaissances associées au mandat du PNUÉ de mettre en œuvre la dimension environnementale des ODD.

Le système humain mondial présente des trajectoires de dépendance bien ancrées qui ont évolué sur une longue période. À mesure que la société et la civilisation ont évolué et se sont développées, les interdépendances entre les systèmes humains et environnementaux ont gagné en complexité et en dynamisme. Afin de comprendre les éléments structurels les plus importants du système humain, le rapport GEO-6 examine systématiquement les forces motrices globales, par exemple la population et les changements démographiques, y compris les causes de la migration, les tendances économiques actuelles et les développements technologiques.

Un de ses nouveaux éléments est le chapitre 4, « Questions transversales », qui présente les données probantes expliquant l'impact que l'état et les tendances de l'environnement ont déjà sur les systèmes humains, à plusieurs niveaux. Les douze questions transversales abordées dans le rapport GEO-6 sont également importantes pour les ODD : la santé, les catastrophes

environnementales, l'égalité entre les sexes, l'éducation, l'urbanisation, le changement climatique, les régions polaires et de montagne, les substances chimiques, les déchets et les eaux usées, l'utilisation des ressources, l'énergie et les systèmes alimentaires. Le rapport GEO-6 adopte une approche matricielle pour traiter ces questions transversales, en examinant chacune d'entre elles dans le contexte des cinq thèmes environnementaux (l'air, la biodiversité, les océans, la terre et le sol, l'eau douce). Cette approche permet d'illustrer le besoin croissant de réaliser une synthèse plus efficace de nos connaissances sur les fonctionnalités multidimensionnelles de l'environnement et sur les effets qu'elles ont déjà sur les systèmes humains.

L'analyse est structurée en quatre parties dans le rapport GEO-6 :

La **partie A : L'état de l'environnement mondial** se compose de cinq chapitres thématiques qui présentent les données et l'information les plus récentes sur l'état et les tendances de l'air, de la biodiversité, des océans, des terres et de l'eau douce. Les chapitres 5 à 9 ont une structure commune qui utilise l'approche DPSIR, et chaque chapitre comprend des informations sur les réponses stratégiques pertinentes.

La **partie B : Évaluation de l'efficacité des politiques, des buts, des objectifs et de la gouvernance environnementale** évalue l'efficacité du paysage stratégique actuel au sein de la structure de gouvernance environnementale existante à différents échelons, en se basant sur les réponses stratégiques relevées dans les chapitres



thématiques de la partie A, y compris à l'égard des questions transversales (chapitres 10 à 17). La méthodologie élaborée pour la présente évaluation repose sur la combinaison des approches ascendante et descendante. Les résultats servent à extraire des orientations à l'intention des décideurs et à étayer les approches stratégiques prometteuses traitées dans la partie finale du rapport. Sur la base de cette analyse, la partie B décrit également les améliorations supplémentaires à apporter au système mondial de gouvernance environnementale (chapitre 18).

La **partie C : Perspectives et trajectoires vers une planète saine pour des populations en bonne santé** intègre aux voies de la transformation les approches politiques les plus prometteuses découlant de la partie B. Elle combine l'analyse mondiale et fondée sur des scénarios (chapitres 20 à 22) à l'analyse locale et participative (chapitre 23) afin de déterminer des voies possibles vers la réalisation de la dimension environnementale des ODD et des autres AME (jusqu'en 2030), et elle évalue les stratégies à long terme ou visant le milieu du siècle qui sont requises pour parvenir à la durabilité à long terme (à l'horizon 2050) (chapitre 24). Les résultats et les conclusions servent de base de référence pour guider l'élaboration des politiques et la mise en œuvre des ODD, ainsi que l'élaboration de voies plus transformatrices pour atteindre les cibles scientifiques sur un horizon plus lointain (jusqu'en 2050), telles que l'objectif de devenir une société climatiquement neutre et économe en ressources. Cette perspective à long terme pour

guider la suite du développement de systèmes de gouvernance mondiaux, régionaux et nationaux afin de veiller à maintenir le développement humain futur en deçà des limites écologiques de la planète, et à instaurer un monde plus équitable où personne n'est laissé pour compte. Lorsque c'est possible, la partie C souligne les coûts et avantages économiques et sociaux des diverses options d'action et d'inaction.

La **partie D : Les lacunes en données et en connaissances à combler** (chapitre 25) donne un aperçu des tendances et enjeux relatifs aux données et aux connaissances et souligne les lacunes à combler pour mettre en œuvre les ODD et réaliser les objectifs environnementaux convenus au niveau international fixés dans les AME. Cette démarche repose sur le principe selon lequel un surcroît de données et de connaissances conduit à des actions et des solutions meilleures et plus efficaces, dans plus d'endroits. Une révolution dans le domaine des technologies de l'information et de la communication ouvre des perspectives larges et nouvelles en matière de données et d'information, au-delà du processus conventionnel de suivi et d'évaluation environnementale.

Nous espérons que les lecteurs – qu'il s'agisse de décideurs, de chercheurs ou de citoyens – trouveront utiles les conclusions de l'analyse et de l'évaluation présentées dans les chapitres qui suivent, et qu'elles contribueront à éclairer les efforts futurs visant à relever nos défis environnementaux collectifs.

Références



- Abraham, D.S. (2015). *The Elements of Power: Gadgets, Guns, and the Struggle for a Sustainable Future in the Rare Metal Age*. New Haven: Yale University Press. <https://yalebooks.yale.edu/book/9780300196795/elements-power>
- Adelle, C. et Nilsson, M. (2015). Environmental Policy Integration. Dans Pattberg, P.H. et Zelli, F. (dir). *Encyclopedia of Global Environmental Governance and Politics*. Cheltenham: Edward Elgar. Chapitre 58, 454-461. <https://www.elgar.com/shop/gbp/encyclopedia-of-global-environmental-governance-and-politics-9781782545781.htm>
- Agence internationale pour les énergies renouvelables (2017). *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2017*. Abou Dhabi. http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2017.pdf
- Altenburg, T. et Assmann, C. (dir.) (2017). *Green Industrial Policy: Concept, Policies, Country Experiences*. Genève/Bonn: Programme des Nations Unies pour l'environnement/German Development Institute. http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/Green%20Industrial%20Policy_Concept%2C%20Policies%2C%20Country%20Experiences.pdf
- Ansell, C. et Gash, A. (2008). Collaborative governance in theory and practice. *Journal of Public Administration Research and Theory* 18(4), 543-571. <https://doi.org/10.1093/jppart/rmn032>
- Assemblée des Nations Unies sur l'environnement du Programme des Nations Unies pour l'environnement (2014). *Proposed Procedures for Enhancing Future Assessment Processes*. Note by the Secretariat. UNEP/EA.1/INF/14. <http://undocs.org/UNEP/EA.1/INF/14>
- Assemblée des Nations Unies sur l'environnement du Programme des Nations Unies pour l'environnement (2014). *State of the Environment. Report of the Executive Director*. 11 avril. UNEP/EA.1/4. <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17682/K1400635.pdf>
- Assemblée des Nations Unies sur l'environnement du Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016). *A Contribution to the Global Follow-Up and Review in the 2016 High Level Political Forum (HLPF) on the Work of the United Nations Environment Programme*. Nairobi. [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/10554UNEA%20inputs%20to%20the%20HLPF%202016%20\(Final\).pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/10554UNEA%20inputs%20to%20the%20HLPF%202016%20(Final).pdf)
- Assemblée générale des Nations Unies (1972). *Institutional and Financial Arrangements for International Environmental Cooperation*. Résolution adoptée par l'Assemblée générale, 15 décembre. A/RES/27/2997. <http://www.un-documents.net/a27r2997.htm>
- Balsiger, J. et VanDeveer, S.D. (2012). Navigating regional environmental governance. *Global Environmental Politics* 12(3), 1-17. <https://doi.org/10.1162/GLEP.e.00120>
- Barnett, J. et Adger, W.N. (2007). Climate change, human security and violent conflict. *Political Geography* 26(6), 639-655. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2007.03.003>
- Beck, U. (2009). World risk society and manufactured uncertainties. *IRIS European Journal of Philosophy and Public Debate* 1(2), 291-299. <http://www.fupress.net/index.php/iris/article/view/3304>
- Beck, U. (2015). *The Metamorphosis of the World: How Climate Change Is Transforming Our Concept of the World*. Cambridge: Polity Press. <https://www.wiley.com/en-us/The+Metamorphosis+of+the+World+How+Climate+Change+is+Transforming+Our+Concept+of+the+World-p-9780745690216>
- Biermann, F. (2014). *Earth System Governance: World Politics in the Anthropocene*. Cambridge, MA: MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/earth-system-governance>
- Biermann, F., Abbott, K., Andresen, S., Bäckstrand, K., Bernstein, S., Betsill, M.M. et al. (2012). Navigating the Anthropocene: Improving Earth system governance. *Science* 335(6074), 1306-1307. <https://doi.org/10.1126/science.1217255>
- Biermann, F., Kanie, N. et Kim, R.E. (2017). Global governance by goal-setting: The novel approach of the UN Sustainable Development Goals. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27, 26-31. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.01.010>
- Boyce, J.K. (2004). Green and brown? Globalization and the environment. *Oxford Review of Economic Policy* 20(1), 105-128. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grh007>
- British Broadcasting Corporation (2016). Delhi smog: Schools closed for three days as pollution worsens. <https://www.bbc.com/news/world-asia-india-37887937>
- Brown, O., Hammill, A. et McLeman, R. (2007). Climate change as the «new» security threat: Implications for Africa. *International Affairs* 83(6), 1141-1154. https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/climate_security_threat_africa.pdf
- Bureau international du travail (2016). *Green Jobs: Progress Report 2014-2015*. Genève. http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-ed_emp/-emp_ent/documents/publication/wcms_502730.pdf
- Calvo, G., Valero, A. et Valero, A. (2017). Assessing maximum production peak and resource availability of non-fuel mineral resources: Analyzing the influence of extractable global resources. *Resources, Conservation and Recycling* 125, 208-217. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.009>
- Castree, N. (2008). Neoliberalising nature: The logics of deregulation and reregulation. *Environment and Planning A: Economy and Space* 40(1), 131-152. <https://doi.org/10.1068/a3999>
- Chuvieco, E. (dir.) (2008). *Earth Observation of Global Change: The Role of Satellite Remote Sensing in Monitoring the Global Environment*. Dordrecht: Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9781402063572>
- Clapp, J. et Dauvergne, P. (2011). *Paths to a Green World: The Political Economy of the Global Environment*. Cambridge, MA: MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/paths-green-world>
- Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (2014). *La Convention d'Aarhus: guide d'application*. 2^e éd. Genève. http://www.uncece.org/fileadmin/DAM/env/pp/Publications/Aarhus_Implementation_Guide_FRE_interactive.pdf
- Commission économique et sociale des Nations Unies pour l'Asie et le Pacifique (2013). *Water, Food and Energy Nexus in Asia and the Pacific*. Bangkok. <https://www.unescap.org/sites/default/files/Water-Food-Nexus%20Report.pdf>
- Commission économique et sociale des Nations Unies pour l'Asie et le Pacifique et Agence coréenne de coopération internationale (2012). *Low Carbon Green Growth Roadmap for Asia and the Pacific*. Bangkok. <http://www.unescap.org/sites/default/files/Full-report.pdf>
- Commission mondiale sur l'économie et le climat (2014). *Better Growth, Better Climate: The New Climate Economy Report*. Washington: Institut des ressources mondiales. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1595TheNewClimateEconomyReport.pdf>
- Conseil national du renseignement (États-Unis) (2017). *Global Trends: Paradox of Progress*. Washington. <https://www.dni.gov/files/documents/nic/GT-Full-Report.pdf>
- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (2017). *Global Land Outlook*. Bonn. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res.pdf
- Cordell, D. et White, S. (2015). Tracking phosphorus security: Indicators of phosphorus vulnerability in the global food system. *Food Security* 7(2), 337-350. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0442-0>
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I. et al. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- Crutzen, P.J. (2002). Geology of mankind. *Nature* 415(6867), 23. <https://doi.org/10.1038/415023a>
- Crutzen, P.J. et Stoermer, E.F. (2000). The «Anthropocene». *Global Change Newsletter* 41, 17-18. Stockholm: International Geosphere-Biosphere Programme. <http://www.igbp.net/download/18.31.6118321323470177580001401/1376383088452/nl41.pdf>
- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N. et al. (2015). The IPBES Conceptual Framework: Connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002>
- Dodds, F., Donoghue, D. et Leiva Roesch, J. (2017). *Negotiating the Sustainable Development Goals*. Londres: Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781315527086>
- Elder, M., Bengtsson, M. et Akenji, L. (2016). An optimistic analysis of the means of implementation for Sustainable Development Goals: Thinking about goals as means. *Sustainability* 8(9), 962-986. <https://doi.org/10.3390/su8090962>
- Elder, M. et Zumsan, E. (2016). Strengthening the linkages between air pollution and the sustainable development goals. *Policy Brief* 35. Institute for Global Environmental Strategies. https://www.iges.or.jp/en/publication_documents/pub/policy/en/5528/PB_35_0707_2.pdf
- Environnement Canada, université de Joensuu et Programme des Nations Unies pour l'environnement (2007). *Accords multilatéraux sur l'environnement: manuel du négociateur*. 2^e éd. Joensuu: université de Joensuu. <https://www.cbd.int/doc/guidelines/MEAs-negotiation-handbook-fr.pdf>
- Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington: Island Press. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Forum économique mondial (2017). *The Global Risks Report 2017: 12th Edition*. Genève. http://www3.weforum.org/docs/GRR17_Report_web.pdf
- Fukuda-Parr, S., Yamin, A.E. et Greenstein, J. (2014). The power of numbers: A critical review of Millennium Development Goal targets for human development and human rights. *Journal of Human Development and Capabilities* 15(2-3), 105-117. <https://doi.org/10.1080/10452829.2013.864622>
- Galaz, V., Biermann, F., Folke, C., Nilsson, M. et Olsson, P. (2012). Global environmental governance and planetary boundaries: An introduction. *Ecological Economics* 81, 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.02.023>
- Gallagher, K.P. (2009). Economic globalization and the environment. *Annual Review of Environment and Resources* 34(1), 279-304. <https://doi.org/10.1146/annurev.environ.33.021407.092325>
- Garrett-Peltier, H. (2017). Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model. *Economic Modelling* 61, 439-447. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.11.012>
- Ghisellini, P., Cialani, C. et Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production* 114, 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Ghosh, N., Mukhopadhyay, P., Shah, A. et Panda, M. (dir.) (2016). *Nature, Economy and Society: Understanding the Linkages*. New Delhi: Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9788132244037>
- Graedel, T.E., Harper, E.M., Nassar, N.T. et Reck, B.K. (2015). On the materials basis of modern society. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(20), 6295-6300. <https://doi.org/10.1073/pnas.1312752110>
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2014). Summary for policymakers. Dans Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. et al. (dir.). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers.pdf
- Groupe de la Banque mondiale (2016a). *Poverty and Shared Prosperity 2016: Taking On Inequality*. Washington. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/25078/9781464809583.pdf>
- Groupe de la Banque mondiale (2016b). *Rapport de suivi Mondial 2015/2016: objectifs de développement dans une ère de changement démographique*. Washington. <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/GMROverviewandExecSummaryFrench.pdf>
- Groupe des sept (2015). *Déclaration des chefs d'État et de gouvernement: sommet du G7-7-8 juin 2015*. <http://www.g8.utoronto.ca/summit/2015/06/07/declaration-fr.pdf>
- Groupe des vingt (2016). *G20 Action Plan on the 2030 Agenda for Sustainable Development*. https://www.b20germany.org/fileadmin/user_upload/G20_Action_Plan_on_the_2030_Agenda_for_Sustainable_Development.pdf
- Groupe international d'experts sur les ressources (2014). *Managing and Conserving the Natural Resource Base for Sustained Economic and Social Development*. Nairobi: Programme des Nations Unies pour l'environnement. https://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/irp_think_piece_contributing_to_the_sdgs_process_0.pdf
- Groupe international d'experts sur les ressources (2015). *Policy Coherence of the Sustainable Development Goals: A Natural Resource Perspective*. Nairobi: Programme des Nations Unies pour l'environnement. <https://www.resourcepanel.org/reports/policy-coherence-sustainable-development-goals>
- Gupta, J., Dellapenna, J.W. et van den Heuvel, M. (2016). Water sovereignty and security, high politics and hard power: The dangers of borrowing discourses. Dans Pahl-Wostl, C., Bhaduri, A. et Gupta, J. (dir.). *Handbook on Water Security*. Cheltenham: Edward Elgar. Chapitre 8. <https://www.elgaronline.com/view/9781782548003.00014.xml>
- Hepburn, C. et Bowen, A. (2012). *Prosperity with Growth: Economic Growth, Climate Change and Environmental Limits*. GRI Working Papers 93. Londres: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. <https://ideas.repec.org/p/ips/lsgwps/wp93.html>
- Homer-Dixon, T.F. (1991). On the threshold: Environmental change as causes of acute conflict. *International Security* 16(2), 76-116. <https://www.clisec.uni-hamburg.de/en/pdf/data/homer-dixon-1991-on-the-threshold.pdf>



- Homér-Dixon, T.F. (1999). *Environment, Scarcity, and Violence*. Princeton: Princeton University Press. <https://press.princeton.edu/titles/6640.html>.
- Hopkinson, P., Zilis, M., Hawkins, P. et Roper, S. (2018). Managing a complex global circular economy business model: Opportunities and challenges. *California Management Review* 60(3), 71-94. <https://doi.org/10.1177/0008125618764692>.
- Jabbour, J. et Flachsland, C. (2017). 40 years of global environmental assessments: A retrospective analysis. *Environmental Science & Policy* 77, 193-202. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.001>.
- Jetzakowitz, J., van Koppen, C.S.A., Lidskog, R., Ott, K., Voget-Klesch, L. et Wong, C.M.L. (2018). The significance of meaning: Why IPBES needs the social sciences and humanities. *Innovation: The European Journal of Social Science Research* 31, S38-S60. <https://doi.org/10.1080/13511610.2017.1348933>.
- Jordan, A. (2008). The governance of sustainable development: Taking stock and looking forwards. *Environment and Planning C: Government and Policy* 26(1), 17-33. <https://doi.org/10.1068/cav6>.
- Jordan, A. et Lenschow, A. (2010). Environmental policy integration: A state of the art review. *Environmental Policy and Governance* 20(3), 147-158. <https://doi.org/10.1002/eet.539>.
- Kanie, N. (2007). Governance with multilateral agreements: A healthy or ill-equipped fragmentation. Dans Swart, L. et Perry, E. (dir.). *Global Environmental Governance: Perspectives on the Current Debate Center for UN Reform*. New York: Center for UN Reform Education. 67-86.
- Kanie, N., Andresen, S. et Haas, P.M. (dir.) (2014). *Improving Global Environmental Governance: Best Practices for Architecture and Agency*. New York: Routledge. <https://www.routledge.com/Improving-Global-Environmental-Governance-Best-Practices-for-Architecture/Kanie-Andresen-Haas/p/book/9780415811767>.
- Kanie, N. et Biermann, F. (dir.) (2017). *Governing through Goals: Sustainable Development Goals as Governance Innovation*. Cambridge, MA: MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/governing-through-goals>.
- Kim, E. et Kim, B.H.S. (dir.) (2016). *Quantitative Regional Economic and Environmental Analysis for Sustainability in Korea*. Singapour: Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9789811002984>.
- Kobori, H., Dickinson, J.L., Washitani, J., Sakurai, R., Armano, T., Komatsu, N. et al. (2016). Citizen science: A new approach to advance ecology, education, and conservation. *Ecological Research* 31(1), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s11284-015-1314-y>.
- Kowarsch, M., Flachsland, C., Jabbour, J., Garard, J. et Riousset, P. (2014). *The Future of Global Environmental Assessment Making (FOGEAM): Reflecting on Past Experiences to Inform Future Choices*. Berlin: Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change. https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/C18_MCC_Publications/FOGEAM_Preliminary_Draft_Report_17102014.pdf.
- Kowarsch, M., Jabbour, J., Flachsland, C., Kok, M.T.J., Watson, R., Haas, P.M. et al. (2017). A road map for global environmental assessments. *Nature Climate Change* 7(6), 379-382. <https://www.nature.com/articles/nclimate3307.pdf>.
- Krishnamurthy, N. et Gupta, C.K. (2004). *Extractive Metallurgy of Rare Earths*. 2^e éd. CRC Press. <https://www.crcpress.com/Extractive-Metallurgy-of-Rare-Earths-Second-Edition/KrishnamurthyGupta/p/book/9781466576346>.
- Lacy, P. et Rutqvist, J. (2015). *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*. New York: Palgrave Macmillan. <https://www.palgrave.com/gp/book/9781137530684>.
- Lammel, A., Gutierrez, E.G., Dugas, E. et Jamet, F. (2013). Cultural and environmental changes: Cognitive adaptation to global warming. Dans Kashima, Y., Kashima, E.S. et Beatson, R. (dir.). *Steering the Cultural Dynamics: Selected Papers from the 2010 Congress of the International Association for Cross-cultural Psychology*. Melbourne: International Association for Cross Cultural Psychology. <https://www.iaccp.org/wp-content/uploads/2019/06/lammel.pdf>.
- Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N. et al. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet* 391(10119), 462-512. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0).
- Le Blanc, D. (2015). Towards integration at last? The sustainable development goals as a network of targets. *Sustainable Development* 23(3). <https://doi.org/10.1002/sd.1582>.
- Lehmann, H., Rajan, S.C., Annavarapu, S., Kabel, C., Löwe, C. et Matthay, A. (2015). *Sustainable Lifestyles: Pathways and Choices for India and Germany*. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. https://www.giz.de/en/downloads/giz2015-en-IGEG_3_sustainable-lifestyles.pdf.
- Li, F., Liu, Y., Lü, J., Liang, L. et Harmer, P. (2014). Ambient air pollution in China poses a multifaceted health threat to outdoor physical activity. *Journal of Epidemiology and Community Health* 69(3), 201-204. <http://dx.doi.org/10.1136/jech-2014-203892>.
- Lucas, P., Ludwig, K., Kok, M. et Krutwaggen, S. (2016). *Sustainable Development Goals in the Netherlands: Building Blocks for Environmental Policy for 2030*. La Haye: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2016-sustainable-development-in-the-netherlands-1966_1.pdf.
- Mastrandrea, M.D., Field, C.B., Stocker, T.F., Edenhofer, O., Ebi, K.L., Frame, D.J. et al. (2010). *Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties*. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. <https://archive.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf>.
- Mathieu, P.-P. et Aubrecht, C. (dir.) (2018). *Earth Observation Open Science and Innovation*. New York: Springer. <https://www.springer.com/gb/book/9783319656328>.
- Matthew, R.A., Barnett, J., McDonald, B. et O'Brien, K.L. (2010). *Global Environment Change and Human Security*. Cambridge, MA: MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/global-environmental-change-and-human-security>.
- Ministère de l'Énergie (États-Unis) (2017). *U.S. Energy and Employment Report*. https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/01/f34/2017%20US%20Energy%20and%20Jobs%20Report_0.pdf.
- Mitchell, R.B. (2018). Data from Ronald B. Mitchell. 2002-2018. *International Environmental Agreements Database Project*. Version 2018.1. Oregon: University of Oregon. <https://iea.uoregon.edu/> (dernier accès: le 13 février 2018).
- Mitchell, R.B., Clark, W.C., Cash, D.W. et Dickinson, N.M. (dir.) (2006). *Global Environmental Assessments: Information and Influence*. Cambridge, MA: MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/global-environmental-assessments>.
- Mohai, P., Kweon, B.-S., Lee, S. et Ard, K. (2011). Air pollution around schools is linked to poorer student health and academic performance. *Health Affairs* 30(5), 852-862. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2011.0027>.
- Mortensen, L.F. et Petersen, K.L. (2017). Extending the boundaries of policy coherence for sustainable development: Engaging business and civil society. *Solutions* 8(3). <https://www.the-solutions-journal.com/article/extending-boundaries-policy-coherence-sustainable-development-engaging-business-civil-society/>.
- Morton, T. (2009). *Ecology without Nature: Rethinking Environmental Aesthetics*. Cambridge, MA: Harvard University Press. <http://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674034853>.
- Moser, S. et Kleinhückelkotten, S. (2017). Good intents, but low impacts: Diverging importance of motivational and socioeconomic determinants explaining pro-environmental behavior, energy use, and carbon footprint. *Environment and Behavior* 50(6), 626-656. <https://doi.org/10.1177/0013916517710685>.
- Murray, A., Skene, K. et Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics* 140(3), 369-380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>.
- Najam, A., Papa, M. et Taiyab, N. (2006). *Global Environmental Governance: A Reform Agenda*. Winnipeg: Institut international du développement durable. <https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/geg.pdf>.
- Newell, P. et Roberts, J.T. (dir.) (2016). *The Globalization and Environment Reader*. Oxford: Wiley-Blackwell. <https://www.wiley.com/en-us/The+Globalization+and+Environment+Reader-p-9781118964132>.
- Newig, J. et Fritsch, O. (2009). Environmental governance: Participatory, multi-level – and effective? *Environmental Policy and Governance* 19(3), 197-214. <https://doi.org/10.1002/eet.509>.
- Organisation des Nations Unies (2015a). *Transformer notre monde: le Programme de développement durable à l'horizon 2030*. New York. https://unctad.org/meetings/fr/SessionalDocuments/ares70d1_fr.pdf.
- Organisation des Nations Unies (2015b). *Global Sustainable Development Report: 2015 Edition, Advance Unedited Version*. New York. <https://sustainabledevelopment.un.org/globalsdreport/2015>.
- Organisation des Nations Unies (2015c). Programme d'action d'Addis-Abeba issu de la troisième Conférence internationale sur le financement du développement. New York. https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/69/L.82&lang=F.
- Organisation des Nations Unies (2016). *Concepts, Tools and Experiences in Policy Integration for Sustainable Development*. New York. <https://www.un.org/ecosoc/sites/www.un.org.ecosoc/files/publication/desa-policy-brief-policy-integration.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2014). *The Water-Energy-Food Nexus: A New Approach in Support of Food Security and Sustainable Agriculture*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-b496e.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2014). *Culture, créativité et développement durable. Recherche, innovation, opportunités. Déclaration de Florence*. Troisième forum mondial de l'Unesco sur la culture et les industries culturelles. Florence, 2-4 octobre. http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CLT/pdf/FINAL_FlorenceDeclaration_1December_FR.pdf.
- Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2014). *Façonner l'avenir que nous voulons: décennie des Nations Unies pour l'éducation au service du développement durable (2005-2014)*. Rapport final. Paris. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000230302_fr.
- Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2016). *Culture: futur urbain. Rapport mondial sur la culture pour le développement urbain durable*. Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000249572>.
- Organisation pour la coopération et le développement économiques (2011). *Vers une croissance verte*. Paris. https://www.oecd-ilibrary.org/fr/environnement/vers-une-croissance-verte_9789264111332-fr.
- Organisation pour la coopération et le développement économiques (2015a). *Principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau*. Paris. https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/Principes-OCDE-gouvernance-eau_fr.pdf.
- Organisation pour la coopération et le développement économiques (2017a). *Healthy People, Healthy Planet: The Role of Health Systems in Promoting Healthier Lifestyles and a Greener Future*. Paris. <https://www.oecd.org/health/health-systems/Healthy-people-healthy-planet.pdf>.
- Organisation pour la coopération et le développement économiques (2017b). *Investing in Climate, Investing in Growth*. Paris. <http://www.oecd.org/env/investing-in-climate-investing-in-growth-9789264273528-en.htm>.
- Pascual, U., Balvanera, P., Diaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M. et al. (2017). Valuing nature's contributions to people: The IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27, 7-16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006>.
- Pattberg, P. et Widerberg, O. (2015). Theorising global environmental governance: Key findings and future questions. *Millennium: Journal of International Studies* 43(2), 684-705. <https://doi.org/10.1177/0305829814561773>.
- Pattberg, P. et Widerberg, O. (2016). Transnational multistakeholder partnerships for sustainable development: Conditions for success. *Ambio* 45(1), 42-51. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-015-0684-2>.
- Pattberg, P. et Zelli, F. (dir.) (2016). *Environmental Politics and Governance in the Anthropocene: Institutions and Legitimacy in a Complex World*. Londres: Routledge. <https://www.routledge.com/Environmental-Politics-and-Governance-in-the-Anthropocene-Institutions/Pattberg-Zelli/p/book/9781138902398>.
- Patterson, J., Schulz, K., Vervoort, J., Adler, C., Hurlbert, M., van der Hel, S. et al. (2015). *Transformations towards Sustainability: Emerging Approaches, Critical Reflections, and a Research Agenda*. Earth System Governance Working Paper No. 33. Lund: Earth System Governance Project. https://ieaeprints.uea.ac.uk/54624/1/ESG_WorkingPaper_34_Patterson_et_al.pdf.
- Pereira, J.C. (2015). Environmental issues and international relations, a new global (dis)order – the role of international relations in promoting a concerted international system. *Revista Brasileira de Política Internacional* 58(1), 191-209. <https://doi.org/10.1590/0034-7329201500110>.
- Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2015). *Preliminary Guide Regarding Diverse Conceptualization of Multiple Values of Nature and Its Benefits, Including Biodiversity and Ecosystem Functions and Services (Deliverable 3 (d))*. Note by the Secretariat. IPBES/4/INF/13. Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques. Plénière de la quatrième session. Kuala Lumpur, 22-28 février. https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/IPBES-4-INF-13_EN.pdf.
- Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2017). *Progress Report on the Guide on the Production of Assessments (Deliverable 2 (a))*. Note by the Secretariat. IPBES/5/INF/6. Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques. Plénière de la cinquième session. Bonn, 7-10 mars. https://www.ipbes.net/system/tdf/downloads/doc/proc-5-inf-6_doc2file=1&type=node&id=13725.
- Porter, M.E. et van der Linde, C. (1995). Green and competitive: Ending the stalemate. *Harvard Business Review* septembre-octobre. Boston: Harvard Business Publishing. <https://hbr.org/1995/09/green-and-competitive-ending-the-stalemate>.

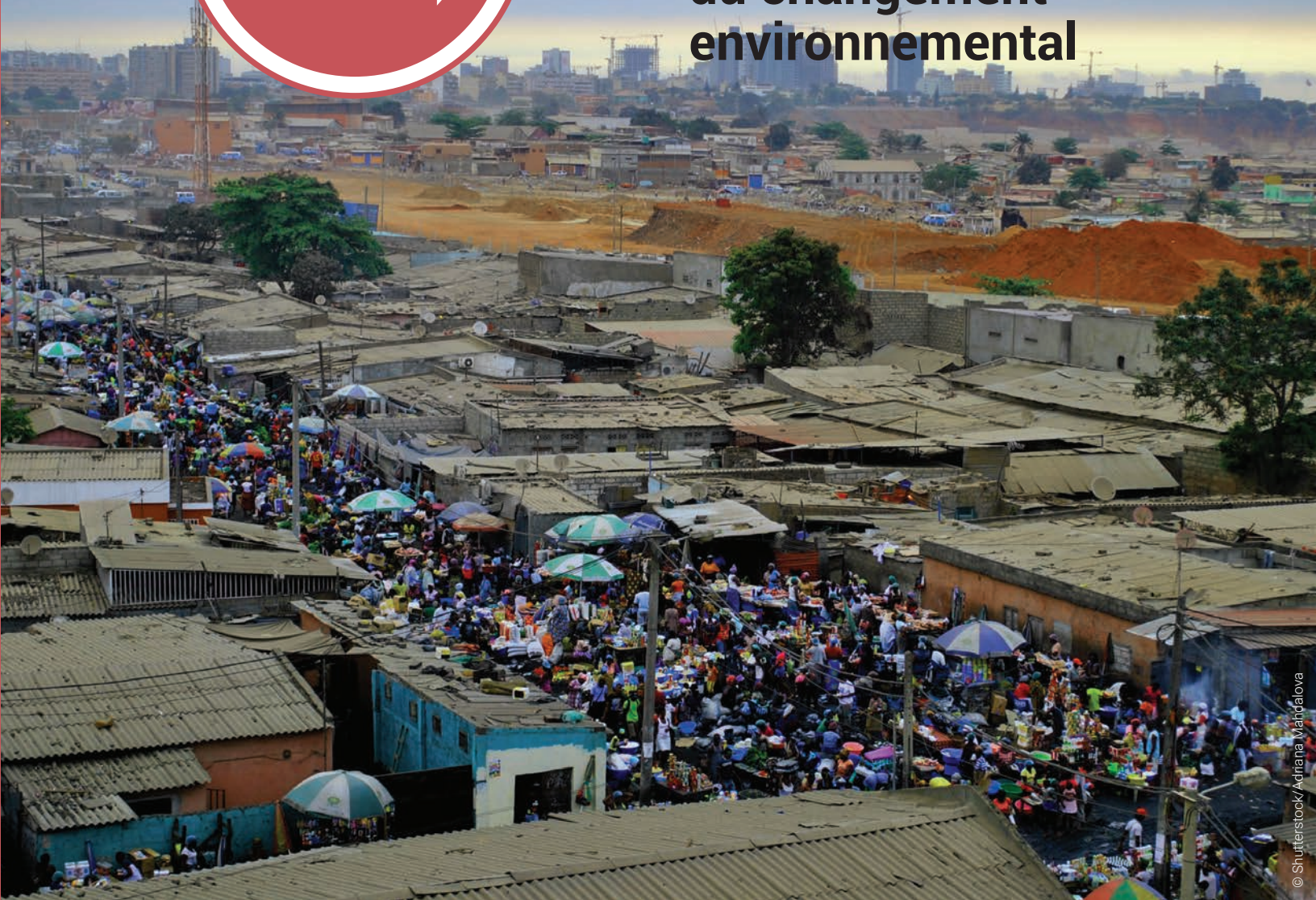


- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2007). *Global Environment Outlook 4: Environment for Development*. Nairobi. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7646/-Global%20Environment%20Outlook%20%204%20\(GEO-4\)-2007768.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7646/-Global%20Environment%20Outlook%20%204%20(GEO-4)-2007768.pdf).
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2011a). *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel*. Fischer-Kowalski, M., Swilling, M., von Weizsäcker, E.U., Ren, Y., Moriguchi, Y., Crane, W. et al. (dir.). Nairobi. <https://www.resourcepanel.org/reports/decoupling-natural-resource-use-and-environmental-impacts-economic-growth>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2011b). *Vers une économie verte: pour un développement durable et une éradication de la pauvreté*. Nairobi. <http://www.comite21.org/reseaux/aderents/a-la-une.htm?id=3329>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2012a). *Global Environment Outlook 5: Environment for the Future We Want*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GEO5_report_full_en.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2012b). *GEO-5: L'avenir de l'environnement mondial. Résumé à l'intention des décideurs*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8057/GEO5_SPM_French.pdf?sequence=10&isAllowed=y.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2015a). *An Introduction to Environmental Assessment*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7557/-An-introduction-to-environmental-assessment-2015An-introduction-to-environmental-assessment-WEB_1.pdf.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2015b). *The United Nations Environment Programme and the 2030 Agenda: Global Action for People and the Planet*. Nairobi. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9851/-The-United-Nations-Environment-Programme-and-the-2030-Agenda-Global-Action-for-People-and-the-Planet-2015EIO-Brochure-WebV.pdf.pdf>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016a). *GEO-6 Assessment for the Pan-European Region*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7735/unep_geo_regional_assessments_europe_16-07513_hires.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016b). *A Framework for Shaping Sustainable Lifestyles: Determinants and Strategies*. Nairobi. http://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/a_framework_for_shaping_sustainable_lifestyles_determinants_and_strategies_0.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016c). *Report on the Implementation of the Integrated Approach to Financing the Sound Management of Chemicals and Waste. Note by the Secretariat*. Nairobi, 23-27 mai 2016. <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17557/K1601889%20INF%2018.docx>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016d). *Delivering on the Environmental Dimension of the 2030 Agenda for Sustainable Development: A Concept Note*. Nairobi. <http://sdgtoolkit.org/wp-content/uploads/2017/02/Delivering-on-the-Environmental-Dimension-of-the-2030-Agenda-for-Sustainable-Development-%E2%80%93-a-concept-note.pdf>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016e). *Global Gender and Environment Outlook*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/14764/Gender_and_environment_outlook_HIGH_res.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2017a). *Towards a Pollution-Free Planet: Background report*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21800/UNEA_towardspollution_long%20version_Web.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2017b). *Guidelines for Conducting Integrated Environmental Assessments*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/16775/IIEA_Guidelines_Living_Document_v2.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2018). *Environment under Review*. Nairobi. <https://www.unenvironment.org/explore-topics/environment-under-review>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement, Programme des Nations Unies pour le développement, Commission économique des Nations Unies pour l'Europe, Regional Environment Center, Organisation pour la sécurité et la coopération en Europe et Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (2013). *Transforming Risks into Cooperation: The Environment and Security Initiative 2003-2013*. Genève. <http://gfmco.org/globalnetworks/seeurope/ENVSEC-Transforming-Risks-into-Cooperation-2003-2013-extract.pdf>.
- Programme des Nations Unies pour le développement (2014). *Governance for Sustainable Development: Integrating Governance in the Post-2015 Development Framework*. New York. <https://www.undp.org/content/dam/undp/library/Democratic%20Governance/Discussion-Paper-Governance-for-Sustainable-Development.pdf>.
- Qasem, I. (2010). *Resource Scarcity in the 21st Century: Conflict or Cooperation?* Centre d'études stratégiques de La Haye et TNO. https://hcss.nl/sites/default/files/files/reports/Strategy_Change_PAPER_03_web.pdf.
- Raskin, P. (2016). *Journey to Earthland: The Great Transition to Planetary Civilization*. Boston: Tellus Institute. <http://www.tellus.org/pub/Journey-to-Earthland.pdf>.
- Raworth, K. (2012). *A Safe and Just Space for Humanity: Can We Live within the Doughnut?* Oxford: Oxfam. <https://www.oxfam.org/en/research/safe-and-just-space-humanity>.
- Réseau stratégique des énergies renouvelables pour le 21^e siècle (2018). *Renewables 2018: Global Status Report*. Paris. <https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/08/Full-Report-2018.pdf>.
- Reuters (2017). *Schools Shut in Iran Capital, Major Cities Due to High Pollution*. <https://www.reuters.com/article/us-iran-pollution/schools-shut-in-iran-capital-major-cities-due-to-high-pollution-idUSKBN1ED12>.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E. et al. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2). <https://doi.org/10.5751/ES-03180-140232>.
- Sastry, N. (2002). Forest fires, air pollution, and mortality in southeast Asia. *Demography* 39(1), 1-23. <https://doi.org/10.1353/dem.2002.0009>.
- Schellnhuber, H.J., Crutzen, P.J., Clark, W.C., Claussen, M. et Held, H. (dir.) (2004). *Earth System Analysis for Sustainability*. Cambridge, MA: MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/earth-system-analysis-sustainability>.
- Scheyvens, H., Shaw, R., Endo, I., Kawasaki, J., Pham, N.-B., Shivakoti, B.R. et al. (2017). *Promoting the Landscape Approach in Asia-Pacific Developing Countries. Key Concepts and Ways Forward*. Hayama: Institute for Global Environmental Strategies. <https://www.iges.or.jp/en/pub/promoting-landscape-approach-asia-pacific/en>.
- Schneidewind, U. (2013). Wandel verstehen: Auf dem Weg zu einer «Transformative Literacy». Dans Weizer, H. et Wiegand, K. (dir.). *Wege aus der Wachstumsgesellschaft*. Francfort-sur-le-Main: Fischer. 115-140. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/4935/file/4935_Schneidewind.pdf.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2014). *Global Biodiversity Outlook 4: A Mid-term Assessment of Progress towards the Implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020*. Montréal. <https://www.cbd.int/gbo4/gbo4/publication/gbo4-en.pdf>.
- Serret, Y. et Johnstone, N. (dir.) (2006). *The Distributional Effects of Environmental Policy*. Paris/Cheltenham: Organisation de coopération et de développement économiques/Edward Elgar. <http://www.oecd.org/env/tools-evaluation/thedistributionaleffectsofenvironmentalpolicy.htm>.
- Siebert, H. (2009). *Economics of the Environment: Theory and Policy*. 7^e éd. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag. <https://www.springer.com/gp/book/9783540737063>.
- Steffen, W. (2000). An integrated approach to understanding Earth's metabolism. *Global Change Newsletter* 41, 9-10. Stockholm: International Geosphere-Biosphere Programme. <http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf>.
- Steffen, W., Crutzen, P.J. et McNeill, J.R. (2007). The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature? *Ambio* 36(8), 614-621. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[614:AAHNO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[614:AAHNO]2.0.CO;2).
- Steffen, W., Persson, Å., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K. et al. (2011). The Anthropocene: From global change to planetary stewardship. *Ambio* 40(7), 739-761. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0185-x>.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M. et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223), 1259855-1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>.
- Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T.M., Folke, C., Liverman, D. et al. (2018). Trajectories of the earth system in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115(33), 8252-8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>.
- Steinebach, Y. et Knill, C. (2017). Still an entrepreneur? The changing role of the European Commission in EU environmental policy-making. *Journal of European Public Policy* 24(3), 429-446. <https://doi.org/10.1080/13501763.2016.1149207>.
- Susskind, L.E. et Ali, S.H. (2015). *Environmental Diplomacy: Negotiating More Effective Global Agreements*. 2^e éd. New York: Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/environmental-diplomacy-9780199397990?cc=ke&lang=en&>.
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity, Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*. Genève. <http://www.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Synthesis%20report/TEEB%20Synthesis%20Report%202010.pdf>.
- Tomás, R. et Li, Z. (2017). Earth observations for geohazards: Present and future challenges. *Remote Sensing* 9(3), 194. <https://doi.org/10.3390/rs9030194>.
- Wackernagel, M., Hanscom, L. et Lin, D. (2017). Making the Sustainable Development Goals consistent with sustainability. *Frontiers in Energy Research* 5(18). <https://doi.org/10.3389/fenrg.2017.00018>.
- Wei, M., Patadia, S. et Kammen, D.M. (2010). Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US? *Energy Policy* 38(2), 919-931. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.044>.
- Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A.G., de Souza Dias, B.F. et al. 2015. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of the Rockefeller Foundation-Lancet Commission on Planetary Health. *The Rockefeller Foundation-Lancet Commission on Planetary Health* 386(10007), 1973-2028. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1).
- Wiesmeth, H. (2012). *Environmental Economics: Theory and Policy in Equilibrium*. Berlin et Heidelberg: Springer-Verlag. <https://www.springer.com/gp/book/9783642245138>.
- Yihdego, Y., Salem, H.S. et Pudza, M.Y. (2017). Renewable energy: Wind farm perspectives – The case of Africa. *Journal of Sustainable Energy Engineering* 5(4), 281-306. <https://www.degruyter.com/view/journals/josee/5/4/article-p281.xml>.
- Zhang, X., Chen, X. et Zhang, X. (2018). The impact of exposure to air pollution on cognitive performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115(37), 9193-9197. <https://doi.org/10.1073/pnas.1809474115>.





Les forces motrices du changement environnemental



Auteurs coordonnateurs : Tariq Banuri (Université de l'Utah), Fernando Filgueira Prates (Centro de Informaciones y Estudios del Uruguay (CIESU), Diego Martino (AAE Asesoramiento Ambiental Estratégico et Université ORT), Indu K. Murthy (Institut indien des sciences), Jacob Park (Green Mountain College) et Dimitri Alexis Zenghelis (London School of Economics)

Auteur collaborateur : Matthew Kosko (Université de l'Utah)

Membre honoraire de GEO : Maria Jesus Iraola Trambauer (University College London)



Synthèse

C'est dans les pays très pauvres, à faible empreinte carbone par habitant et où règne une forte inégalité entre les sexes en matière d'accès à l'éducation, au travail et aux droits sexuels et reproductifs, que la croissance démographique sera la plus forte (*bien établi*)¹. Cette croissance demeurera également élevée dans les pays en situation de dividende démographique précoce ou tardif (la plupart des pays à revenu moyen inférieur ou à revenu moyen supérieur). Ces pays sont également ceux qui ont enregistré les plus fortes hausses de l'empreinte carbone par habitant – et plus généralement de l'empreinte écologique. {2.3.1}²

La population mondiale connaîtra un vieillissement, notamment dans les pays du Sud, elle s'urbanisera et elle vivra dans des ménages de taille réduite (*bien établi*). Dans un scénario de maintien du statu quo, toutes ces tendances contribueront à une hausse des niveaux d'émissions. Cette prévision est valide même si, dans certains cas, les milieux urbains affichent un lien plus étroit entre l'amélioration du bien-être et l'empreinte environnementale. {2.3.3}

La population urbaine mondiale continuera de croître d'ici à 2050 (*bien établi*). Environ 90 % de la croissance des villes sera enregistrée dans les pays à faible revenu, principalement en Asie et en Afrique, les régions du monde où l'urbanisation est la plus rapide. {2.4}

De graves défis sociaux et environnementaux liés à l'urbanisation demeurent irrésolus dans de nombreuses zones urbaines, en particulier, mais non exclusivement, dans les pays du Sud (*bien établi*). Le changement climatique et la croissance urbaine rapide peuvent exacerber ces défis dans les régions et villes qui n'ont pas actuellement la capacité de faire face à ces pressions croissantes. {2.4.1, 2.4.2}

Par ailleurs, la croissance de la population urbaine peut constituer une occasion d'améliorer le bien-être des citoyens, tout en réduisant leur empreinte écologique (*établi, mais incomplet*). On peut donc voir dans les zones en voie d'urbanisation une occasion de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), grâce à une planification et à une conception appropriées de la forme des villes et de l'infrastructure urbaine. {2.4.4}

Par le passé, le développement économique a constitué une force motrice de l'accroissement de la consommation des ressources et de l'exacerbation des dommages causés à l'environnement (*bien établi*). La production de biens faisant l'objet d'échanges internationaux représente environ 30 % des émissions mondiales de CO₂. Cependant, la consommation par les ménages de biens et de services, sur l'ensemble du cycle de vie de ceux-ci, représente environ 60 % de l'impact environnemental total découlant de la consommation (PNUJ, 2010). Le développement économique demeure la priorité politique absolue dans la plupart des pays, du fait de ses avantages matériels et du potentiel qu'il a d'éradiquer la pauvreté, de réduire les inégalités de revenus et de richesses entre les pays et à l'intérieur de ceux-ci, et de mettre en place des scénarios gagnant-gagnant à même de promouvoir l'action collective et la solidarité mondiale. Cependant,

le développement économique doit aller de pair avec une consommation et une production durables. {2.5.1, 2.5.4}

La réalisation des objectifs de développement durable (ODD) nécessitera que les retombées du développement économique durable servent principalement à accroître les capacités, les moyens et les possibilités des personnes les moins favorisées au sein des sociétés (*bien établi*). L'éducation des filles, l'amélioration du statut des femmes et l'élargissement des perspectives qui s'offrent à elles, ainsi que la possibilité pour les pauvres de participer pleinement à la vie de la société, renforceront à la fois la croissance et le développement économiques durables et réduiront l'aliénation ainsi que les conflits dans la société. {2.5.2, 2.5.3}

Les progrès technologiques ont eu des effets aussi bien positifs que négatifs (*bien établi*). Certes, le pétrole et les autres combustibles fossiles ont accéléré le développement économique et amélioré le niveau de vie de milliards de personnes, tant dans les pays industrialisés que dans les pays en développement, mais ils ont également contribué au changement climatique. Cependant, certains modèles économiques technologiques actuels et émergents mettent en place une économie plus circulaire, créent des processus moins gourmands en ressources et accélèrent des cycles d'innovation plus efficaces en termes de ressources. {2.6.1, 2.6.2}

Les progrès technologiques ont engendré des conséquences imprévues, de sorte qu'il est difficile d'établir si ces progrès ont des impacts positifs ou négatifs à long terme (*établi, mais incomplet*). Les analyses scientifiques des questions technologiques échouent souvent à cerner les importants effets négatifs et de rebond des technologies, ainsi que l'enjeu complexe que représente pour les politiques et le marché la diffusion de technologies durables dans les pays en développement. {2.6.3, 2.6.4}

Le changement climatique est devenu une force motrice autonome du changement environnemental et constitue une entrave majeure au développement économique futur (*bien établi*). Indépendamment de l'action humaine, voire de la présence humaine sur la planète, les effets continueront à se produire. Le changement climatique constitue donc un obstacle à la croissance et au développement. {2.7.1, 2.7.2}

Le changement climatique présente des risques pour les sociétés humaines, du fait de ses impacts sur la sécurité alimentaire et hydrique (*établi, mais incomplet*), ainsi que sur la sécurité humaine, la santé, les moyens de subsistance et les infrastructures. Ces risques sont surtout importants pour les personnes tributaires des secteurs des ressources naturelles – telles les communautés côtières, agricoles, pastorales et forestières –, et celles qui sont confrontées à de multiples formes d'inégalité, de marginalisation et de pauvreté sont les plus exposées à ces incidences. {2.7.3}

Le changement climatique amplifiera les risques existants et engendrera de nouveaux risques pour les systèmes naturels et humains (*bien établi*). Les risques sont inégalement répartis ; ils sont généralement plus importants pour les pays en développement (principalement pour les petits États insulaires en développement) et pour les personnes et communautés défavorisées, quel que soit le niveau de développement de leur pays. Le risque d'incidences liées au climat résulte de l'interaction des aléas climatiques avec la vulnérabilité et l'exposition des systèmes humains et naturels, y compris leur résilience et leur capacité d'adaptation. {2.7.4}

¹ Cette évaluation emploie des niveaux de confiance afin d'informer les décideurs de l'étendue des données probantes sur un sujet donné et du niveau de consensus entre ces données. Les divers niveaux de confiance utilisés sont : « *bien établi* » (données abondantes, niveau de consensus élevé), « *non résolu* » (données abondantes, niveau de consensus faible), « *établi, mais incomplet* » (données restreintes, niveau de consensus élevé) et « *non concluant* » (données restreintes ou inexistantes, niveau de consensus faible). Un complément d'information sur l'emploi des niveaux de confiance est donné à l'annexe 1-4.

² Chaque énoncé figurant dans la synthèse d'un chapitre se termine par un renvoi à la sous-section du chapitre où sont présentées l'analyse et les données probantes correspondantes.

Il est très important de limiter les impacts négatifs potentiels sur la durabilité des forces motrices que sont la population, le développement économique et le changement climatique (*établi, mais incomplet*). La question de savoir si ces trois forces motrices catalysent une réponse transformatrice

positive (plutôt que négative) sous forme d'équité sociale, de résilience environnementale et d'éradication de la pauvreté sera probablement déterminée par les effets incertains à long terme des forces motrices que sont l'urbanisation et la technologie. (2.8, **figure 2.23**)





2.1 Introduction et contexte

Le mouvement écologique a connu plusieurs phases. Au départ, il se composait essentiellement de l'école de la conservation, qui mettait l'accent sur la gestion des ressources aussi bien renouvelables que non renouvelables (en particulier, les forêts) au service du développement futur, et de l'école de la préservation, qui percevait la nature comme étant un bien précieux en elle-même (Eckersley, 1992). Outre ces préoccupations économiques et esthétiques, le mouvement écologique moderne s'intéresse désormais davantage au risque, c'est-à-dire au risque que la dégradation de l'environnement fait peser sur la santé et le bien-être de l'homme (Carson, 1962 ; Rees, 1995 ; Guha, 1999 ; Lenton *et al.*, 2008 ; Rockstrom *et al.*, 2009a ; Diamond, 2011). De plus en plus, l'on redoute une éventuelle neutralisation des gains énormes en matière d'espérance et de qualité de vie obtenus depuis la révolution industrielle (GBD 2015 Mortality and Causes of Death Collaborators, 2016 ; Harari, 2017).

Les cinq forces motrices examinées dans le présent chapitre, à savoir : l'évolution démographique, l'urbanisation, le développement économique, les nouvelles forces technologiques et le changement climatique, se sont traduites pour beaucoup de personnes par une expansion sans précédent de leur richesse. Mais elles en ont aussi laissé beaucoup d'autres sur la touche, ce qui laisse présager des problèmes à l'avenir. Si les tendances actuelles en matière d'inégalité se poursuivent, la fraction de 0,1 % de la population la plus riche détiendra davantage de richesses que l'ensemble de la classe moyenne mondiale à l'horizon 2050 (Banque mondiale, 2017).

2.1.1 Aperçu des forces motrices

Comme indiqué à la section 1.6, l'analyse effectuée dans le cadre du rapport GEO-6 utilise le cadre DPSIR : « Forces motrices – Pressions – État [de l'environnement] – Impact [sur l'environnement et le bien-être humain] – Réponse³. Les « forces motrices » sont des forces d'inertie d'origine anthropique – d'ordre social, économique, écologique, technologique et politique. Ce sont des forces d'inertie, en ce sens qu'elles ont leurs propres règles de mouvement et que les inverser nécessiterait du temps et des efforts. Le rapport GEO-5 distinguait deux forces motrices – la population et le développement économique – auxquelles le rapport GEO-6 en ajoute trois autres, à savoir l'urbanisation (précédemment traitée sous la rubrique « population »), la technologie et le changement climatique.

Trois de ces forces motrices – la population, le développement économique et la technologie – sont omniprésentes dans la littérature sur l'approche DPSIR (Nelson, 2005) et correspondent à la subdivision en trois composantes de la consommation humaine globale et, donc, de ce qui est nécessaire pour satisfaire les besoins de survie ainsi que d'autres besoins liés au bien-être.

- ❖ *Population* – Toutes choses étant égales par ailleurs, une population plus nombreuse implique une pression proportionnellement plus élevée sur l'environnement. Dans un tel scénario, la durabilité à long terme est incompatible avec la croissance de la population qui, selon la littérature, se poursuivra à l'échelle mondiale tout au long de ce siècle. Il est donc impératif, à l'heure actuelle, de s'intéresser à la manière dont les principales dynamiques démographiques – notamment les taux de fécondité, le vieillissement des populations, les déplacements et l'inégalité entre les sexes – interagissent à des échelles multiples et ont un impact sur la viabilité de l'environnement.
- ❖ *Développement économique* – Cette notion fait référence à un accroissement du bien-être humain, qui dépend de la consommation de matières et de nombreux autres facteurs,

dont l'environnement. Certes, une forte corrélation a été établie entre le développement économique et la croissance économique dans l'ère moderne, mais les deux concepts sont tout à fait distincts, tant au plan empirique qu'au plan conceptuel. La consommation par habitant devrait continuer de croître dans un avenir prévisible (poussée par l'inachèvement du programme d'éradication de la pauvreté, la satisfaction des besoins de survie et la création de conditions favorables à la recherche de la prospérité). Des modes de consommation durables et économes en ressources sont nécessaires pour dissocier la croissance des effets négatifs sur l'environnement.

- ❖ *Technologie* – Le changement technologique est bien perçu comme une force motrice du changement, à la fois négative et positive. Sur le plan négatif, il offre la possibilité d'accélérer, par des mesures incitatives, l'exploitation des ressources naturelles à des fins humaines ; en temps de crise, les mesures incitatives favorisent fortement l'adoption d'options plus risquées et la suppression ou la réduction au minimum des mesures de sauvegarde. Sur le plan positif, le progrès technologique crée également des options plus efficaces, qui peuvent répondre aux besoins humains à un coût moindre en termes de ressources.

La présente évaluation considère l'urbanisation et le changement climatique comme des forces motrices distinctes, du fait de leur importance dans le changement socio-économique.

L'urbanisation s'est poursuivie tout au long de l'histoire, mais son rythme, son ampleur et son impact se sont fortement accélérés ces dernières décennies. À ce titre, elle constitue une quatrième force motrice, distincte des autres.

De même, le changement climatique est désormais considéré comme une cinquième force motrice, même si, en principe, il pourrait être représenté comme un effet des autres forces motrices. Selon le Cinquième rapport d'évaluation (AR5) (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2014), le monde est sur le point d'entrer dans l'ère du « changement climatique engagé », ce qui signifie que certains effets du changement climatique (telles l'extinction d'espèces et la perte de diversité biologique) sont désormais irréversibles, et ce, indépendamment des mesures d'atténuation ou d'adaptation futures. En d'autres termes, même si toutes les activités humaines venaient à cesser, les effets des changements climatiques continueraient de se manifester au cours des prochains siècles.

Prises ensemble, ces cinq forces motrices entraînent des changements dans les systèmes naturels et sociaux. Ces impacts vont de l'épuisement des ressources à la perte de biodiversité, à la rareté de l'eau, à l'évolution du cycle hydrologique, aux incidences sur la santé, à la dégradation des écosystèmes et à la pollution. En l'absence d'une réponse adéquate, le changement climatique pourrait conduire à un monde prémoderne marqué par la famine, la peste, les guerres et la mort prématurée.

2.2 Changements intervenus depuis la dernière évaluation

Un certain nombre de changements, résumés ci-après, ont été opérés depuis la cinquième évaluation environnementale mondiale (GEO-5).

- ❖ *Population* – Avec une population mondiale estimée à 7,6 milliards d'individus en 2008, les estimations de l'Organisation des Nations Unies (ONU) indiquent que le pic de la population humaine dépassera probablement les prévisions antérieures. Le monde a également connu une hausse du nombre de migrants et de réfugiés, en partie à cause de l'intensification des conflits et de la dégradation accrue de l'environnement. Les autres variables démographiques demeurent conformes aux prévisions.
- ❖ *Urbanisation* – Maintenant qu'a été dépassée la barre symbolique des 50 % de la population vivant dans les zones urbaines, les tendances indiquent que l'exode rural se poursuivra,

³ Il est à noter que le cadre DPSIR a fait l'objet de certaines critiques, notamment au sujet de son omission de l'interdépendance entre les forces motrices. La présente évaluation comprend un examen explicite de cette interaction.



avec une accélération dans les pays du Sud. Cette situation représente à la fois une force motrice qui accentue la pression sur l'environnement et une occasion d'améliorer la durabilité.

- ❖ *Développement économique* – L'économie mondiale se remet lentement de la récession de 2008 ; la persistance de la crise de la dette, l'accroissement des inégalités de revenus et l'instabilité naissante due aux guerres commerciales suscitent des préoccupations. Les principaux facteurs d'équilibre sont le rôle et la contribution croissantes des économies émergentes, ainsi que l'adoption des objectifs de développement durable (ODD), qui constituent une nouvelle aspiration mondiale et une nouvelle orientation pour le développement (section 2.5.1).
- ❖ *Technologie* – La crise environnementale crée des incitations perverses qui amènent les pays et les entreprises à recourir à des options technologiques plus risquées pour l'environnement, notamment la géo-ingénierie et la technologie nucléaire. Toutefois, elle offre également de bonnes incitations à adopter des technologies telles que les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique, le stockage de l'énergie et l'application élargie des technologies de l'information et de la communication (TIC).
- ❖ *Changement climatique* – Comme l'indique le GIEC dans son cinquième Rapport d'évaluation : « Le réchauffement du système climatique est sans équivoque, comme l'attestent l'augmentation observée des températures moyennes de l'air et de l'océan, la fonte généralisée de la neige et des glaces et l'élévation du niveau de la mer. » Le GIEC note également que l'influence humaine sur le système climatique est évidente : « De nombreux aspects des changements climatiques et de leurs répercussions continueront de se manifester pendant des siècles, même si les émissions anthropiques de gaz à effet de serre sont stoppées » (GIEC, 2014, p. 16).

Outre les forces motrices elles-mêmes, il est également nécessaire de mentionner les divers développements politiques survenus depuis la parution du rapport GEO-5. Un certain nombre d'accords mondiaux ont été conclus sur des questions clés pertinentes pour la présente évaluation, notamment un nouveau traité global sur le changement climatique, un accord sur le nouveau programme de développement, y compris l'adoption des ODD, ainsi que des accords sur la mobilisation de financements pour le développement et pour l'action climatique. En outre, plusieurs pays ont adopté des politiques nationales sur la gestion des risques de catastrophe, les énergies renouvelables, l'urbanisation, le transport, l'eau et l'assainissement.

On a également observé ces dernières années un regain d'intérêt pour les technologies capables d'accélérer les avantages sociaux et environnementaux et de donner aux populations, aux institutions et aux communautés des moyens de satisfaire leurs besoins à moindre coût en termes de ressources. La section 2.7 porte sur les interactions

entre les cinq forces motrices sélectionnées et sur la façon dont les actions exercées sur l'une d'elles jouent aussi sur les autres.

2.3 La population

La croissance démographique rapide peut nuire au développement économique au niveau national ; au niveau local, elle est associée à une réduction du statut des femmes et des perspectives qui s'ouvrent à elles (Casey et Galor, 2017 ; Kleven et Landais, 2017). Toutes proportions gardées, une population accrue implique une consommation plus grande, ce qui, à long terme, accentue la pression sur les ressources naturelles. Cette situation se produit en dépit du fait que l'effet à court terme d'une hausse du taux de croissance démographique n'implique pas une hausse du taux de croissance de la consommation ou de l'utilisation des ressources.

Si la plus importante source de pression sur l'environnement vient des pays du Nord et résulte de leur forte empreinte carbone par habitant, en revanche, la croissance démographique rapide des pays du Sud devrait – dans les conditions actuelles – renforcer les



Encadré 2.1 : Relation entre la croissance démographique et le taux de croissance de la consommation et de l'utilisation des ressources

En général, plus le taux de croissance démographique d'un pays est élevé, plus sa population est pauvre, plus son empreinte carbone par habitant est faible et plus son revenu par habitant augmente lentement. Pour cette raison, la croissance démographique n'entraîne pas toujours une augmentation de la consommation ou de l'utilisation des ressources. De plus, la croissance démographique a des liens inextricables avec l'exacerbation des inégalités. L'inégalité est une cause fondamentale à la fois de la croissance rapide de la population et de la dégradation de l'environnement. Pour atténuer la croissance démographique dans les régions à forte croissance, il faut que les populations aient accès à des services de santé reproductive tels que la planification familiale volontaire, ainsi qu'à des possibilités d'éducation et d'emploi.

pressions sur l'environnement et accentuer les inégalités dans le monde. Dans ce contexte, les pays opèrent une transition vers les stades de dividende démographique précoce et tardif.

De même, les taux élevés de croissance démographique freinent le processus de développement. La plupart des pays ayant assuré leur transition vers le statut de pays développés ont connu une réduction spectaculaire de leur taux de fécondité (Sinding, 2009) ; à l'inverse, au niveau de la famille et de l'individu, la pauvreté est généralement corrélée au fait d'avoir beaucoup d'enfants (Gillespie et al., 2007).

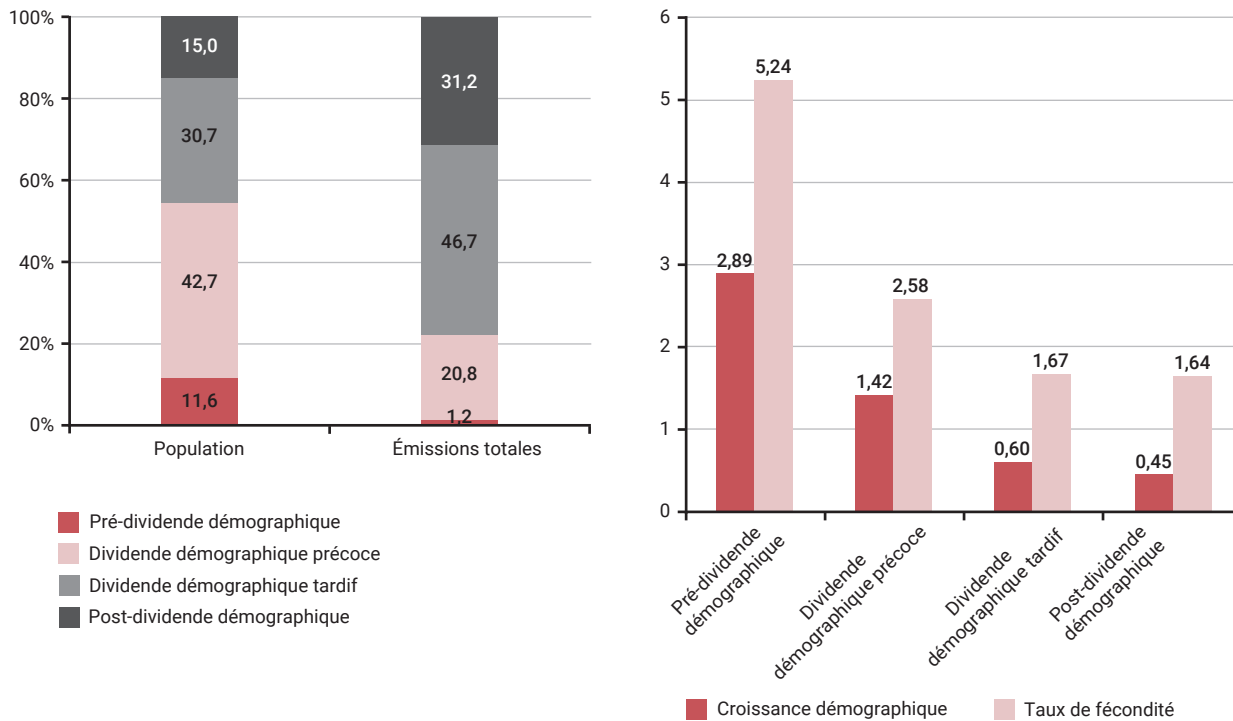


Encadré 2.2 : Le dividende démographique

Le dividende démographique se matérialise lorsque le rapport de dépendance baisse – en raison de la baisse de la fécondité et du fait que la société n'a pas encore vieilli. Les sociétés en situation de post-dividende démographique sont celles qui commencent déjà à accroître leur rapport de dépendance, tiré désormais par les personnes âgées. Les pays qui profitent actuellement d'un dividende démographique – également appelé fenêtre d'opportunité démographique – tirent profit de l'accroissement du nombre de personnes en âge de travailler (15 à 64 ans), de la baisse du nombre d'enfants à charge (0 à 14 ans) et du petit nombre de personnes âgées (64 ans et plus). En termes schématiques, les pays en situation de pré-dividende démographique sont les plus pauvres, les pays en situation de dividende précoce sont les pays à revenu moyen inférieur, et les pays en situation de dividende tardif sont pour la plupart des pays à revenu moyen supérieur. Les pays en situation de post-dividende sont presque tous des pays riches, sauf quelques pays à revenu moyen supérieur issus de l'ancien bloc socialiste. Les pays en situation de pré-dividende ou de dividende précoce devraient voir leur population croître assez sensiblement; les sociétés en situation de dividende tardif devraient continuer de croître, mais de manière plus modérée, et les sociétés en situation de post-dividende verront leur population s'accroître à un rythme beaucoup plus lent dans les années à venir ; dans certains cas, leur population absolue pourrait même décliner et le nombre de leurs personnes âgées continuer de s'accroître. Les pays en situation de pré-dividende et de dividende précoce ont une empreinte carbone par habitant et un PIB relativement faibles. Or, comme on peut le voir dans le présent chapitre, les pays en situation de dividende précoce ou tardif (où on devrait s'attendre à ce que la population et le PIB augmentent de pair) ont considérablement accru leur empreinte carbone par habitant.



Figure 2.1 : Population, émissions et fécondité à l'échelle mondiale



Source : Élaboration des auteurs basée sur Banque mondiale (2017). <https://data.worldbank.org/products/wdi>.

Enfin, les pays à forte croissance démographique se caractérisent souvent par des conditions défavorables pour les femmes, notamment un manque d'accès à l'éducation et aux services de santé, un taux d'alphabétisation et une espérance de vie faibles, des taux de mortalité maternelle et infantile élevés, des obstacles considérables à l'intégration dans la population active et d'autres facteurs discriminatoires (Iversen et Rosenbluth, 2010).

La santé sexuelle et reproductive est souvent considérée comme un droit universel. Bien qu'aucun droit humain ne soit formulé en ces termes, aux dires du Fonds des Nations Unies pour la population (FNUAP) : « À l'heure actuelle, aucun pays ne peut se vanter d'être entièrement inclusif et de garantir à chacun une protection et des perspectives égales, ainsi que le plein exercice de ses droits fondamentaux – pas même les pays considérés comme les plus riches et les plus développés » (FNUAP, 2017, p. 10). Non seulement les inégalités sur le plan de la santé sexuelle et reproductive et les inégalités économiques sont fortement corrélées, mais la littérature démontre également qu'elles pourraient se renforcer mutuellement (FNUAP, 2017). Les femmes démunies, en particulier les moins instruites qui vivent en milieu rural, sont parfois les moins aptes à accéder aux services de santé sexuelle et reproductive. Le manque d'accès à ces services, notamment la contraception, expose les femmes à un risque accru de grossesse non désirée, ce qui exacerbe les risques pour la santé et entraîne des répercussions économiques négatives tout au long de la vie pour ces femmes et pour leurs enfants (FNUAP, 2017).

Les effets de la croissance démographique sur l'environnement découlent non seulement de la consommation et de l'utilisation des ressources naturelles, mais également de l'impact de cette croissance sur d'autres facteurs tels que la pression qu'elle exerce sur la gouvernance, ses effets sur la probabilité de conflit lié aux ressources limitées et son incidence sur l'urbanisation rapide et non planifiée (Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2016).

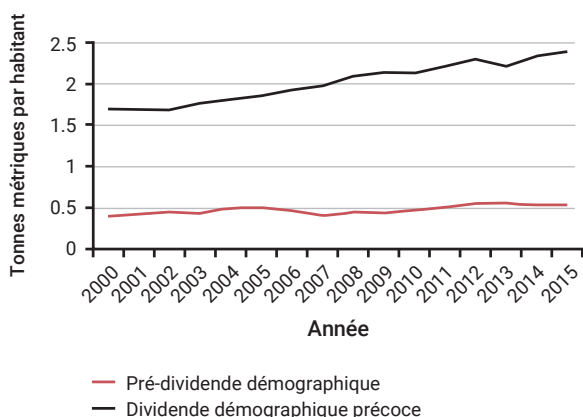
Prenons par exemple l'expérience de l'Amérique latine, l'une des régions où les inégalités sont les plus fortes et où l'urbanisation et la création de mégapoles se sont manifestées à un rythme bien trop rapide pour que les systèmes de gouvernance puissent y faire face. Les inégalités qui en ont résulté au sein de ses milieux urbains dysfonctionnels ont rendu ceux-ci ségrégués, peu sûrs et violents ; elles les ont privés de ressources publiques, freinant leur croissance économique, réduisant les espaces civiques, fragilisant les biens publics et les biens d'intérêt, et compromettant la qualité et la disponibilité des services collectifs (Filgueira, 2014). Cet état de fait renforce l'inégalité en encourageant les solutions privées et isolées en matière de loisirs, d'éducation, de sécurité, de transport et de logement.

L'analyse ci-après, qui met essentiellement l'accent sur les tendances démographiques mondiales et leurs effets mondiaux sur la viabilité de l'environnement, est assortie d'un examen des impacts aux niveaux sous-régional, national et local.

Les tendances escomptées indiquent que les taux de croissance de la population mondiale ralentiront, mais qu'ils demeureront positifs dans toutes les régions sauf en Europe, au moins jusqu'en 2040, et ce, même selon les estimations les plus prudentes (ONU, 2017). Cette tendance signifie que la croissance démographique demeurera assez forte dans plusieurs régions en développement. Ces régions connaîtront également une hausse rapide de leur produit intérieur brut (PIB) et de la consommation par habitant, au regard des tendances historiques et des projections admises. L'augmentation rapide de l'empreinte carbone par habitant des pays se trouvant à mi-parcours de la transition démographique (en situation de dividende démographique précoce ou tardif) illustre clairement les effets probables d'une forte croissance démographique sur les émissions globales de CO₂ dans les circonstances actuelles (figure 2.2).

Les migrations déplaceront probablement une grande partie de la population née dans des zones à faible empreinte carbone

Figure 2.2 : Émissions par habitant sur la base des données démographiques



Source : Élaboration des auteurs basée sur Banque mondiale (2017). <https://data.worldbank.org/products/wdi>.

par habitant (zones rurales, pays du Sud) vers des zones à empreinte carbone plus élevée (O'Neill *et al.*, 2012 ; OCDE, 2016). Ces changements peuvent accroître l'efficacité de la production de carbone par unité de production (la technologie ou l'agglomération réduit la pression à un niveau de bien-être donné). Toutefois, ils entraînent également une hausse de la consommation et, par conséquent, des émissions globales de CO₂.

Enfin, la population mondiale, qui continue à croître, est appelée à vieillir, et elle vit et vivra dans des ménages de taille restreinte (Dalton *et al.*, 2008 ; O'Neill *et al.*, 2012 ; ONU, 2017).

Ces tendances impliquent – en moyenne et, encore une fois, toutes proportions gardées – une hausse de l'empreinte carbone par habitant. Dans la plupart des cas, cette logique simplifiée de la croissance démographique, de la dynamique des populations et de l'augmentation des émissions de carbone (en supposant un scénario de maintien du statu quo – voir le chapitre 21) s'applique également aux niveaux national et local et à d'autres variables environnementales telles la pollution de l'eau et de l'air, la dégradation des sols, la désertification et la déforestation.

Il convient de souligner que la dynamique des populations et la croissance démographique ne conduisent pas en elles-mêmes à une voie écologique non durable. Cette voie résulte plutôt de la croissance démographique qui s'accompagne des modèles de consommation et de production actuels. La consommation et la production non durables sont toutes deux largement alimentées par une inégalité accrue. Tant au sein des pays qu'entre eux, l'inégalité demeure l'un des plus grands obstacles à la durabilité environnementale (Chancel et Piketty, 2015 ; Oxfam, 2015).

Deux effets néfastes allant à l'encontre de la durabilité résultent directement de l'accentuation des inégalités :

1. Du fait de la répartition très inégale des ressources, le niveau de croissance nécessaire pour sortir les populations de la pauvreté est beaucoup plus élevé qu'il ne le serait avec une répartition plus égalitaire (Ravallion, 2001 ; Bourguignon, 2002 ; Banque mondiale, 2004). Autrement dit, l'existence des plus démunis pourrait s'améliorer sans qu'une forte hausse du taux de croissance mondial soit nécessaire, si la répartition de ces gains était plus équitable.
2. Une forte inégalité est associée à une préférence pour la surconsommation de biens privés et de biens de position,

ce qui fragilise les biens publics et les biens d'intérêt (López et Palacios, 2014 ; Samaniego *et al.*, 2014).



Comme les biens publics et les biens d'intérêt sont en général associés à une consommation collective et à des coûts marginaux moins élevés par unité consommée et que leur production repose sur des économies d'échelle, ils sont beaucoup plus efficaces que les biens privés et les biens de position pour ce qui est de l'empreinte environnementale nécessaire à leur production et à leur consommation. En particulier, l'urbanisation progressive des sociétés offre une occasion unique d'accroître les biens collectifs (qu'ils soient publics ou d'intérêt) tels que les transports publics, les services communs, les espaces verts pour les loisirs, les pistes cyclables pour la mobilité, et la préparation collective d'aliments dans les écoles et les milieux de travail fonctionnant à temps plein (Samaniego *et al.*, 2014). Un repas collectif, un autobus, une bicyclette ou un parc public satisfont des besoins (de mobilité, d'alimentation, de loisir) en produisant une empreinte nettement plus faible qu'un véhicule particulier, un repas individuel ou un centre commercial fermé (Jorgenson *et al.*, 2015). Pourtant, une forte inégalité conduit précisément à privilégier les biens et services privés plutôt que ceux-là, du fait de la peur, de la fragmentation, de la concurrence de statut et de la ségrégation.

Vu que la croissance démographique et d'autres dynamiques démographiques (l'urbanisation, la réduction de la taille des ménages et le vieillissement des populations) sont inévitables, il est essentiel de dissocier ces tendances des pressions non durables sur l'environnement, en modifiant les modes de consommation et de production actuels.





2.3.1 Croissance et composition de la population mondiale

On peut prédire avec confiance quatre tendances, qui se déclinent comme suit : la population mondiale continuera de croître (au moins jusqu'en 2050 ; **figure 2.3**) ; l'âge moyen augmentera ; les populations s'urbaniseront davantage ; la taille des ménages diminuera (ONU, 2015a). Ces tendances sont les résultats inévitables des processus sous-jacents suivants : l'industrialisation ; la révolution technologique agricole et les modes de propriété foncière connexes ; le passage des ménages élargis aux ménages nucléaires ; la baisse spectaculaire de la mortalité due à la transition épidémiologique (Lopez et Murray, 1996 ; GBD 2015 Mortality and Causes of Death Collaborators, 2016).

Les changements de politique et de comportement pourraient modérer le rythme auquel ces mutations se produiront, mais non les inverser. Toutes choses étant égales par ailleurs, la réduction de la taille des ménages, l'urbanisation et le vieillissement accroîtront l'impact environnemental par habitant. Étant donné que ces tendances sont inévitables – à un degré plus ou moins important –, il n'y a que trois lignes de conduite possibles.

1. Lorsque cela est possible et souhaitable, on peut modérer ces tendances. Par exemple, la baisse de la fécondité (découlant de l'élargissement de l'accès à la contraception et de l'amélioration de l'autonomisation économique et sociale des femmes) a un effet positif sur le développement économique, l'atténuation des inégalités, la lutte contre la pauvreté et la réduction de la pression sur l'environnement.
2. Éviter les poussées rapides d'urbanisation non planifiée dues à l'expulsion des populations rurales offre un scénario

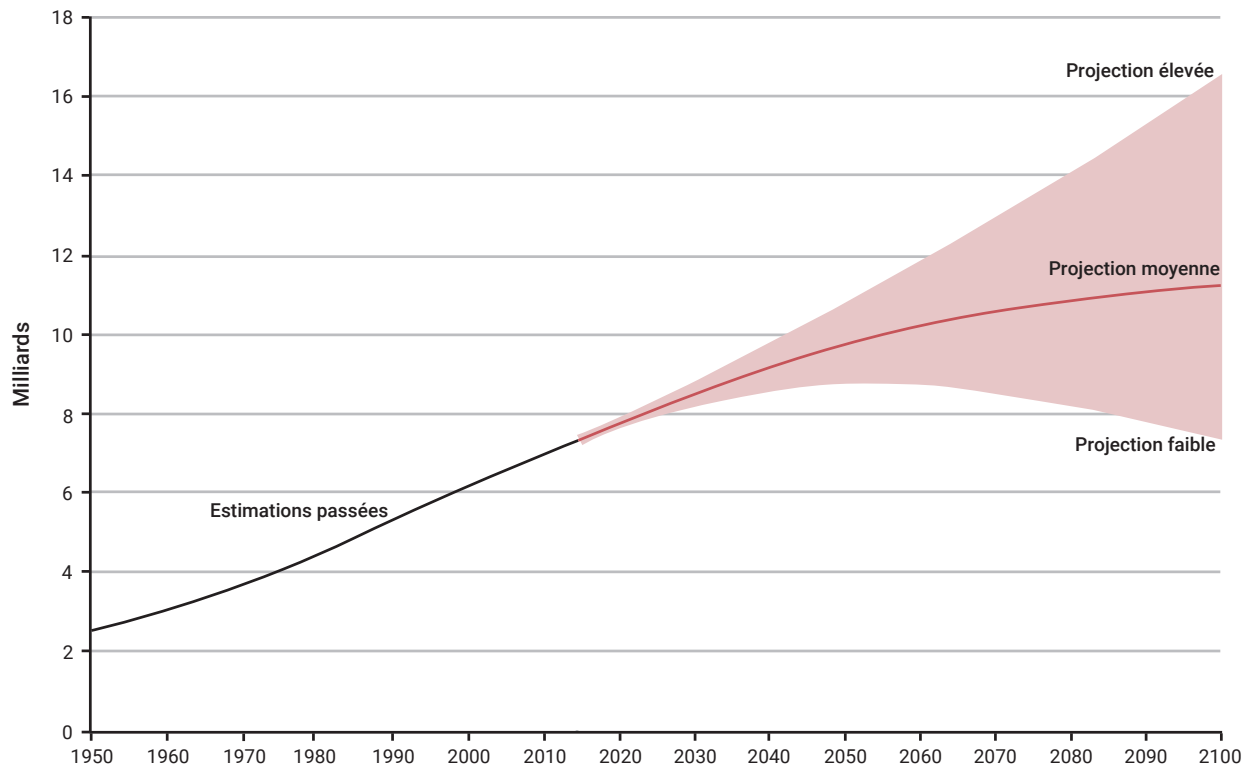
gagnant-gagnant, ce qui permet d'avoir des trajectoires nationales et des processus d'urbanisation plus équilibrés et plus favorables au bien-être, lesquels pourraient favoriser les villes vertes et améliorer la connectivité des écosystèmes (l'expulsion des populations rurales est due, entre autres causes, au sous-investissement dans les techniques agricoles durables et à la surexploitation entraînant l'épuisement des ressources naturelles).

3. Les modes de consommation et de production demeurent très inefficaces en ce qui a trait à la production de CO₂ et à d'autres pressions sur l'environnement. Les innovations en matière de technologie dure et douce (les substituts aux sources d'énergie fossile, la gestion des sols, la planification urbaine, les services de soins collectifs dans les centres urbains, les transports publics, etc.) peuvent modifier radicalement l'élasticité de la consommation et de la production par rapport aux unités de pression sur l'environnement.

2.3.2 Estimations de la croissance démographique

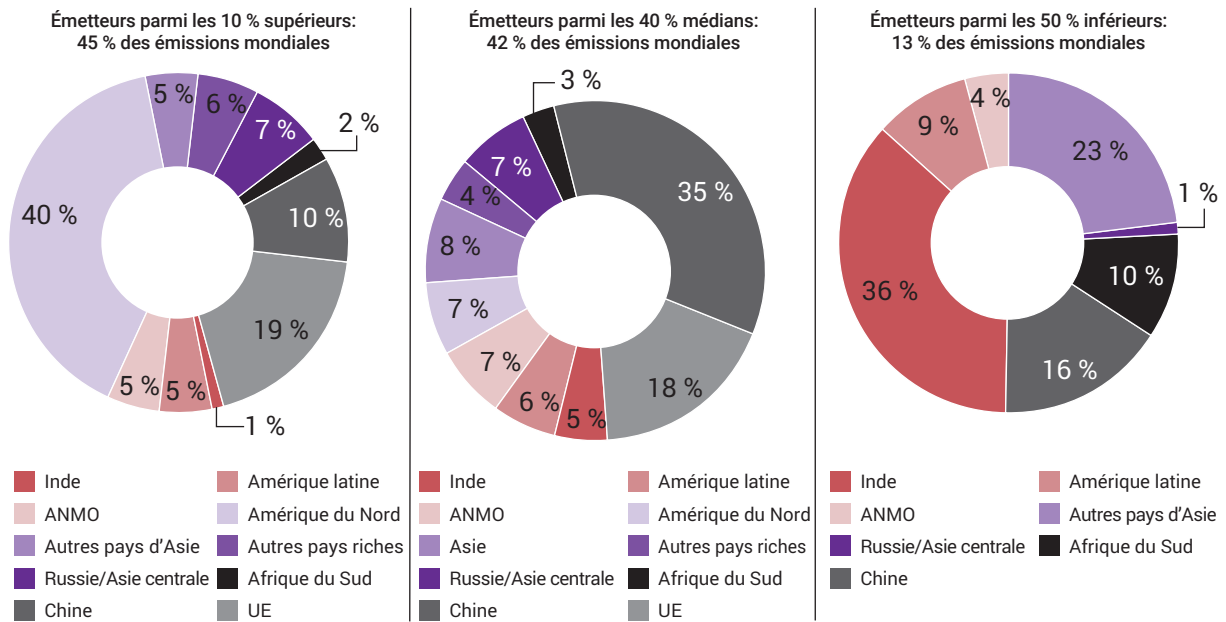
En 2017 (ONU, 2015a), la population mondiale totale était de 7,55 milliards d'habitants et son taux de croissance annuel de 1,10 % était inférieur à celui de la décennie précédente, qui avait été de 1,24 %. Selon les projections moyennes de la fécondité, il y aura 8,55 milliards de personnes en 2030 et près de 10 milliards (9,77 milliards) à l'horizon 2050. Toutefois, toute prévision portant sur un siècle à venir s'accompagne d'importantes réserves. Selon le rythme de la baisse des taux de fécondité, la population mondiale pourrait atteindre 13,2 milliards d'habitants d'ici la fin de ce siècle ou 9,4 milliards d'habitants d'ici le milieu du siècle et pourrait osciller autour de ces niveaux jusqu'en 2100 (voir la section 21.3.1).

Figure 2.3 : Projections de la population mondiale



Source : FNUAP (2017).

Figure 2.4 : La répartition inégale de la consommation et des pressions connexes sur l'environnement entre les nations



Note : Afin de mieux représenter la contribution des différents groupes d'émetteurs aux émissions totales de CO₂, les données de chaque pays sont subdivisées en trois groupes d'émetteurs de CO₂: les 10 % supérieurs, les 40 % médians et les 50 % inférieurs. Pour chacun de ces groupes, le graphique présente la proportion d'émissions provenant de chaque région du monde.

Source : Chancel et Picketty, 2015.

Les points clés à retenir de cette projection sont les suivants :

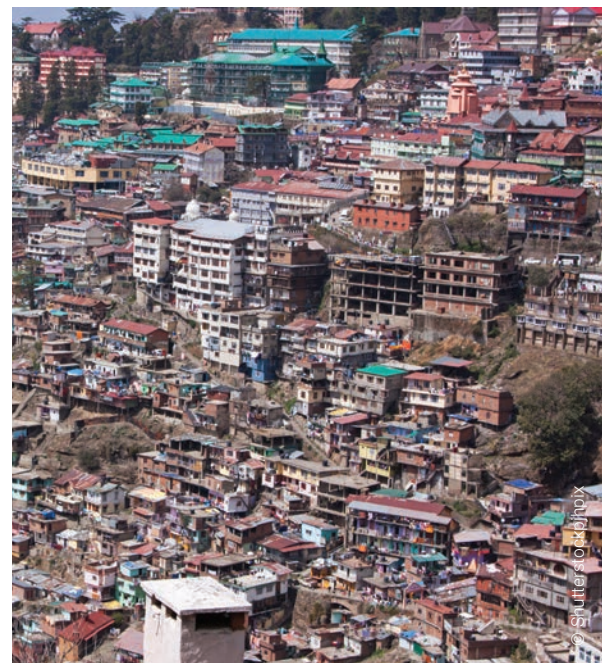
- la population continuera à croître au moins jusqu'au milieu du siècle et peut-être au-delà ;
- des incertitudes importantes existent quant aux tendances à long terme ;
- la régulation démographique ne réagit pas directement à l'intervention politique, mais plutôt, indirectement, aux politiques qui, par exemple, réduisent le taux de fécondité grâce au contrôle exercé par les femmes sur les choix en matière de reproduction.

La croissance démographique est liée au nombre de naissances et de décès au cours d'une année donnée, et ceux-ci dépendent à leur tour de trois facteurs interdépendants, à savoir : la fécondité, la mortalité et la structure de la population par âge et par sexe. Ces trois derniers facteurs sont liés respectivement au comportement humain, à l'état de santé et à l'inertie démographique. Bien que les structures par âge et par sexe évoluent lentement, il existe des incertitudes quant au rythme de diminution des taux de fécondité, ainsi qu'aux tendances futures des taux de mortalité. En outre, si les changements de comportement en matière de fécondité se traduisent par une baisse du taux de croissance démographique, ils ne le font qu'à terme, après des décalages considérables.

Les taux de mortalité baissent rapidement dans la quasi-totalité des pays en développement. Mais les taux de fécondité, eux, demeurent élevés dans le groupe des pays les moins avancés, où la moyenne est supérieure à quatre enfants par femme, soit près de deux fois le seuil de remplacement de la population, qui est de 2,1 enfants (FNUAP, 2017). Les taux de fécondité peuvent certes réagir aux politiques de genre, mais si les technologies médicales émergentes entraînent un allongement spectaculaire de l'espérance de vie, la croissance démographique se rapprochera des estimations les plus élevées et le vieillissement de la population mondiale sera beaucoup plus prononcé.

2.3.3 Composition et répartition de la population

De plus en plus de données probantes font état d'interactions complexes entre, d'une part, l'environnement et, de l'autre, la répartition et la composition de la population (l'âge, la résidence en milieu urbain ou rural, la structure des ménages) (voir Jiang et O'Neill, 2007 ; Dalton *et al.*, 2008 ; O'Neill *et al.*, 2012 ; Liddle, 2014).





La croissance démographique est inégalement répartie sur la planète et au sein des nations, en raison des écarts au niveau des tendances de fécondité et des tendances migratoires. Les pays ayant un taux de fécondité élevé, une population jeune et un taux de mortalité en forte baisse connaîtront une croissance plus rapide que les autres. Dans les décennies à venir (**figure 2.5**), au regard des tendances actuelles, l'Afrique devrait enregistrer la croissance la plus rapide, suivie de l'Asie, de l'Amérique latine, de l'Amérique du Nord, de l'Océanie et de l'Europe (ONU, 2015b ; ONU, 2017).

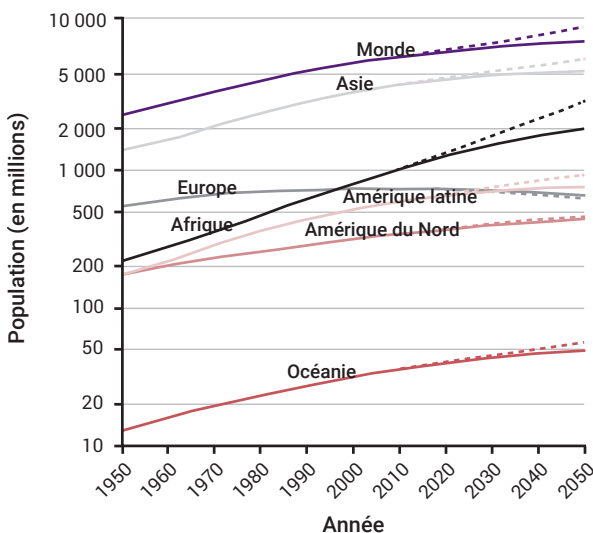
L'incidence de la croissance naturelle de la population est partiellement atténuée par les tendances migratoires, qui entraîneront des déplacements de populations des régions peu développées vers les régions plus développées, et des zones rurales vers les zones urbaines (OCDE, 2016). Le rythme des migrations s'est accéléré depuis 50 ans et continuera de s'accroître au cours des 30 prochaines années (Massey et Taylor, 2004 ; Organisation internationale pour les migrations [OIM], 2015). Ce phénomène est dû à la persistance des facteurs de répulsion et d'attraction sous-jacents :

- ❖ les effets de répulsion des inégalités mondiales, de la pauvreté et des régions ravagées par les conflits ;
- ❖ les effets d'attraction, tels que les communautés de migrants déjà établies dans des régions plus développées attirant parfois d'autres personnes issues de régions moins développées.

Les migrations internationales Sud-Sud se sont également accrues selon les mêmes tendances que les migrations des pays du Sud vers ceux du Nord (Hugo et Piper, 2010). Dans bien des cas, la migration est en fait favorisée par la dégradation de l'environnement, qui rend la vie insoutenable dans les lieux d'origine (Leighton, 2006).

La migration tend à freiner la croissance démographique, car les données montrent que les migrants ont généralement un taux de fécondité plus faible dans leur nouveau contexte (Majelantle et Navaneetham, 2013). L'incidence nette sur l'environnement peut toutefois être négative, étant donné que les migrants accèdent à des niveaux de revenu et de consommation plus élevés que dans leur milieu précédent. Compte tenu du fait que l'un des objectifs du développement et de la migration est de réduire la pauvreté, la hausse des revenus et celle de la consommation constituent des effets souhaitables.

Figure 2.5 : Répartition et composition de la population mondiale



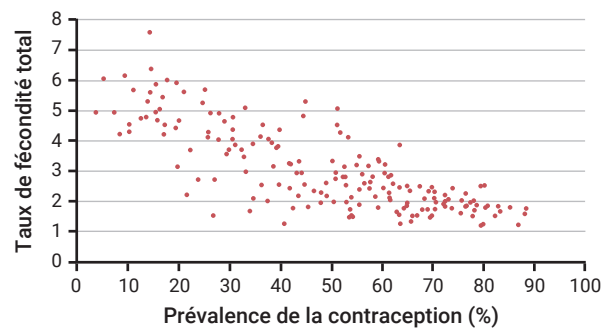
Source : FNUAP (2017).

L'accroissement de la consommation de ressources par habitant n'est peut-être pas le seul effet de la migration sur l'environnement et les ressources naturelles ; il peut également y avoir des changements dans l'utilisation efficace des ressources – par exemple, l'utilisation d'énergie et de matériaux par unité de consommation pourrait diminuer.

2.3.4 Des programmes axés sur la population aux programmes axés sur l'égalité des sexes et l'autonomie des femmes

Les programmes axés sur la population, qui constituaient une priorité politique majeure dans les années 1960 et 1970, ont depuis lors été abandonnés dans de nombreux pays, même si leurs avantages sont largement reconnus (FNUAP, 2017). Leur déclin s'explique en partie par la violation systématique des droits fondamentaux que certains de ces programmes entraînaient au travers de stérilisations de masse ou de politiques forcées et coercitives limitant les choix des femmes en matière de reproduction.

Figure 2.6 : Prévalence de la contraception et fécondité totale



Source : Élaboration des auteurs basée sur Banque mondiale (2017). <https://data.worldbank.org/products/wdi>.

La Conférence internationale des Nations Unies sur la population et le développement, tenue au Caire en 1994, et la Conférence des femmes qui a eu lieu à Beijing en 1995 ont contribué à l'idée que les politiques démographiques devraient respecter les droits des femmes et leurs choix, en remplaçant les objectifs démographiques par une approche fondée sur les droits, qui place le contrôle de la reproduction entre les mains des femmes. Il ne fait guère de doute que les politiques démographiques existantes en Afrique, en Asie et dans certaines parties de l'Amérique latine peuvent contribuer de manière significative à modérer le taux de croissance démographique tout en respectant l'égalité des sexes et en promouvant l'autonomie des femmes. En retour, cette démarche semble susceptible de contribuer à une croissance économique plus robuste, grâce à une participation accrue de la main-d'œuvre féminine à l'économie de marché et à une amélioration de la santé des mères et des enfants (FNUAP, 2017).

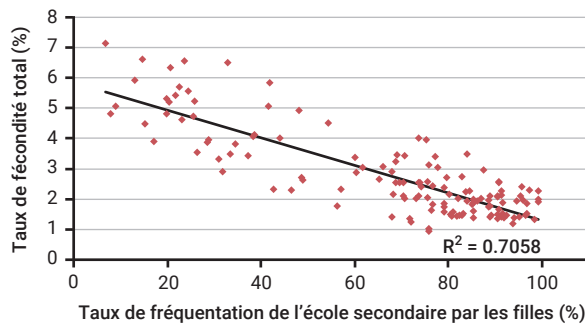
Ces politiques intègrent une série de mesures, notamment l'accès aux méthodes contraceptives modernes (**figure 2.6**), l'amélioration de l'accès des femmes et des hommes à la planification familiale volontaire et aux autres services de santé reproductive, l'investissement dans l'éducation des femmes, la suppression des obstacles à la participation des femmes au marché du travail, l'instauration de sanctions judiciaires pour les pratiques discriminatoires associées aux comportements patriarcaux traditionnels, et l'investissement dans le progrès social et économique des régions les moins développées de chaque pays et de l'ensemble des pays en développement.



2.3.5 Le genre et l'éducation

Il est établi que le fait de placer les choix de reproduction autant que faire se peut entre les mains des femmes a un impact indéniable sur le moment de la conception et sur le nombre de grossesses (FNUAP, 2017 ; Entité des Nations Unies pour l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes [ONU-Femmes], 2017). L'accès à l'éducation et à l'emploi, entre autres, a une incidence sur cette situation. Le manque d'accès des femmes à l'éducation et aux perspectives d'emploi constitue l'un des principaux facteurs contribuant aux taux de fécondité élevés. Dans les pays les moins avancés, où les taux de fécondité sont les plus élevés, le taux d'accès des filles à l'éducation a tendance à être extrêmement bas. Ces liens de causalité sont bidirectionnels (figure 2.7).

Figure 2.7 : Taux de fréquentation de l'école secondaire par les filles et taux de fécondité total



Source : Earth Policy Institute (2011)

2.3.6 L'inégalité, la migration et les villes

L'inégalité entre le Nord et le Sud et l'inégalité à l'échelle internationale en général constituent une force motrice majeure des flux migratoires. Il est établi que le fait de combler les écarts en matière de bien-être sur le plan international et de promouvoir la croissance dans les pays du Sud contribue à modérer les flux migratoires, ce qui peut produire des trajectoires d'amélioration du bien-être plus lentes et, en définitive, moins émettrices de CO₂.

De même, les migrations à l'intérieur d'un même pays sont stimulées par les inégalités, en particulier entre les zones rurales et les zones urbaines, ce qui entraîne une urbanisation rapide – et parfois ingérable d'un point de vue environnemental. Là encore, un soutien adéquat au développement des zones rurales contribue à atténuer ces pressions (OIM, 2015)⁴.

2.4 L'urbanisation

L'urbanisation (également analysée en tant que question transversale à la section 4.2.5 du présent rapport) constitue un canal distinct par lequel les tendances démographiques influent sur les ressources environnementales. Les faits concernant l'urbanisation sont bien connus. Les zones urbaines ont des revenus et une consommation élevés, un bon accès au pouvoir politique, des taux de croissance économique plus élevés et, par habitant, elles exercent une forte pression sur les ressources naturelles. Par ailleurs, les villes affichent une efficacité accrue dans l'utilisation des ressources par unité de revenu généré et un bon potentiel d'efficacité énergétique (Dodman, 2009 ; Bettencourt

et West, 2010 ; Barrera, Carreón et de Boer, 2018 ; Cottineau et al., 2018). Elles sont également les moteurs de la croissance économique. Aucun pays n'est passé du statut de pays pauvre à celui de pays à revenu moyen sans avoir connu une période d'urbanisation rapide. Gérée efficacement, l'urbanisation peut cependant contribuer à une réalisation efficace et durable des ODD. Enfin, l'urbanisation est généralement associée à une baisse des taux de fécondité (Martine, Alves et Cavenaghi, 2013).

Un peu plus de la moitié de la population mondiale vit actuellement en milieu urbain, une proportion qui devrait atteindre 60 % à l'horizon 2030 et 66,4 % à l'horizon 2050 (Brenner et Schmid, 2014 ; ONU, 2014 ; Melchiorri et al., 2018). Il convient de noter que les zones urbaines sont définies différemment de par le monde, de sorte que les informations de l'ONU sont tirées de sources de données hétérogènes. En se fondant sur une définition harmonisée des zones urbaines au niveau mondial, qui combine des caractéristiques démographiques et des grilles de densité, Melchiorri et al. (2018) estiment la population urbaine mondiale à 85 % en 2015. D'autres conceptions de la condition urbaine (Brenner et Schmid, 2014), qui peuvent tirer parti de ces nouvelles méthodologies et d'une analyse des ramifications transfrontalières des villes (section 4.2.5), pourraient constituer un outil important pour l'analyse des politiques et la gouvernance environnementale.

Environ 90 % de la croissance des villes se produira dans les pays à faible revenu (Programme des Nations Unies pour les établissements humains [ONU-Habitat], 2014). L'Afrique est la région du monde qui s'urbanise le plus rapidement, tandis que ce sont les villes européennes qui ont enregistré la croissance la plus faible de 1995 à 2015 (ONU-Habitat, 2016). Le facteur critique expliquant ces tendances n'est ni la fécondité ni la structure par âge (respectivement plus faible et plus vieille dans les zones urbaines), mais plutôt la migration (ONU-Habitat, 2016).

Les prochaines décennies seront cruciales. Il a fallu 200 ans pour que la proportion urbaine de la population mondiale passe de 3 % à 50 %, pour atteindre 3,5 milliards de personnes en 2010 (ONU, 2014). Cette population devrait plus que doubler au cours de notre siècle, mais au cours des siècles qui suivront, nous pourrions ajouter, tout au plus, environ un autre milliard de personnes. Cet état de fait rend l'ère actuelle d'urbanisation mondiale considérable, certes, mais également brève (Fuller et Romer, 2014). Les choix en matière d'investissement et de conception des villes nouvelles et existantes influent effectivement sur les infrastructures, les technologies, les institutions et les modèles de comportement qui détermineront le fonctionnement de nos villes et le devenir de la planète dans un avenir prévisible. On peut donc penser qu'il existe une marge de manœuvre très étroite pour aider à planifier et à concevoir cet avenir. L'infrastructure mondiale fera plus que doubler au cours des 20 prochaines années (Bhattacharya et al., 2016).

2.4.1 La confrontation des villes de tailles différentes à des défis différents

Le modèle de l'urbanisation est également pertinent pour comprendre à la fois son potentiel de croissance et son impact sur les ressources naturelles. Au premier plan de l'urbanisation se trouvent les mégalo-poles, définies par l'ONU-Habitat comme étant des villes de plus de 10 millions d'habitants (ONU-Habitat, 2016, p. 7), dont la plupart sont situées dans le Sud. En 1990, on dénombrait 10 mégalo-poles abritant 153 millions d'habitants, soit 7 % de la population urbaine totale. Dès 2014, on en dénombrait 28, abritant 453 millions d'habitants, soit 12 % de la population urbaine totale (ONU, 2014). En 2016, on comptait 31 mégalo-poles, dont 24 situées dans les régions les moins développées ou dans les régions du Sud. Au nombre de celles-ci, six se trouvaient en Chine et cinq en Inde (ONU, 2016).

⁴ Ce soutien dans les zones rurales n'est pas une solution qui évite la migration. Une telle politique peut quand même avoir des effets néfastes sur les migrants et les régions d'accueil.



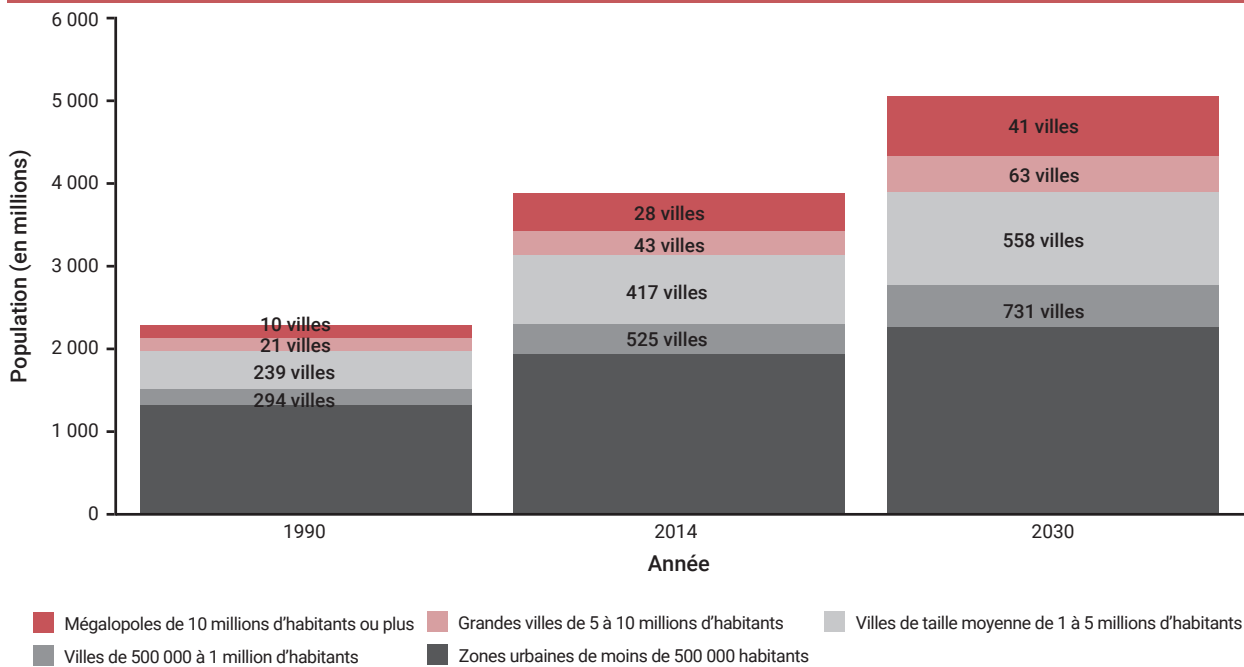
Toutefois, bien que les mégalo­poles soient des centres économiques puissants, elles ne représentent pas la majorité de la population urbaine (**figure 2.8**), et ce ne sont pas ces centres urbains qui enregistrent la croissance la plus rapide (**figure 2.9**). Les villes de petite taille et de taille moyenne représentent aujourd’hui environ 50 % de la population urbaine mondiale et enregistrent les taux de croissance les plus rapides (ONU, 2014 ; Commission économique et sociale des Nations Unies pour l’Asie et le Pacifique [CESAP] et ONU-Habitat, 2015). Elles vont « produire près de 40 % de la croissance mondiale d’ici à 2025, soit plus que l’ensemble des pays développés et des mégalo­poles des marchés émergents réunis » (ONU-Habitat 2015a, p. 2 ; Dobbs *et al.*, 2011). Les villes de petite taille et de taille moyenne sont également plus

vulnérables aux risques naturels que les grandes villes et les mégalo­poles (Birkmann *et al.*, 2016).

2.4.2 Les économies des agglomérations urbaines

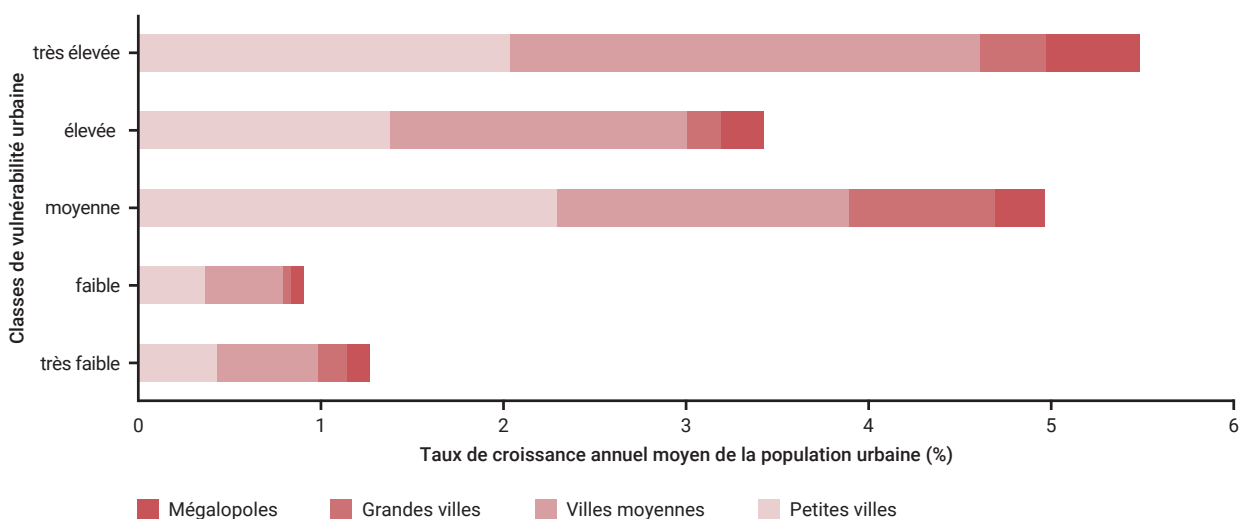
Les économies des agglomérations reflètent l’avantage du regroupement des populations pour réduire le coût du transport des marchandises et des personnes et celui de la transmission des idées. Une productivité accrue attire des flux de populations qui, à leur tour, augmentent davantage la productivité. Les économies des agglomérations génèrent ainsi une boucle de rétroaction positive et multiplient l’impact des facteurs externes de productivité, donnant ainsi un coup de fouet aux populations urbaines et aux salaires (Glaeser et Gottlieb, 2009 ; Zenghelis, 2017).

Figure 2.8 : Croissance de la population urbaine mondiale propulsée par les villes



Source : ONU (2014, p. 13.)

Figure 2.9 : Taux de croissance des villes



Source : Birkmann *et al.* (2016).

Les villes constituent une source de création de richesse, la richesse s'entendant comme la somme des richesses naturelles, humaines et physiques (Hamilton et Hartwick, 2017). Le capital naturel englobe les terres, les parcs, les espaces verts, l'eau et la diversité biologique. Le capital humain comprend l'éducation, les connaissances et les compétences des populations. Le capital physique (ou manufacturé) regroupe des éléments tels que les logements, les infrastructures, l'industrie et les bureaux. À cela s'ajoute le capital immatériel, à savoir : les idées et l'inspiration exprimées sous des formes telles que la recherche et le développement, les brevets, les droits de propriété intellectuelle, les listes de clients, le capital marque, le capital social et la gouvernance institutionnelle. Le capital immatériel est peut-être le plus important, mais il est lié aux autres formes de capital et interagit avec elles. Il fournit également la source d'innovation et d'investissement nécessaire pour dissocier la croissance de l'utilisation des ressources et des émissions de CO₂, tant en termes absolus qu'en termes de taux de croissance.

De plus en plus de travaux de recherche corroborent l'hypothèse selon laquelle les villes ont la capacité de diffuser les connaissances, de sorte que la principale force motrice de la richesse est désormais la capacité à attirer des personnes qualifiées et inventives ainsi qu'à nourrir et à diffuser les idées. Les villes semblent donc disposer d'un avantage comparatif dans les secteurs à forte intensité d'idées. Contrairement au secteur manufacturier, qui est de plus en plus établi en dehors des villes, les industries axées sur les idées ont tendance à se regrouper dans les centres urbains. Il n'est pas surprenant qu'une grande partie de la production et de la diffusion des idées se fasse dans les grandes villes, étant donné le rôle que joue la proximité spatiale. Des données probantes indiquent clairement que l'orientation de l'innovation subit fortement l'influence de la planification et des politiques urbaines et nationales, et les politiques disposent d'une marge de manœuvre appréciable pour orienter les villes vers une innovation à faible intensité de carbone et économe en ressources.

Le succès de l'urbanisation a ses propres revers, notamment la pollution, la congestion, l'effet d'îlot thermique urbain, les troubles de santé, la criminalité, les établissements informels (bidonvilles), l'inabordable et le gaspillage. L'étalement urbain non réglementé

et non planifié peut sembler être l'option la moins coûteuse à brève échéance, dans la mesure où il nécessite un minimum d'interférence institutionnelle, de fourniture d'infrastructures et d'aménagement urbain. Mais ses coûts à moyen et long termes pour la société, l'économie et l'environnement peuvent être effrayants. Les villes qui connaissent une urbanisation non réglementée sont moins attrayantes, plus polluées et congestionnées, et leur utilisation des ressources est inefficace. Environ le tiers de la population urbaine mondiale vit dans des conditions semblables à celles des bidonvilles, sans services de base ni protection sociale (FNUAP, 2010-2011, cité dans ONU-Habitat, 2015a, p. 3). Les femmes démunies vivant dans un bidonville sont particulièrement vulnérables et se heurtent à des obstacles à l'accès à certains des avantages qu'offre la vie en milieu urbain (FNUAP, 2014, cité dans ONU-Habitat, 2015a, p. 2). De même, les deux tiers des citoyens vivent dans des villes où les inégalités de revenus se sont accentuées entre 1980 et 2010 (Lopez Moreno, 2012, cité dans ONU-Habitat, 2015a, p. 1). L'étalement urbain, la piètre qualité des transports publics et le manque d'accès aux services de base tels que l'eau, la collecte des déchets et l'énergie annihilent les avantages économiques des concentrations urbaines et accroissent les coûts. Ces pénalités liées à la croissance entravent les perspectives de prospérité et exacerbent également la pauvreté urbaine. La croissance urbaine non planifiée entraîne également des émissions excessives de gaz à effet de serre (GES), l'aliénation et l'exclusion sociale, ainsi qu'un éventail d'autres coûts sociaux, économiques et environnementaux tels que la congestion, les troubles de santé et la criminalité (Floater et Rode, 2014).

Ces tendances font peser un énorme fardeau sur les structures de gouvernance (Frank et Martinez-Vazquez, 2014 ; CESAP et ONU-Habitat, 2015). Dans les pays en développement, les impôts locaux, mesurés en pourcentage du PIB, sont trois fois moins élevés que dans les pays industrialisés (Bird et Bahl, 2008).

De même, de nombreuses villes de petite taille et de taille moyenne « n'ont pas la capacité technique de mener un processus de développement urbain majeur » (ONU-Habitat, 2012, p. XIV) et souffrent d'une dévolution de responsabilités réalisée sans mise à disposition des ressources correspondantes, ce qui entrave leur capacité de planification (Frank et Martinez-Vazquez, 2014). Il en résulte une très forte limitation de la capacité des municipalités à protéger à la fois les ressources naturelles et les droits de leurs résidents.



© Shutterstock/ Harvey O. Stowe

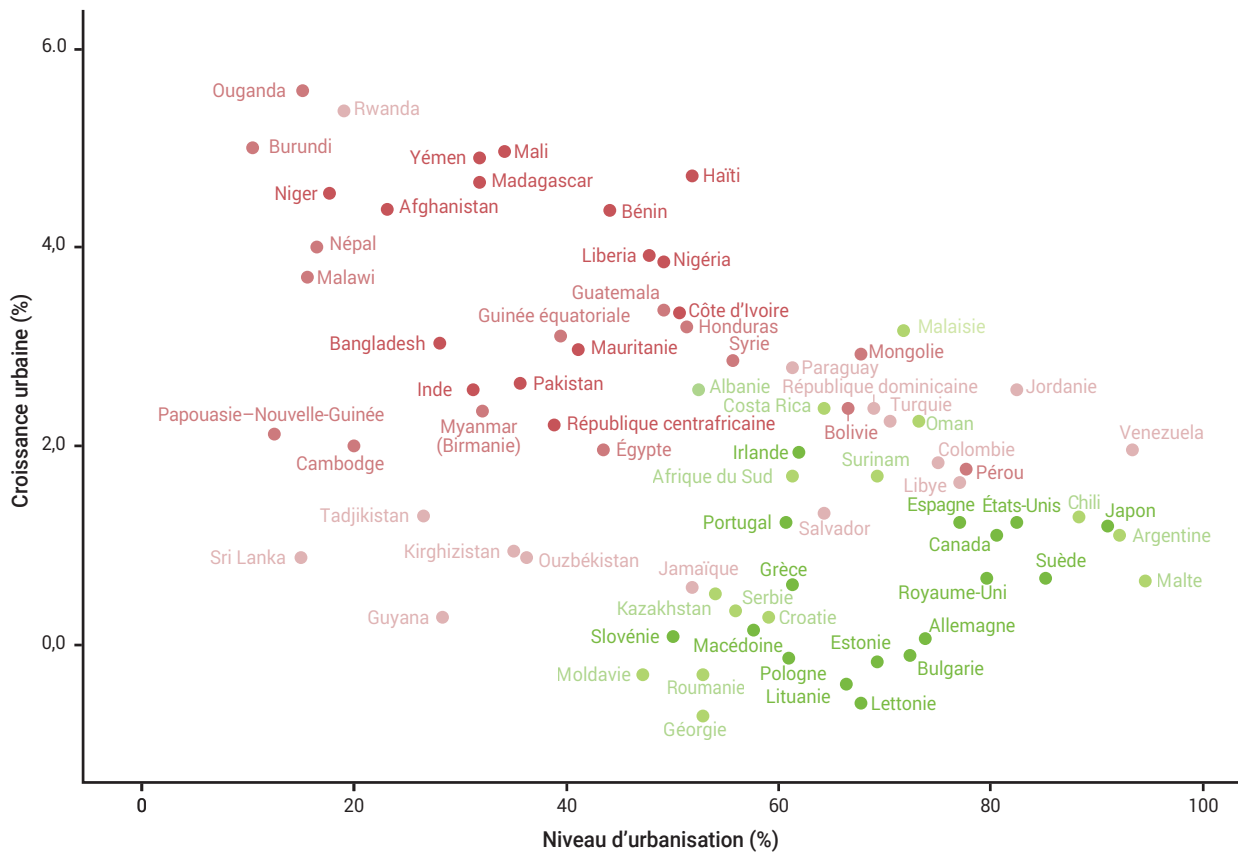


L'urbanisation massive n'est pas un phénomène nouveau en Europe, en Amérique du Nord et dans les régions les plus riches d'Asie, mais la vague la plus récente est survenue principalement dans des régions en développement, notamment en Asie du Sud et en Afrique subsaharienne. Cet afflux de populations vers les villes peut mettre à rude épreuve les ressources institutionnelles et les infrastructures urbaines des villes en pleine expansion. La **figure 2.10** montre que dans les pays où le niveau d'urbanisation est relativement faible et la croissance relativement forte, les citoyens sont très vulnérables, la vulnérabilité étant « calculée en additionnant la vulnérabilité en milieu urbain, le manque de capacités d'adaptation et le manque de capacités d'adaptation urbaine » (Garschagen *et al.*, 2014, p. 46). La ventilation de l'évolution relative du degré d'urbanisation par catégorie de revenu pour la période 1990-2015 révèle qu'en Asie, ce sont les pays à faible revenu qui enregistrent les taux d'urbanisation les plus élevés (15,5 %), comparativement aux pays à revenu moyen inférieur, avec 1,2 %, et aux pays à revenu moyen supérieur, avec 1,5 %. On observe une tendance similaire en Afrique, où les taux d'urbanisation sont de 8 % pour les pays à faible revenu, de 3,6 % pour les pays à revenu moyen inférieur et de 5,7 % pour les pays à revenu moyen supérieur. Cette tendance s'observe également en Amérique latine et dans les Caraïbes. À l'échelle mondiale, le rythme d'évolution de

l'urbanisation est de 2,3 % (1990-2015), et la ventilation par catégorie de revenu révèle que le rythme d'évolution est de 8 % dans les pays à faible revenu, contre 1,6 % dans les pays à revenu moyen inférieur (Melchiorri *et al.*, 2018).

Ces zones en voie d'urbanisation rapide constituent un défi, mais représentent aussi « les plus grandes possibilités de réduction des émissions de GES en milieu urbain [...] parce que leur forme et leur infrastructure urbaines ne sont pas figées » (Seto *et al.*, 2014, p. 928). Comme présenté ci-dessous et dans la partie B du présent rapport, en ce qui concerne les effets environnementaux, il existe des exemples positifs et négatifs de zones en voie d'urbanisation rapide. Les villes illustrent la réalité soulignée dans ce rapport, à savoir que lorsqu'il s'agit de créer des réseaux spatiaux complexes, l'avenir n'est pas « un don de Dieu », mais bien le produit d'un système et d'un cheminement. Si de nouvelles villes sont construites au cours des deux ou trois prochaines décennies sur la base d'un modèle gourmand en ressources et à forte intensité de carbone, fondé sur une urbanisation tentaculaire, tout espoir d'atteindre des cibles ambitieuses en matière de ressources et de risques climatiques sera perdu. Les villes et les pays pourraient alors avoir du mal à satisfaire leurs besoins en ressources et être

Figure 2.10 : La confrontation d'une croissance rapide à une grande vulnérabilité



Catégories de vulnérabilité urbaine	Niveau d'urbanisation	Taux de croissance (2000-2015)
● Très faible	75,80	0,71
● Faible	69,19	0,92
● Moyenne	56,07	2,36
● Élevée	43,51	2,89
● Très élevée	38,59	3,71

Source : Garschagen *et al.* (2014).

dans l'impossibilité de soutenir la concurrence sur les marchés mondiaux à cause de l'immobilisation de leurs ressources physiques et humaines. Les villes sont également vulnérables aux impacts environnementaux et climatiques tels que la chaleur, le stress hydrique et les inondations ; tandis que les villes côtières sont confrontées à l'élévation du niveau de la mer, aux incursions d'eau salée et aux ondes de tempête.

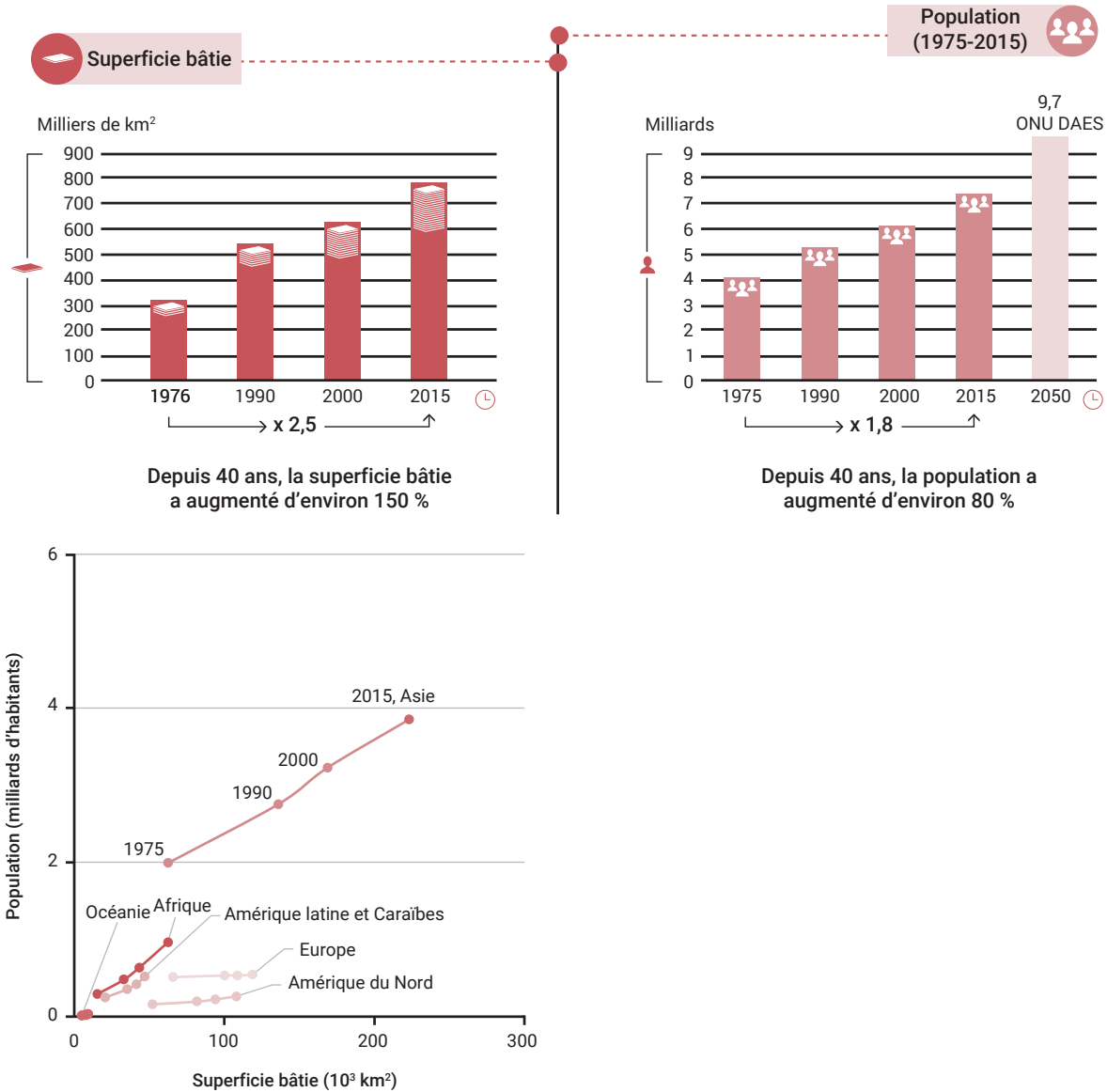
2.4.3 Les tendances en matière d'expansion et de densité urbaines

Actuellement, les avis divergent quant à l'expansion territoriale des villes et à l'augmentation de la croissance démographique. Certaines études montrent qu'en l'absence d'une gestion urbaine durable, les villes croissent davantage en taille qu'en population, leur expansion territoriale étant deux fois plus importante que la croissance démographique (Angel *et al.*, 2011). Pesaresi *et al.* (2016) démontrent qu'entre 1975 et 2015, la superficie des

zones bâties a été multipliée par 2,5, contre un facteur de 1,8 pour l'accroissement de la population totale (**figure 2.11**), les plus forts taux de croissance urbaine étant concentrés en Inde, en Chine et dans certains pays d'Afrique. L'expansion du territoire urbain dans ces régions a également dépassé le taux de croissance de la population urbaine, ce qui laisse penser que l'urbanisation a entraîné des développements tentaculaires (Seto *et al.*, 2011 ; Wolf, Haase et Haase, 2018). Même dans les villes dont la population décline, l'étalement urbain se poursuit (Schmidt, 2011 ; Wolf, Haase et Haase, 2018). À l'inverse, des études récentes menées en Asie ont montré que la population urbaine s'est accrue plus rapidement que le territoire urbain (en Asie du Sud-Est orientale, une augmentation de 31 % de la population contre 22 % pour le territoire) et que les zones urbaines (en Asie de l'Est) sont quatre fois plus denses que dans les pays développés riches en terres : deux fois plus denses qu'en Europe, 1,5 fois plus qu'en Amérique latine et dans les Caraïbes, et 1,3 fois plus denses qu'au Moyen-Orient (Schneider *et al.*, 2015 ; Banque mondiale, 2015).



Figure 2.11 : Superficie bâtie et population (1975-2015)



Source : Pesaresi *et al.* (2016).



La densification ne suffit pas à elle seule à opérer la transition vers des villes durables. Un autre facteur qui influe sur l'incidence environnementale des villes tient à la forme urbaine, à savoir la configuration de l'infrastructure physique urbaine, qui n'est pas facilement modifiable et qui détermine l'affectation des terres, le transport et la demande d'énergie pendant de longues périodes (Seto *et al.*, 2016 ; Güneralp *et al.*, 2017). Les tendances de la forme urbaine ont des implications pour la consommation d'énergie, les émissions de GES, la biodiversité (Seto, Güneralp et Hutyrá, 2012 ; Salat, Chen et Liu, 2014), les infrastructures hydrauliques (Farmani et Butler, 2014) et l'affectation des terres, ainsi que pour la conversion des terres cultivables (Bren d'Amour *et al.*, 2016). La forme urbaine, « la conception des infrastructures et les disparités sociospatiales au sein des villes apparaissent comme des déterminants essentiels de la santé et du bien-être humains » (Ramaswami *et al.*, 2016, p. 940).

2.4.4 L'urbanisation comme opportunité

Dans un monde où les limites environnementales se sont visiblement rapprochées et où l'on s'attend à ce que l'exode rural se poursuive, la croissance de la population urbaine peut représenter une occasion d'accroître le bien-être des citoyens tout en réduisant leur empreinte écologique. Ce résultat est rendu possible par des choix de style de vie, une gouvernance améliorée, des programmes de sensibilisation et d'éducation, la disponibilité d'infrastructures et de services, et des solutions technologiques. Les villes de petite taille et de taille moyenne ont un rôle particulièrement important à jouer, car elles constituent généralement un tremplin entre les populations rurales et les centres urbains (ONU-Habitat, 2015c, p. 3). Autrement dit, l'urbanisation peut être positive, mais si elle est mal gérée, elle ne fera qu'amplifier les problèmes existants. Si les villes mettaient en place des solutions technologiques tirant parti d'économies d'échelle impossibles à mettre en œuvre en contexte rural, elles auraient le potentiel de tenir la promesse de limiter les effets négatifs de la croissance démographique et de l'augmentation de la consommation sur l'environnement.

2.5 Le développement économique

Le terme « développement économique » a été utilisé dans la littérature pour le distinguer d'une mesure unidimensionnelle du bien-être humain, qui portait uniquement sur la croissance économique (ou, à proprement parler, sur la croissance du PIB). Il intègre, par exemple, l'équité sociale, l'éradication de la pauvreté, la satisfaction des besoins humains fondamentaux (l'accès à la santé, à l'éducation, à l'eau et aux services d'assainissement), la fourniture d'infrastructures physiques (le logement, l'énergie, les transports et les communications) et la garantie des libertés politiques, économiques et sociales essentielles, telles que définies par Sen (2011). De même, le terme « développement économique » met en exergue la transformation structurelle, à savoir l'évolution de la structure industrielle (de l'agriculture à l'industrie et aux services), celle de l'organisation sociale (des activités productives à petite échelle aux structures organisationnelles à grande échelle) et la diversification des compétences. Les ODD sont dérivés de ce concept plus vaste de développement économique.

2.5.1 Le rôle social de la croissance économique

L'économie étant passée d'un « monde vide » à un « monde plein » (Daly, 1973), il est devenu évident que cette croissance conventionnelle ne peut se poursuivre encore bien longtemps (Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE], 2011). Pourtant, l'engagement social et politique en faveur d'une croissance sans fin ne faiblit pas, pour des raisons faciles à comprendre. La croissance économique joue un certain nombre de rôles essentiels dans la société moderne, notamment l'éradication de la pauvreté, la quête de la justice sociale, la construction de la solidarité sociale, la défense de la paix civile et l'instauration d'une bonne gouvernance.

Le plus important de ces rôles est l'éradication de la pauvreté. Deux siècles et demi après l'avènement de la révolution industrielle, environ 783 millions de personnes (10,7 % de la population mondiale) vivent encore avec moins de 1,90 \$ É.-U. par jour, et 48,7 % de la population vit avec moins de 5,50 \$ É.-U. par jour (Banque mondiale, 2013). À l'échelle mondiale, environ 22 % des enfants souffrent d'un retard de croissance et 7,5 % d'une insuffisance pondérale (Fonds des Nations Unies pour l'enfance [UNICEF], 2018a), tandis que 264 millions d'enfants et d'adolescents, majoritairement des filles, ne peuvent pas accéder à l'école ou achever leur cursus scolaire (UNICEF, 2018b). Près de 2,1 milliards de jeunes n'ont pas accès à l'eau gérée en toute sécurité et 2,3 milliards ne disposent pas d'un assainissement de base (UNICEF et Organisation mondiale de la Santé [OMS], 2017).

Cette pauvreté n'est pas due à un manque de ressources économiques. En effet, en 2017, le revenu moyen par habitant dans le monde était de 16 906 \$ É.-U. par an (en parité de pouvoir d'achat [PPA], en dollars internationaux courants), soit 46 \$ É.-U. par jour (Banque mondiale, 2018) et environ 24 fois le seuil de pauvreté. Certes, les politiques de redistribution et les dispositifs de sécurité sociale peuvent aider les populations à faire face à la pauvreté, mais le seul mécanisme fiable pour éradiquer la pauvreté est de permettre aux pauvres de bénéficier d'une croissance rapide et soutenue.

Un autre argument en faveur de la croissance économique dans les pays en développement tient à la nécessité de réduire l'énorme écart de revenus qui les sépare des pays développés. En effet, cet écart a continué à se creuser pendant une bonne partie de la seconde moitié du XX^e siècle. Ce n'est qu'au XXI^e siècle qu'on a pu constater une réduction de l'écart, les taux de croissance des pays en développement commençant à excéder ceux des pays développés (**figure 2.12**)⁵.

Ainsi, même les détracteurs du programme de croissance s'accordent à dire que cette dernière est indispensable pour les pays en développement (voir, par exemple, Jackson, 2009, p. 4). Leur principale critique porte essentiellement sur les pays développés, où la croissance n'est, selon eux, ni nécessaire ni souhaitable (voir Daly, 1973 ; Rees, 1995 ; Victor, 2008 ; Jackson, 2009). D'autres (par exemple, Friedman, 2005) affirment néanmoins que la croissance continue de jouer un rôle politique important dans les pays développés, notamment en soutenant l'équité, la mobilité sociale et la solidarité dans la société, tout en attirant le soutien populaire en faveur de la paix civile et internationale (Benhabib et Rustichini, 1996, p. 139 ; Weede, 1996, p. 32 ; Gartzke, 2007, p. 180).

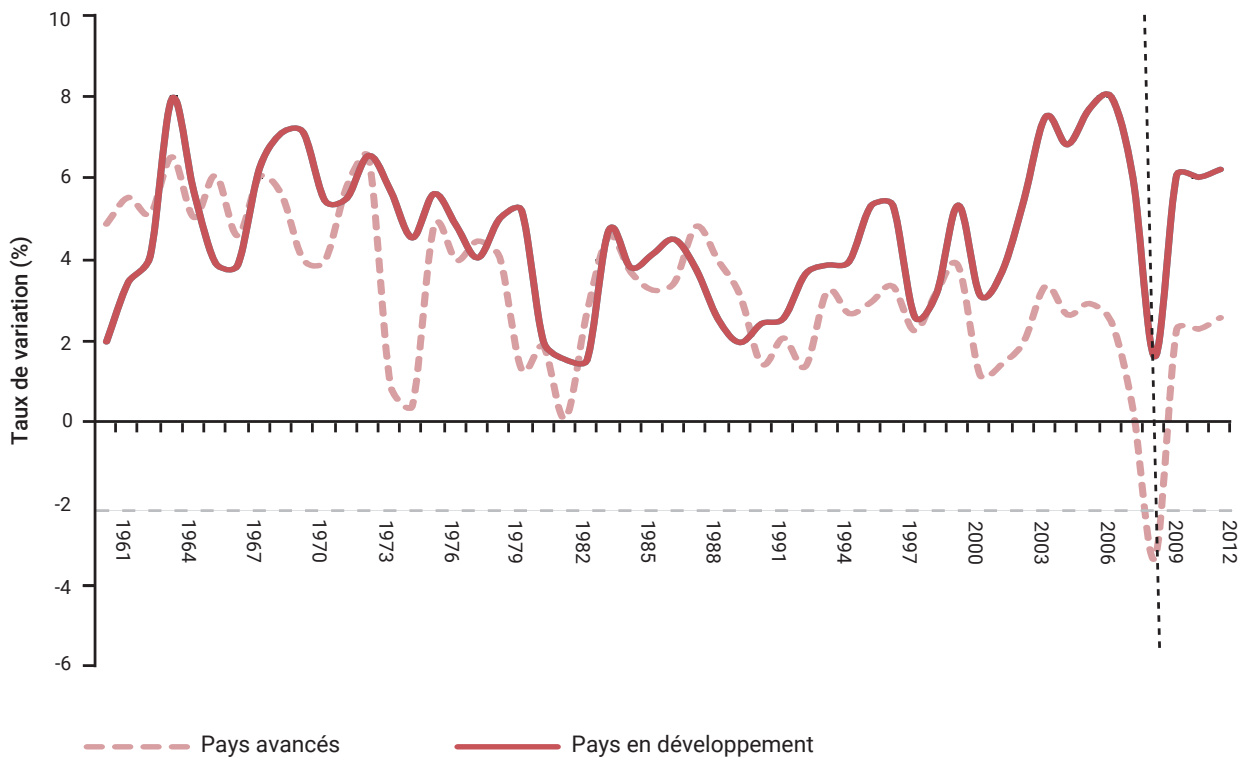
En somme, les récents épisodes de croissance économique mondiale sont associés à :

- une réduction de l'écart de revenu entre les pays développés et les pays en développement ;
- un recul considérable de l'incidence de la pauvreté dans les pays en développement.

Le danger réside dans l'éventualité, si le moteur de la croissance s'enraye, que ces tendances ne se poursuivent pas, ce qui – comme le souligne le Rapport du Secrétaire général des Nations Unies sur les changements climatiques et leurs répercussions éventuelles sur la sécurité (A/64/350) – pourrait signaler un retour à un monde à somme nulle, où les conflits et les guerres prolifèrent, les systèmes de gouvernance s'atrophient et le soutien populaire à la justice sociale, à la solidarité et à la paix civile s'amenuise.

⁵ Cette situation s'explique en grande partie par le taux de croissance plus élevé dans les grandes économies peuplées, en particulier la Chine et l'Inde, mais ne se limite pas à celles-ci. En effet, au cours de la première décennie de ce siècle, le groupe des pays en développement au sud du Sahara a connu pour la première fois une croissance supérieure à 5 % par an pendant cinq ans. Toutefois, la crise financière mondiale a entraîné un ralentissement de 2 à 3 % des taux de croissance moyens des pays en développement et une accentuation des écarts entre les taux de croissance, les grands pays (tels le Brésil, la Chine, l'Allemagne et les États-Unis) connaissant une reprise plus rapide que les petites économies.

Figure 2.12 : Comment les taux de croissance des pays en développement ont commencé à excéder ceux des pays développés



Source : Canuto (2010).

La question n'est pas de savoir si la croissance des pays développés est nécessaire pour répondre à leurs aspirations matérielles, mais plutôt si elle constitue un élément essentiel à la réalisation par les sociétés modernes de leurs objectifs politiques, sociaux, culturels, voire moraux et éthiques. L'idéal serait que la croissance économique et la durabilité environnementale se renforcent mutuellement au lieu de s'opposer.

2.5.2 De la croissance au développement

La croissance économique n'est qu'un des facteurs qui contribuent au bien-être de l'humanité, celui-ci étant également tributaire de la justice sociale, de l'éradication de la pauvreté, de la bonne gouvernance (y compris les efforts de lutte contre la corruption) et de l'hygiène du milieu. Le processus politique mondial s'est employé à refléter cette approche intégrée sous la forme des objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) et des ODD.

La structure des ODD donne un aperçu des questions plus générales abordées dans cette section. Les OMD ont été motivés par une idée simple, à savoir la résolution, adoptée par les chefs d'État et de gouvernement lors du Sommet du millénaire de l'Assemblée générale des Nations Unies, de réduire la pauvreté de moitié en 15 ans (ONU, 2000). Les ODD vont plus loin : ils visent à éradiquer la pauvreté et la faim à l'horizon 2030. En outre, les ODD attirent explicitement l'attention sur les facteurs environnementaux et sociaux, notamment les changements climatiques, la diversité biologique terrestre et marine, la consommation et la production responsables, les inégalités, l'industrie et les emplois décents, ainsi que la paix et la justice (Programme des Nations Unies pour le développement [PNUD], 2018).

Rétrospectivement, on peut dire que les OMD ont remporté un succès mitigé. En effet, ils ont coïncidé avec une accélération des progrès dans les domaines de l'éradication de la pauvreté, de la santé et de l'éducation, mais ils ont enregistré des retards en matière de nutrition et d'accès à l'eau et à l'assainissement (McArthur et Rasmussen, 2017). Les succès des OMD peuvent être attribués à quatre facteurs, à savoir, par ordre décroissant d'importance : la forte croissance économique dans les pays en développement ; le soutien aux programmes locaux et aux initiatives communautaires ; les grands programmes verticaux (en particulier dans le secteur de la santé) ; l'adoption de droits et de protections juridiques. Bien qu'il soit difficile d'évaluer l'impact causal des OMD (il est impossible de savoir ce qui se serait passé sans eux), certains travaux de recherche empirique ont démontré de façon probante que les OMD avaient accéléré les progrès dans ces domaines (McArthur et Rasmussen, 2017).

Bien que les ODD cherchent à tirer parti de ce succès, le contexte sous-jacent est très différent. Leur adoption a été précédée par une crise financière majeure – évitant de justesse un effondrement financier total –, une récession de longue durée dans les pays industrialisés, une crise de la dette potentiellement désastreuse, une augmentation spectaculaire des inégalités de revenus dans les pays de l'OCDE, une volatilité récurrente des cours des produits de base, des répercussions politiques importantes dues aux chocs des prix des denrées alimentaires, un appauvrissement des ressources naturelles et de la diversité biologique, un faisceau croissant de preuves des effets néfastes du changement climatique, une prise de conscience du fait que l'économie mondiale se heurtait à des frontières planétaires (Rockström et al., 2009b) et une intensification spectaculaire des conflits dans le monde.



Les ODD peuvent être regroupés en trois catégories générales :

- ❖ *Développement humain* – Lutter contre la pauvreté en termes de revenu, la faim, le manque d'accès aux services de base (santé, éducation, eau et assainissement) et l'inégalité entre les sexes (ODD 1 à 6).
- ❖ *Développement économique* – Créer des conditions propices à l'éradication de la pauvreté, assurer l'accès à l'énergie, promouvoir la croissance économique, les emplois décents, les infrastructures et l'industrie, réduire les inégalités, favoriser le logement et œuvrer à l'avènement de sociétés pacifiques (ODD 7 à 11, 16 et 17).
- ❖ *Environnement* – Veiller à ce que le programme d'éradication de la pauvreté (et, par conséquent, de croissance économique) soit à l'abri des menaces écologiques (ODD 12 à 15).

Ce programme est pertinent pour l'évaluation de l'avenir de l'environnement mondial. Le programme de lutte contre la pauvreté demeure inachevé, et le consensus persiste en matière de développement, à savoir que sa poursuite passe par celle de la croissance de l'économie mondiale. Toutefois, le fait que les perspectives de développement elles-mêmes sont de plus en plus menacées par le resserrement des frontières planétaires, notamment en raison des effets du changement climatique, suscite une inquiétude croissante. À l'inverse, on continue de craindre que le processus de croissance n'entraîne une utilisation accrue des ressources et des puits naturels, ce qui intensifierait la pression sur l'environnement naturel.

Le programme de lutte contre la pauvreté demeure la priorité absolue de la communauté politique internationale, comme en témoignent presque tous les accords internationaux relatifs au développement économique et à l'environnement conclus depuis un quart de siècle. Les raisons sous-tendant cette situation ne sont ni exclusivement ni même principalement altruistes. Selon les termes des principes fondateurs de l'Organisation internationale du travail (OIT), tels que cités par son directeur général : « la pauvreté, où qu'elle se manifeste, constitue une menace pour la prospérité partout dans le monde »

(OIT, 2011). Les raisons sous-jacentes à ces propos reflètent la compréhension du fait que la paix dans le monde ne peut être construite dans des conditions qui condamnent une frange importante de l'humanité à la privation et à l'asservissement permanents.

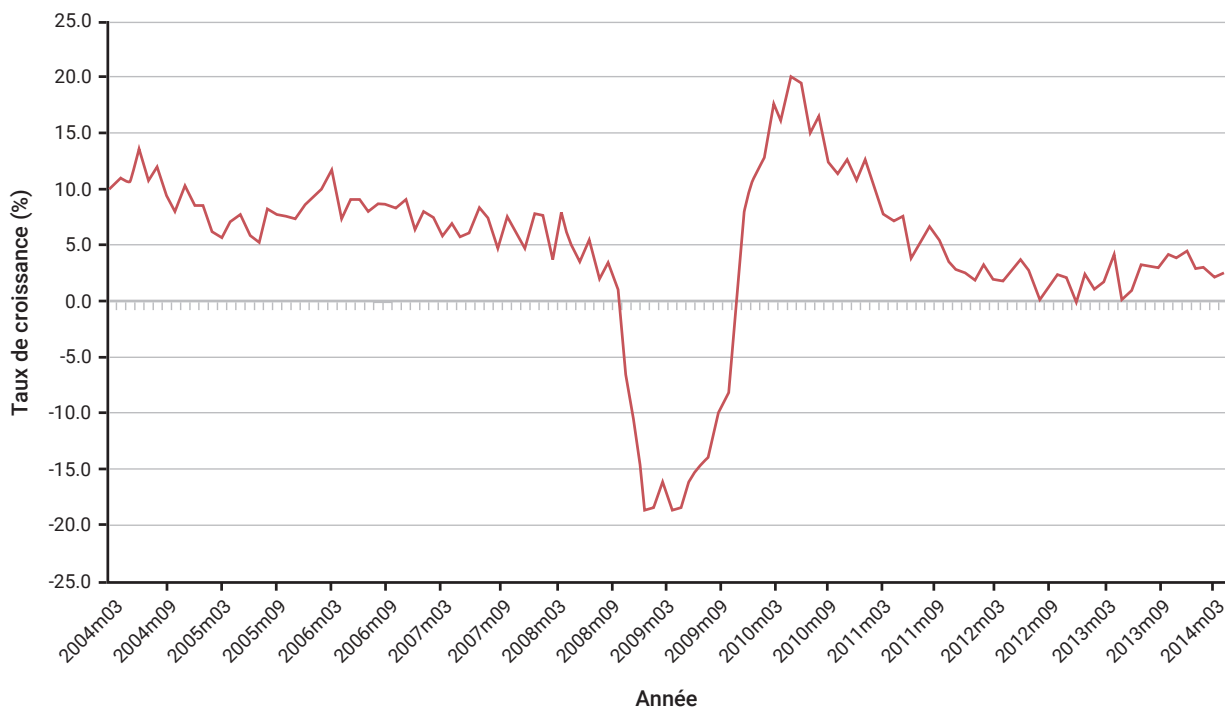
2.5.3 L'expérience récente

La crise financière a été suivie d'un ralentissement de la croissance mondiale. Les raisons en sont la stagnation du commerce international, la résurgence du spectre des guerres commerciales, l'incertitude politique accrue et le ralentissement du principal moteur de la croissance mondiale, à savoir les économies émergentes (Banque mondiale, 2017, p. 3). D'un taux moyen d'environ 6 % par an entre 1992 et 2008 (et un sommet de 10 % par an dans la période 2006-2008), la croissance du commerce mondial a chuté à environ 1 % depuis 2010 (voir la figure 2.13). Plus récemment, cette chute semble avoir entraîné de nouvelles menaces de guerre commerciale.

Une deuxième tendance notable tient à l'accroissement des inégalités dans les pays industrialisés. On note un paradoxe dans l'évolution contrastée des inégalités aux échelons international et intranational. Pendant une grande partie du XX^e siècle, les inégalités de revenus entre les pays se sont accentuées (ou, au mieux, ont stagné), tandis que les inégalités de revenus à l'intérieur des pays se sont amoindries (ou, au pire, ont stagné). Toutefois, depuis 1980, ces deux tendances se sont inversées.

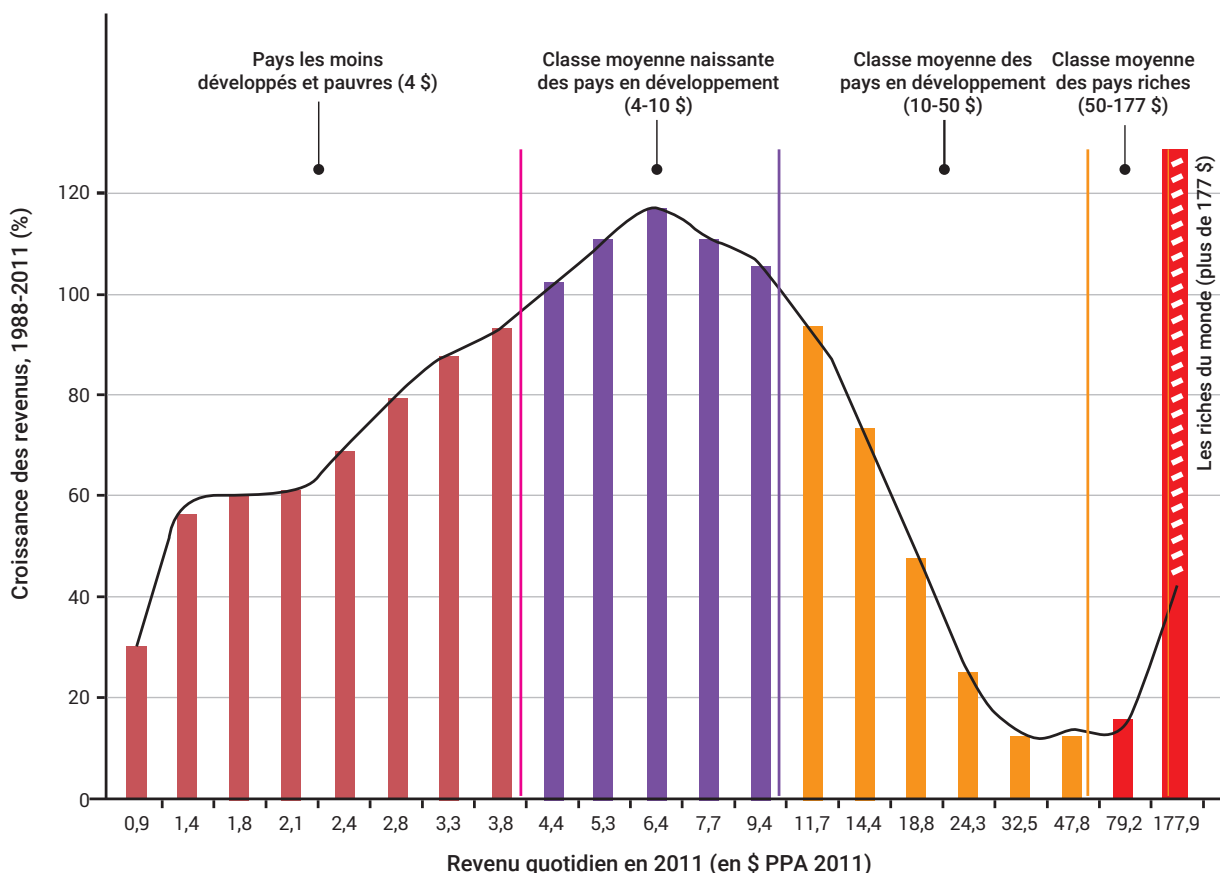
L'une des conséquences à l'échelle mondiale s'observe dans la « courbe de l'éléphant » de Milanovic, ainsi dénommée à cause de sa forme, illustrée à la figure 2.14 (Lakner et Milanovic, 2013, p. 31 ; Weldon, 2016). Cette figure montre qu'entre 1988 et 2011, alors que les revenus de la frange de 1 % de la population la plus riche ainsi que ceux se situant du 40^e au 70^e centile (censés être dans les économies en développement) étaient en hausse, les revenus de la frange des 10 % de la population au bas de l'échelle et se situant du 80^e au 90^e centile (censés appartenir à la classe moyenne des pays développés) enregistraient une croissance plus lente.

Figure 2.13 : Croissance du commerce mondial



Source : Données du Bureau néerlandais d'analyse de la politique économique (CPB) (2018).

Figure 2.14 : La courbe de l'éléphant de Milanovic



Source : Données : Lakner (2013); illustration: Da Costa (2017).

La relation entre l'inégalité de revenus et l'utilisation des ressources naturelles n'est pas évidente. D'une part, l'argument économique classique repose sur le fait que les pauvres ont une plus grande propension à consommer que les riches (Carroll *et al.*, 2017) et que le transfert de revenus des premiers vers les seconds devrait donc réduire l'impact sur l'environnement naturel. D'autre part, la croissance des inégalités de revenus crée une pression à la hausse sur les ressources, à la fois de par l'impact d'une consommation ostentatoire et de par la contraction de la classe moyenne. Fait plus important encore, les inégalités ont le potentiel d'exacerber les conflits qui, à leur tour, ont une incidence négative sur l'environnement. Les effets des inégalités sur l'environnement se manifestent par les canaux de la consommation, de l'investissement et de la communauté (Islam, 2015).

Il existe deux justifications principales au programme de croissance mondiale : la justification matérielle et la justification politique. La première fait valoir le rôle de la croissance dans l'éradication de la pauvreté, tandis que la seconde prône la poursuite de la croissance pour qu'elle finisse par contribuer à d'autres objectifs politiques nécessaires, telles la justice sociale, l'équité, la solidarité, la paix civile et la gouvernance démocratique.

Les tendances récentes indiquent qu'une avancée importante a été réalisée au niveau du double programme d'éradication de la pauvreté et de réduction des inégalités entre les pays du monde. Par ailleurs, la manière dont cette avancée s'est produite et le rythme qui l'a caractérisée ont donné lieu à de nouvelles tensions et fractures intranationales et internationales. Cette situation donne à penser qu'il est de nouveau urgent de relancer la dynamique de la

croissance, non seulement dans les pays en développement, mais également dans les pays développés.

2.5.4 Le rôle de l'énergie

Une question clé tient à la relation qui existe entre deux dimensions différentes du développement économique, à savoir la croissance économique globale et la consommation des ressources, en particulier la consommation d'énergie.

Plusieurs écrits portent sur la dissociation à opérer entre la croissance économique et son impact sur la consommation de ressources (voir, par exemple, PNUE, 2011 ; PNUE, 2017 ; Hennicke, 2014). Les auteurs font une distinction essentielle entre les ressources renouvelables et les ressources non renouvelables. Ces dernières étant par nature limitées, la seule façon de freiner leur épuisement est d'en réduire la consommation, de les réutiliser et de les recycler (les 3 R). Toutefois, comme cela a été mis en exergue dans la littérature, cet état de fait réoriente l'attention sur la consommation d'énergie (c'est-à-dire la composante énergétique qui est intégrée à l'utilisation des ressources). Les stratégies des 3 R sont assez bien connues ; leur viabilité dépend du coût de l'énergie utilisée pour le recyclage ou la réutilisation par rapport au coût d'une nouvelle extraction.

Certaines ressources renouvelables, telles l'énergie solaire et l'énergie éolienne, sont exploitées sans qu'on s'inquiète de leur épuisement. D'autres ressources sont renouvelables tant que les écosystèmes dans lesquels elles se trouvent ne sont pas dégradés. En ce qui concerne les ressources de biomasse renouvelables



telles que les forêts, le principal défi consiste à s'assurer que leur utilisation ne dépasse pas le taux de régénération naturelle (ou améliorée). Cette situation se résume également à la vitesse à laquelle ces ressources peuvent se régénérer en exploitant l'énergie du soleil. Diverses techniques d'accroissement de la productivité des ressources naturelles équivalent à améliorer leur potentiel d'exploitation de l'énergie.

En somme, comme l'a relevé Hennicke (2014, p. 2), l'énergie est la clé de cette dissociation. Il n'est pas surprenant que l'analyse environnementale ait souvent recours au concept de flux énergétique pour cerner ces questions. L'énergie, au sens large, est la force motrice des activités tant humaines que naturelles. La transformation miraculeuse introduite par la révolution industrielle résulte essentiellement de l'exploitation d'un volume considérable de ressources énergétiques faciles d'accès : les combustibles fossiles (Smil, 2010 ; Bithas et Kalimeris, 2016). Il s'agit là d'un facteur important qui est à l'origine de l'idée d'une économie en croissance permanente.

Dans l'avenir, les besoins en énergie continueront de s'accroître, non seulement pour promouvoir le développement économique des pays pauvres, mais également pour contribuer à réduire la consommation non durable de ressources matérielles. Pour éviter un changement climatique catastrophique et une pénurie de ressources, cette augmentation doit s'accompagner d'une réorientation majeure vers des ressources énergétiques abordables et durables (voir, par exemple, Yihdego, Salem et Pudza, 2017 ; PNUD, 2018, ODD 7).

2.6 Technologie, innovation et durabilité mondiale

La technologie peut être une force motrice tant positive que négative du changement environnemental. À l'échelle mondiale, l'innovation technologique a été – et continuera probablement d'être – un moteur de changement essentiel en matière de durabilité (Segars, 2018). Cependant, les technologies ont souvent eu des conséquences imprévues qui dépassaient de loin la capacité de prédiction de nos meilleures analyses scientifiques (par exemple, l'ampleur des effets de la consommation de combustibles fossiles sur le système climatique). Bon nombre d'analyses scientifiques des questions technologiques ne parviennent pas à cerner les importants effets négatifs ou de rebond (Chitnis *et al.*, 2013) de l'impact systématique des technologies et minimisent le problème de la diffusion des technologies, notamment en termes d'innovation technologique agricole (Juma, 2015). Les véhicules à moteur et l'électricité constituent de bons exemples des limites scientifiques du passé. Ils représentent deux des plus importantes percées technologiques du XX^e siècle, mais leurs effets négatifs sur l'environnement et les ressources devraient persister tout au long du XXI^e siècle.

2.6.1 L'innovation technologique et le développement économique durable

D'un point de vue économique, l'innovation technologique est depuis longtemps reconnue comme l'une des principales forces motrices du développement économique, mais un rôle prépondérant lui est accordé dans les théories modernes de la croissance (voir Romer, 1994 ; Acemoglu et Daron, 2009 ; Zenghelis, 2011). L'innovation en matière de capital humain, à travers l'investissement dans la recherche-développement et le partage des connaissances, est la clé non seulement de la croissance de la productivité, mais également de l'optimisation des ressources dont nous disposons. Elle est essentielle à la résolution de nombreux problèmes environnementaux.

L'innovation ouvre résolument la voie au règlement de nombreux problèmes environnementaux. Dans une économie écologiquement durable, la croissance et le développement

économiques se poursuivront et l'humanité continuera à prospérer. La croissance économique et le bien-être humain peuvent être dissociés de la production de matières et de l'impact environnemental, bien que le défi politique à relever pour y parvenir véritablement soit considérable (Jacobs, 1991 ; Hepburn et Bowen, 2013).

La reconnaissance de nouvelles perspectives, ainsi que la baisse du coût des principales technologies sobres en carbone (le solaire, l'éolien, etc.), ont changé la donne en termes de stimulation de l'action politique mondiale. Si les négociations de la Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique (CCNUCC) donnent souvent l'impression de progresser lentement, 40 pays et 20 régions infranationales ont mis ou prévoient de mettre en œuvre une politique de tarification du carbone et d'autres types de politiques favorables aux technologies sobres en carbone (Commission mondiale sur l'économie et le climat, 2015). Actuellement, il existe à travers le monde plus de 1 200 lois sur le changement climatique ou s'y rapportant, soit 20 fois plus qu'il y a 20 ans (Nachmany *et al.*, 2017).

L'Accord de Paris sur le climat (CCNUCC, 2015) peut lui-même être considéré comme une conséquence de l'accélération de l'impulsion visant à réduire les émissions de GES dans des pays, des villes et des entreprises du monde entier. En effet, la baisse du coût technologique des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, l'élargissement des perspectives commerciales, les changements de comportement et la prise de conscience croissante des avantages auxiliaires de la réduction des émissions (telles la baisse de la pollution et de la congestion urbaines et les possibilités fiscales liées à la tarification des ressources rares, du carbone et de la pollution, ainsi qu'à la suppression des subventions nuisibles à l'environnement) sont autant de facteurs qui ont contribué à favoriser la prise d'engagements volontaires après l'Accord de Paris.

2.6.2 Des technologies plus propres et plus écoénergétiques

Des progrès rapides sont réalisés dans le développement du marché des technologies propres et écoénergétiques, notamment les énergies renouvelables (le solaire, l'éolien, les techniques perfectionnées de conversion de la biomasse, etc.), le stockage (les batteries, l'accumulation de l'énergie par pompage, etc.), l'efficacité énergétique (par exemple, la gestion de la demande et la dématérialisation) et les options de transport décarbonées (par exemple, les véhicules électriques). La recherche-développement sur les options technologiques propres (par exemple, le captage et le stockage du carbone, les biocarburants de deuxième et troisième génération, la production décentralisée d'électricité à échelle petite ou micro, les véhicules autonomes) enregistre également des progrès (Agence internationale de l'énergie [AIE], 2016b).

Dans le cas des énergies renouvelables, par exemple, leur diffusion et leur développement deviennent à la fois réalisables et abordables à l'échelle mondiale. D'ici à 2040, les énergies renouvelables représenteront les deux tiers des investissements mondiaux dans la production d'électricité, tandis que l'énergie solaire deviendra la principale source sobre en carbone de capacité mondiale, sous-tendue par la croissance réalisée en Chine et en Inde. Dans le cas de l'Union européenne, les énergies renouvelables devraient représenter 80 % des nouvelles capacités de production d'électricité, l'éolien devenant la principale source d'électricité régionale après 2030 (AIE, 2017b).

Au niveau régional, dans le cas de l'Afrique subsaharienne, où il existe un certain nombre d'initiatives publiques, privées et intersectorielles de lutte contre la pauvreté énergétique, un écosystème technologique plus propre et plus écoénergétique se développe rapidement, permettant d'assurer l'incubation des entreprises de technologie solaire hors réseau en phase de démarrage, tout en contribuant à accélérer la dynamique générale du marché des pays d'Afrique subsaharienne (Park, 2016 ; Yihdego, Salem et Pudza, 2017).



Encadré 2.3 : Les déchets électroniques

À titre d'exemple, les investissements dans les entreprises de technologie solaire hors réseau en Afrique subsaharienne et dans d'autres pays ont été multipliés par dix, dépassant 200 millions de dollars É.-U. entre 2013 et 2016 (Bloomberg New Energy Finance, 2017) ; il faut toutefois souligner que cette croissance rapide ne représente encore qu'une faible proportion des investissements qui seront nécessaires pour réaliser un impact sur le marché régional de l'énergie.

Les solutions évolutives d'électrification hors réseau par énergie solaire sont importantes pour le développement durable dans plusieurs régions en développement et représentent un élément essentiel en ce qui concerne la région de l'Afrique subsaharienne (Agence internationale pour les énergies renouvelables [IRENA], 2013). L'accès à l'énergie représente un enjeu économique, social et environnemental crucial, aussi bien dans les pays industrialisés que dans les pays en développement, car l'accès à l'énergie est lié à un large éventail d'avantages économiques et environnementaux (IRENA, 2016). Pourtant, l'Afrique subsaharienne en tant que région ne consomme que 145 térawattheures d'électricité par an, soit l'équivalent d'une ampoule à incandescence utilisée pendant trois heures par jour par habitant (Lucas, 2015), ce qui en fait la région du monde où la consommation d'énergie est la plus faible (Park, 2016).

Il est fort possible que le coût unitaire des technologies économes en ressources et sobres en carbone continue à baisser, à mesure que ces nouvelles technologies seront développées et déployées et que les ingénieurs apprendront à les connecter et à les entretenir à moindre coût. Ce potentiel est bien plus élevé pour les nouvelles technologies que pour les opérateurs établis depuis longtemps et gourmands en carbone⁶. À titre d'illustration, la baisse des prix des technologies d'énergies renouvelables a permis à de nouvelles combinaisons d'énergie solaire, d'énergie éolienne et de stockage de l'énergie de concurrencer le charbon et le gaz en termes de coûts⁷.

Le secteur de l'énergie bénéficie non seulement des améliorations de la productivité associées à la transition vers une économie sobre en carbone, mais également des retombées économiques importantes résultant des innovations à faibles émissions de carbone. Acemoglu *et al.* (2012) soutiennent que l'on peut obtenir une croissance durable en adoptant des leviers stratégiques temporaires tels qu'une taxe sur le carbone susceptible de réorienter l'innovation vers des intrants propres, tandis que Dechezleprêtre, Martin et Mohnen (2014) concluent que les retombées économiques tirées de l'innovation sobre en carbone sont systématiquement supérieures de 40 % à celles des technologies classiques, alors que les TIC peuvent, en théorie, accroître considérablement la productivité et l'efficacité énergétiques, tout en réduisant la consommation de matières tout au long de la durée de vie d'un produit (un téléphone portable, par exemple). Certes, les TIC pourraient un jour ouvrir une nouvelle ère dans laquelle les technologies numériques joueraient un rôle clé dans l'accélération de la gouvernance environnementale mondiale, mais on ne peut pas encore dire avec certitude si les économies d'énergie et de matières sont assez importantes pour compenser l'impact cumulé qu'ont sur la durabilité les produits de TIC au cours de leur durée de vie, soit de l'extraction des ressources à l'élimination des déchets (**encadré 2.3**).

Au-delà des impacts sociaux et environnementaux directs des TIC, une question qui se pose au sujet de la durabilité a trait à la consommation d'électricité par les centres de données, qui, dans le cas des États-Unis, est estimée à environ 2 % de la consommation totale d'électricité du pays (Whitney et Kennedy, 2012). Étant donné

Les déchets électroniques peuvent être définis comme des « équipements électriques et électroniques et leurs composants, mis au rebut par leurs propriétaires comme déchets, sans intention de réutilisation » ; ils représentent l'un des flux de déchets dont la croissance est la plus rapide au monde (Kuehr, 2014).

Sous l'effet de la rapidité des ventes mondiales d'ordinateurs et d'appareils électroniques, combinée à l'abrégement du cycle de vie des produits, 44,7 millions de tonnes métriques (Mt) – soit l'équivalent de 6,1 kg par habitant – de déchets électroniques ont été produits en 2016, et le flux global de déchets électroniques devrait croître à 52,2 Mt, soit 6,8 kg par habitant, d'ici à 2021 (Baldé *et al.*, 2017).

Certains déchets électroniques provenant des pays industrialisés sont expédiés vers les pays en développement, « où des techniques rudimentaires et inefficaces sont souvent utilisées pour en extraire des matériaux et des composants », une tendance qui pose des défis à la gouvernance mondiale de la durabilité (Baldé, Wang et Kuehr, 2016).

que l'efficacité énergétique des ordinateurs double tous les 18 mois (Kooimey *et al.*, 2011), la principale question en matière de durabilité à long terme pourrait être celle de l'utilisation et de l'application des TIC pour éviter la consommation future d'énergie et réduire l'impact du changement climatique.

Les technologies numériques telles que les compteurs intelligents devraient raccorder plus d'un milliard de ménages et 11 milliards d'appareils intelligents aux systèmes électriques interconnectés à l'horizon 2040. L'utilisation des innovations technologiques numériques permettra aux ménages de déterminer quand et en quelle quantité s'approvisionner en électricité sur le réseau. Ces innovations faciliteront également la conception de réponses à la demande respectueuses de l'environnement dans les secteurs du bâtiment, de l'industrie et des transports, ce qui permettra d'éviter 270 milliards de dollars É.-U. de nouveaux investissements dans de nouvelles infrastructures électriques (AIE, 2017a). Des administrations municipales, de Copenhague à Addis-Abeba, investissent également dans des technologies intelligentes basées sur les TIC (par exemple, des entrepôts de données libres ou des plateformes de dialogue avec les citoyens) pour contribuer à améliorer la gouvernance urbaine à un coût financier et environnemental moindre (C40 Cities Climate Leadership Group [C40] et Arup, 2015).

2.6.3 La technologie agroalimentaire

Un certain nombre de tendances agroalimentaires mondiales – notamment la croissance démographique et l'augmentation de la richesse mondiale – nécessiteront une augmentation de la productivité agricole (de l'ordre de 60 à 120 % par rapport aux niveaux de 2005), en contradiction directe avec l'ensemble des ODD (Ort *et al.*, 2015).

En outre, il existe un large éventail de perspectives quant à l'écart de rendement prévisible – soit la différence entre le rendement potentiel à l'hectare d'une culture, avec suffisamment d'eau et de nutriments, et la quantité actuellement récoltée (White, 2015) – et quant aux options technologiques disponibles pour combler cet écart. Il est prévu que la production agricole totale augmentera de 60 % à l'horizon 2050 par rapport à celle de 2005 (Alexandratos et Bruinsma, 2012), du fait d'un accroissement de la population mondiale et du nombre de personnes originaires de pays en développement pouvant se permettre de consommer davantage et de s'offrir des aliments de meilleure qualité. La nouvelle question qui se posera à la communauté internationale est probablement

6 L'« effet de voilier » (par lequel l'avènement des navires à vapeur a entraîné un bond en avant dans l'efficacité et la conception des voiliers) laisse penser que les industries en place confrontées à une concurrence existentielle peuvent répondre par l'innovation compétitive.

7 Les technologies solaires photovoltaïques et éoliennes terrestres sont compétitives par rapport au gaz et au charbon dans un certain nombre de régions du monde, même sans tarification du carbone. Le coût des modules solaires photovoltaïques a baissé de 60 % dans les deux années qui ont précédé le premier semestre 2017 et des quatre cinquièmes au cours des cinq années qui ont suivi 2008 (Bloomberg NEF, 2017). Les prix du stockage de l'énergie baissent encore plus vite que ceux du solaire photovoltaïque et de l'éolien. Une étude récente révèle que les investissements dans la recherche-développement des projets de stockage d'énergie ont permis de réduire le coût des batteries au lithium-ion, qui est passé de 10 000 dollars É.-U./kWh au début des années 1990 à une trajectoire qui devrait atteindre 100 dollars É.-U./kWh au plus tard en 2018 (Kittner, Lill et Kammen, 2017).



la suivante : l'offre alimentaire mondiale sera-t-elle suffisante pour satisfaire la demande mondiale de produits alimentaires, et cette demande peut-elle être satisfaite sans produire d'effets négatifs sur l'affectation des terres, la biodiversité, l'utilisation de l'eau douce et d'autres ressources naturelles ? Si la réponse est négative, cette demande peut-elle être satisfaite, ou remodelée, en utilisant d'autres solutions que les technologies agricoles actuelles ?

Bijl *et al.* (2017) avancent qu'il serait possible de réaliser un équilibre durable entre la réduction de la faim dans le monde et le respect, entre autres, des frontières planétaires relatives à l'utilisation du sol et de l'eau en modifiant les habitudes alimentaires et en faisant une priorité politique de la lutte contre le gaspillage alimentaire. Dans le cas de l'utilisation de l'eau à des fins agricoles, une étude du Pacific Institute (2014) conclut que l'adoption de technologies et de techniques de gestion de l'eau existantes pourrait faire baisser la consommation d'eau à des fins agricoles dans l'État de Californie de 5,6 millions d'acres-pieds (un acre-pied est égal à 1 233,48 m³) par an (pour atteindre 6,6 millions d'acres-pieds), c'est-à-dire entre 17 et 22 %, tout en maintenant le même niveau de productivité agricole.

L'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI) (2014) soutient qu'un certain nombre de technologies et de pratiques agricoles (par exemple, la protection des cultures, l'irrigation goutte à goutte, la tolérance à la sécheresse, la tolérance à la chaleur, la gestion intégrée de la fertilité des sols, l'agriculture sans labour, l'efficacité de l'utilisation des nutriments, l'agriculture biologique, l'agriculture de précision [voir l'encadré 2.4], l'irrigation par aspersion, la récupération de l'eau et les mesures de conservation des terres) pourraient être déployées pour réaliser le double objectif d'accroître la production alimentaire tout en réduisant l'insécurité alimentaire dans les pays en développement. L'agriculture sans labour peut, à elle seule, accroître de 20 % le rendement du maïs, tandis que les variétés de blé tolérantes à la chaleur produisent un accroissement pouvant atteindre 17 % du rendement des cultures (IFPRI, 2014).

Le secteur de l'élevage produisant environ la moitié des émissions de GES du système alimentaire (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2017 ; Gerber *et al.*, 2013), les technologies agroalimentaires émergentes pourraient permettre de remodeler la demande de produits d'origine animale et d'accroître la viabilité du système alimentaire. La réduction de la consommation globale de viande ainsi que la mise en place de solutions de rechange aux systèmes de production animale conventionnels (par exemple, par l'introduction de produits de substitution d'origine végétale) permettraient, par exemple, de réduire considérablement l'empreinte



Encadré 2.4 : Les technologies agricoles de précision

Selon les prévisions, la population mondiale devrait atteindre neuf milliards d'habitants à l'horizon 2050, tandis que le changement climatique et la croissance des revenus seront les moteurs de la demande de denrées alimentaires au cours des prochaines décennies. Selon les scénarios de référence, les cours des denrées alimentaires telles que le maïs, le riz et le blé augmenteraient considérablement entre 2005 et 2050, et le nombre de personnes menacées par la faim dans les pays en développement passerait de 881 millions en 2005 à plus d'un milliard à l'horizon 2050 (IFPRI, 2014).

Bien qu'aucune technologie prise isolément ne constitue une solution à ces défis agricoles et alimentaires mondiaux, l'agriculture de précision (des solutions de communication entre machines, assistées par GPS, qui combinent les données collectées par des capteurs à une gestion automatisée) représente l'une des 11 innovations agricoles qui, collectivement, pourraient contribuer d'ici à 2050 à améliorer le rendement global des cultures de l'ordre de 67 %, tout en réduisant de près de la moitié les prix des denrées alimentaires (IFPRI, 2014).

de la production alimentaire sur l'utilisation des terres agricoles (Alexander *et al.*, 2017). Dans un autre exemple, bien qu'il existe des incertitudes quant à l'augmentation de l'effet de rebond sur la consommation énergétique⁸, la production de viande cultivée ou *in vitro* nécessite des quantités plus faibles d'intrants agricoles et de terres que l'élevage du bétail (Mattick *et al.*, 2015).

D'autres avancées technologiques émergentes démontrent la possibilité de dissocier la production agricole de la vulnérabilité associée à l'affectation des terres et au climat (Gilmont *et al.*, 2018). La culture hydroponique utilise de l'eau riche en nutriments plutôt que des sols pour faire pousser les cultures, et la culture aéroponique utilise des pulvérisations à forte densité de nutriments pour nourrir les plantes mises en suspension dans l'air. Ces deux techniques permettent une application précise de nutriments aux cultures pratiquées dans des conditions contrôlées, notamment dans des exploitations verticales intérieures économes en terres qui peuvent être aménagées dans des environnements urbains et dégradés (Eigenbrod et Gruda, 2015).

À mesure que le coût des sources d'énergie renouvelables décentralisées diminuera, les contraintes qui pèsent sur le déploiement élargi de ces technologies, y compris leur extension à des cultures de base, continueront à s'atténuer face à l'amplification des avantages environnementaux (Kalantari *et al.*, 2017). Pour accélérer véritablement l'avancée des technologies alimentaires et agricoles innovantes à l'échelle mondiale, en particulier dans les pays en développement, il sera également essentiel de mettre en place des initiatives politiques complémentaires durables, tel le Programme mondial pour un élevage durable lancé par la FAO, afin de diffuser les innovations alimentaires et agricoles durables, qu'elles soient ou non fondées sur la technologie.

2.6.4 La diffusion de la technologie et la durabilité mondiale

Il existe un solide consensus scientifique autour de l'importance de l'innovation technologique en tant que force motrice du changement pour la durabilité mondiale, mais le consensus est nettement plus fragile sur deux autres questions : premièrement, la diffusion des technologies durables – notamment en termes d'adoption et de déploiement de ce qu'on pourrait qualifier de technologies durables – dans les pays en développement ; deuxièmement, la manière de réguler et de régir les technologies nouvelles et émergentes dans l'optique de la durabilité mondiale (Juma, 2015). En ce qui concerne la diffusion technologique, pour ce qui est des taux d'adoption et d'accélération, un bon point de départ pourrait être le développement du marché des technologies d'énergie renouvelable telles que le solaire et l'éolien dans les pays en développement, en particulier dans le contexte des villes et de l'urbanisation (AIE, 2016a).

Bien que les sources d'énergie renouvelables aient représenté 70 % de l'augmentation nette de la capacité mondiale de production d'électricité en 2017, du fait de la compétitivité économique croissante des énergies solaire et éolienne (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2018), l'augmentation de la demande énergétique associée à la croissance démographique, en particulier dans les pays en développement, risque de surclasser le développement de solutions économiquement viables et évolutives fondées sur les énergies renouvelables, si aucune nouvelle percée technologique n'est réalisée dans le secteur de l'énergie (IRENA, 2017).

Pour créer les conditions institutionnelles et socio-économiques nécessaires à la diffusion des technologies, il est absolument nécessaire de concevoir les conditions de développement de l'innovation appropriées (Rogers, 2003) et de mettre en œuvre de nouvelles mesures publiques et privées pour s'attaquer plus efficacement aux politiques incohérentes, aux distorsions sur les marchés de l'électricité et aux conditions d'investissement

⁸ L'effet de rebond sur la consommation énergétique s'observe lorsqu'une amélioration de l'efficacité énergétique permet à une population de commencer à accroître sa consommation.

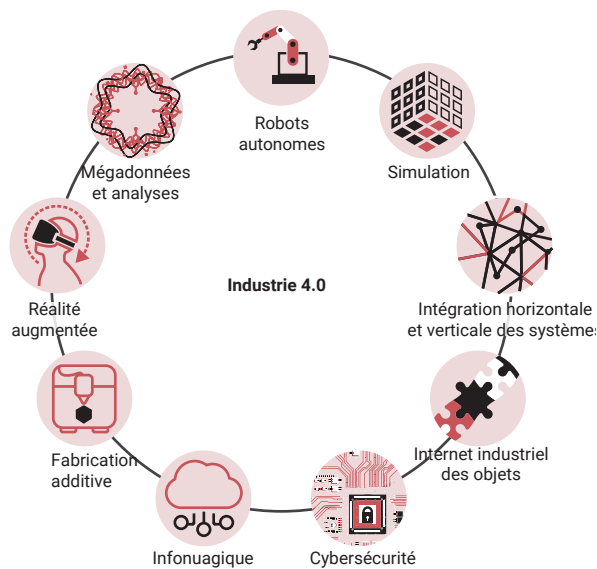
contraignantes et risquées (Ang, Röttgers et Burli, 2017) qui s'observent tant dans les pays industrialisés que dans les pays en développement.

En ce qui concerne la diffusion des technologies et les voies de la durabilité dans les pays membres de l'OCDE, le modèle émergent de « l'industrie 4.0 » aura probablement un impact majeur sur les liens entre la diffusion des technologies, le développement des marchés et la durabilité. L'industrie 4.0 – qui peut être décrite au mieux comme une plateforme technologique industrielle numérique, alimentée par des capteurs, des machines et des systèmes informatiques (**figure 2.15**) – est considérée par de nombreux scientifiques, experts en technologie et dirigeants d'entreprise comme la quatrième vague de progrès technologique (Lorenz *et al.*, 2015).

Si le modèle de l'industrie 4.0, notamment en tant que plateforme technologique, permet à court terme de générer des processus plus efficaces et de produire des biens de meilleure qualité à des coûts réduits, les impacts sociaux, environnementaux et économiques à long terme, notamment en matière d'emploi et de développement de la main-d'œuvre, demeurent, au mieux, imprécis. Le modèle émergent de l'industrie 4.0, ainsi que l'intelligence artificielle, la fabrication additive, l'Internet des objets et d'autres technologies perturbatrices, reflètent une profonde incertitude qui réside dans le lien entre la technologie et la durabilité : comment la communauté internationale peut-elle soupeser correctement les risques et avantages de la durabilité, notamment en ce qui concerne ses impacts à court et long terme sur l'emploi et le développement économique ?

En dépit de la visibilité croissante des impacts sociaux, environnementaux et économiques du changement climatique mondial et des dilemmes environnementaux, la lenteur des progrès dans un large éventail de négociations internationales sur les politiques environnementales (par exemple, le changement climatique) et sociales (par exemple, les réfugiés) limite la portée des options dites de bonne politique publique. Elle fait pencher le cadre de gouvernance vers des formes de technologie plus risquées, telle la géo-ingénierie climatique vue comme une solution stratégique. Il n'est pas essentiel de savoir si, oui ou non,

Figure 2.15 : Industrie 4.0: transformation technologique de la production industrielle future



L'industrie 4.0 est la vision de la production industrielle de l'avenir

Source : Lorenz *et al.* (2015).

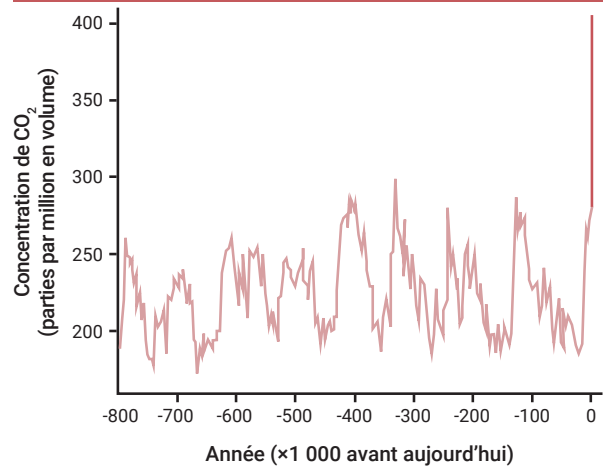
une technologie émergente particulière devrait être adoptée ou activement promue par des organisations publiques ou des entreprises privées. Il s'agit plutôt de savoir comment et dans quelle mesure la communauté internationale peut s'assurer qu'une surveillance, un contrôle et une protection adéquats face aux effets néfastes potentiels sont en place pendant que nous poursuivons la tâche complexe consistant à identifier, à développer et à diffuser des technologies qui ont un impact positif sur les pays plus riches de l'OCDE ainsi que sur les pays moins développés.

2.7 Le changement climatique

Dans le rapport GEO-6, le changement climatique anthropique est considéré comme une force motrice du changement environnemental parce qu'il a acquis une dynamique indépendante de l'activité humaine future ; il fait également l'objet d'une analyse en tant que question transversale à la section 4.3.1 du présent rapport. La **figure 2.16** illustre l'augmentation de la concentration de CO₂ au cours de la période industrielle, représentée à la même échelle que les données sur l'évolution de la concentration de CO₂ entre les périodes glaciaires et interglaciaires au cours des 20 000 dernières années. Les concentrations d'autres GES, tels le méthane et l'oxyde de diazote, ont également connu une hausse constante au fil du temps, comme l'indique l'indice annuel d'accumulation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère de l'Administration nationale des océans et de l'atmosphère (NOAA) des États-Unis et comme le démontrent Hartmann *et al.* (2013). L'impact de ces changements prouve que le changement climatique est désormais une force motrice majeure du changement environnemental – une force inexorable qu'on ne peut plus ignorer.

Selon le cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (2014), le monde est entré dans une ère de changement climatique engagé. Le concept d'inertie du climat, présenté pour la première fois par Ramanathan (1988), renvoie aux changements déjà prévisibles, indépendamment de toute autre émission ou de tout futur changement des concentrations de GES dans l'atmosphère. « Une grande partie du réchauffement climatique d'origine anthropique lié aux émissions de CO₂ est irréversible sur des périodes de plusieurs siècles à plusieurs millénaires, sauf dans le cas d'une élimination nette considérable de CO₂ atmosphérique sur une longue période » (GIEC, 2013, p. 28).

Figure 2.16 : Concentration moyenne de CO₂ dans l'atmosphère



Source : D'après des données de la NOAA tirées du site : <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/metadata/noaa-icecore-6091.html> (en bleu) et des données fournies par Pieter Tans, NOAA/ESRL (<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/> et <https://scrippsco2.ucsd.edu/>) (en rouge).



Les températures de surface demeureront à peu près constantes à des niveaux élevés pendant plusieurs siècles après l'arrêt complet des émissions nettes de CO₂ d'origine anthropique. Selon Mauritsen et Pincus (2017), « du fait de la durée de vie du CO₂, de l'inertie thermique des océans [Wigley, 2005], ainsi que des effets temporaires des aérosols à courte durée de vie [Hare et Meinshausen, 2006] et des gaz à effet de serre réactifs, le forçage anthropique n'équilibre pas le climat de la Terre. En conséquence, même si les émissions de combustibles fossiles devaient cesser soudainement, on s'attend à un certain niveau de réchauffement engagé, du fait des émissions antérieures, comme étudié précédemment à l'aide de modèles climatiques [Solomon *et al.*, 2009 ; Gillett *et al.*, 2011 ; Frölicher *et al.*, 2014] ».

Ainsi, la température mondiale actuelle est en grande partie contrôlée par le CO₂ émis au cours des décennies écoulées, une situation qui découle de l'inertie du climat et du cycle du carbone. Le climat est engagé au regard de la concentration actuelle de GES. Cela signifie que le changement climatique est désormais devenu une force motrice autonome du changement environnemental. Indépendamment de l'action humaine, voire de la présence humaine sur la planète, les incidences continueront à se produire sous l'impulsion des changements de température, des fluctuations des précipitations, de la fonte des neiges, de l'élévation du niveau des mers, de la sécheresse et d'autres variables climatiques, ainsi que des changements touchant le cycle hydrologique (Salem, 2011). Le changement climatique constitue donc un obstacle à la croissance et au développement.

2.7.1 Les émissions et concentrations de gaz à effet de serre

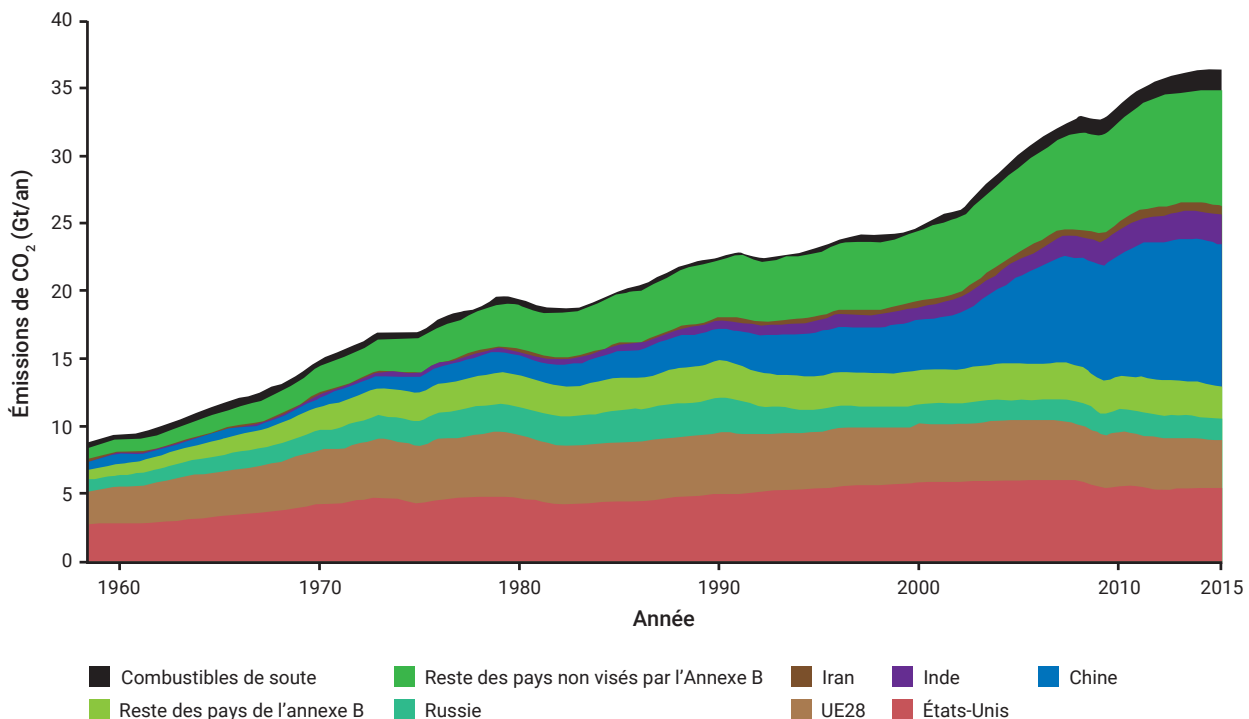
Les tendances des émissions dans certains pays sont illustrées aux figures 2.17 et 2.18. Plus de la moitié des

émissions totales cumulées depuis la révolution industrielle se sont produites au cours des quatre dernières décennies. Les émissions cumulées de CO₂ pour la période de 1750 à 1970 (220 ans) sont estimées à 910 gigatonnes (Gt)⁹, tandis que celles de la période de 1970 à 2010 (seulement 40 ans) sont d'environ 1 090 Gt (GIEC, 2014). Cette croissance se produit malgré la présence d'un large éventail d'institutions multilatérales et de politiques nationales visant à atténuer les émissions. La crise économique mondiale de 2007-2008 n'a que temporairement réduit le taux de croissance des émissions de GES par rapport à la tendance observée depuis 2000 (Peters *et al.*, 2011).

Il y a une répartition inégale des émissions de GES, à la fois en termes d'émissions individuelles – résultant d'habitudes de consommation liées à des modes de vie variés – et en termes d'émissions par pays. Les 10 % les plus riches de la population émettent 50 % des émissions totales de GES, tandis que les 50 % les plus pauvres n'en émettent que 10 % (King, 2015). En même temps, lorsqu'on se fonde sur le bilan de carbone pour limiter le réchauffement planétaire en deçà de 2 °C, il se produit une inégalité générationnelle, les générations futures ayant une allocation d'émissions réduite. Si les contributions déterminées au niveau national (CDN) actuelles sont pleinement mises en œuvre, le bilan de carbone permettant de limiter le réchauffement planétaire en deçà de 2 °C sera épuisé à 80 % dès 2030 (PNUE, 2017).

Les concentrations atmosphériques de GES sont passées d'environ 277 parties par million (ppm) en 1750 à 403,3 ppm en 2016 (Organisation météorologique mondiale, 2016). Les apports régionaux à cette concentration mondiale de GES sont détaillés dans les évaluations régionales du GEO-6 (PNUE, 2016). La croissance du CO₂ atmosphérique a été de 6,0 ± 0,2 Gt en 2016 (2,85 ± 0,09 ppm), un chiffre nettement supérieur à la moyenne de 4,7 ± 0,1 Gt par an pour la période allant de 2007 à 2016 (Le Quéré *et al.*, 2017).

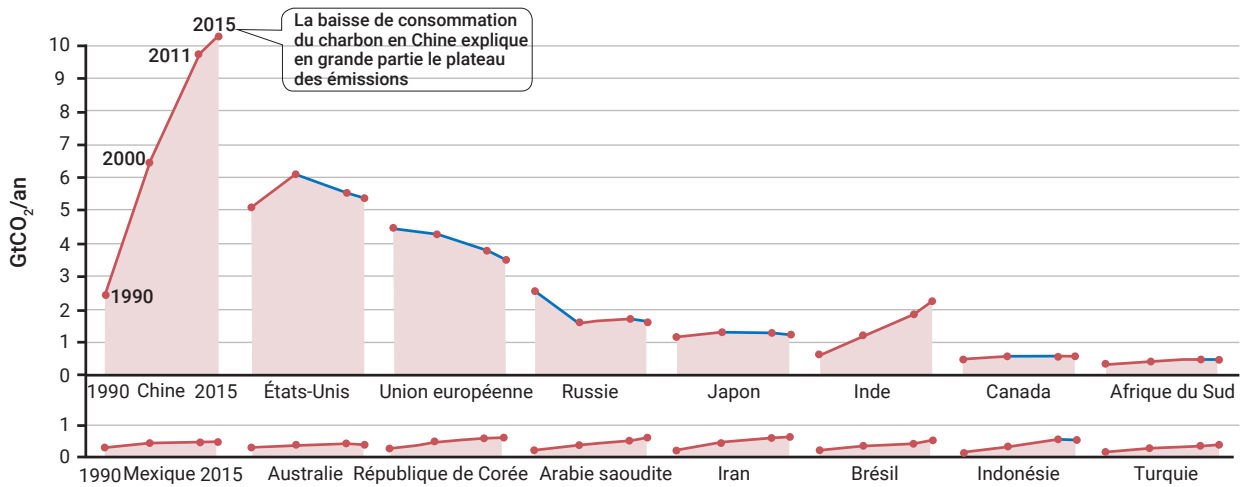
Figure 2.17 : Croissance mondiale des émissions de GES par région économique



Source : Quéré *et al.* (2016).

⁹ Dans la présente publication, « tonne » s'entend comme tonne métrique (1 000 kg).

Figure 2.18 : Tendances des émissions dans différents pays (1990-2015)



Les lignes orangées dénotent une croissance et les lignes bleues, une réduction.

Source : Quéré et al. (2016).

2.7.2 Le bilan des émissions

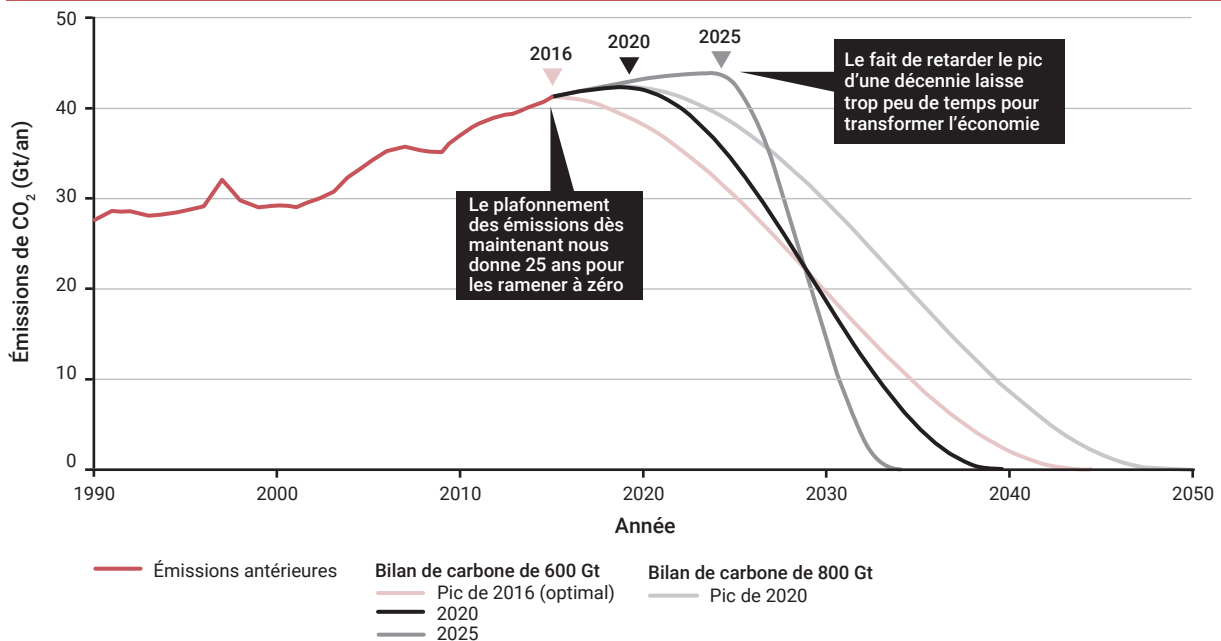
Les émissions totales cumulées de CO₂ et la réponse de la température moyenne à la surface du globe ont une corrélation à peu près linéaire. Tout niveau de réchauffement donné est associé à une gamme d'émissions cumulées de CO₂. Par conséquent, une cible de température donnée (par exemple, 2 °C) se traduit par un bilan d'émissions à long terme. Sur la base de ces informations, dans le rapport de synthèse de la cinquième évaluation, le GIEC (2014) estime la quantité de CO₂ que nous pourrions émettre tout en maintenant l'augmentation moyenne de la température mondiale par rapport aux niveaux préindustriels en deçà de 1,5 °C, de 2 °C, voire de 3 °C, ce qui pourrait être catastrophique.

L'objectif central de l'Accord de Paris est de renforcer la riposte mondiale à la menace des changements climatiques, en contenant

l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et en poursuivant l'action menée pour limiter l'élévation de la température à 1,5 °C (CCNUCC, 2015). Pour ce faire, les Parties ont soumis des CDN décrivant leur action en faveur du climat après 2020, qui feront l'objet d'un bilan mondial tous les cinq ans, afin d'évaluer les progrès collectifs et d'éclairer les Parties dans leurs futures actions individuelles (CCNUCC, 2015).

Déduction faite des émissions antérieures, le bilan de carbone qui subsiste pour pouvoir atteindre la cible de température fixée dans l'Accord de Paris se situe entre 150 et 1 050 Gt de CO₂. Aux taux d'émission annuels actuels, la limite inférieure de cette fourchette sera franchie dans quatre ans et le point médian (600 Gt de CO₂), dans 15 ans (figure 2.19). Il faudrait que les émissions retombent à zéro

Figure 2.19 : La crise du carbone



Source : Figueres et al. (2017, p. 595).



presque immédiatement après l'épuisement du bilan de carbone (Figueres *et al.*, 2017).

Si les engagements en matière d'émissions consignés dans l'Accord de Paris sont tenus, il sera possible d'éviter les pires effets du changement climatique et – d'après certaines études – une hausse de la température de 3 °C d'ici à 2100 (Le Quéré *et al.*, 2016). Les implications du retrait en 2017 des États-Unis – le deuxième plus grand émetteur – de l'Accord de Paris sont mitigées, car ce retrait n'empêche pas les politiques de soutien à l'innovation écologique des différents États américains. Il est toujours possible de réaliser les objectifs de température de l'Accord de Paris si les émissions mondiales commencent à baisser d'ici à 2020 (Figueres *et al.*, 2017).

Dans le cadre des politiques actuelles et prévisionnelles, le monde épuiserait en moins de 20 ans le bilan de carbone lié à l'énergie (CO₂) nécessaire pour maintenir l'augmentation de la température mondiale bien en deçà de 2 °C. Pour réaliser l'objectif de moins de 2 °C, il est essentiel d'agir immédiatement pour réduire de 470 Gt les émissions cumulées à l'horizon 2050 par rapport aux cibles politiques actuelles et aux cibles prévues (IRENA, 2018).

2.7.3 Les incidences du changement climatique

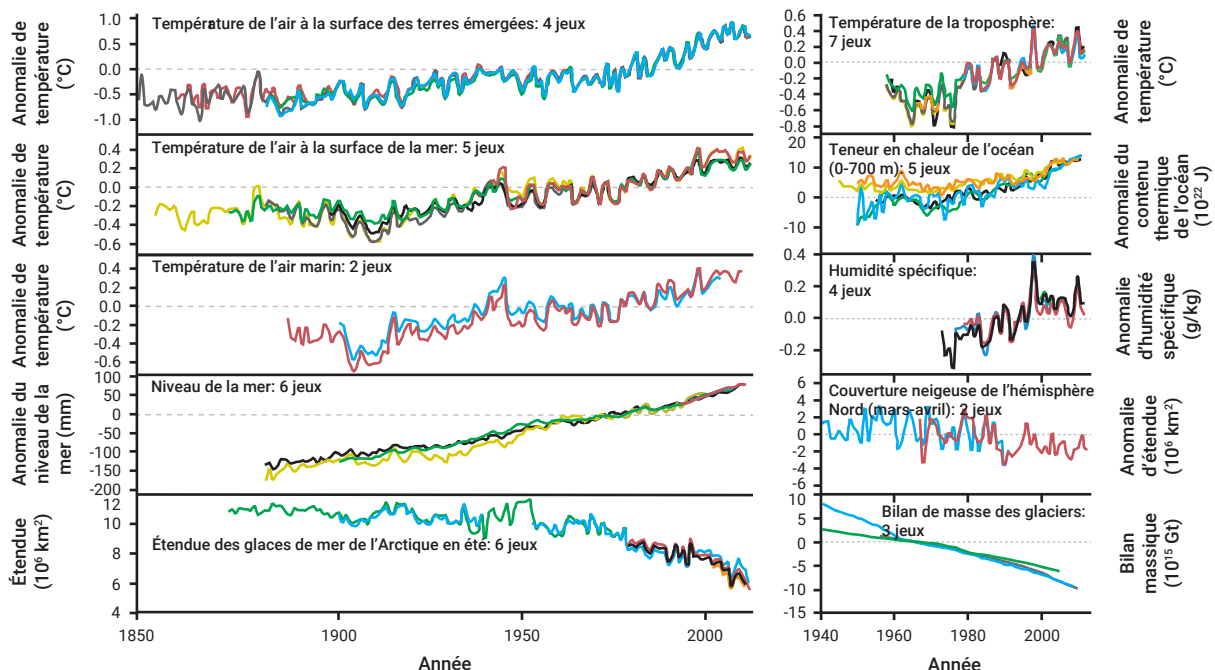
Le changement climatique amplifiera les risques existants et créera de nouveaux risques pour les systèmes naturels et humains (GIEC, 2014). Les risques sont non seulement inégalement répartis, mais généralement plus élevés pour les personnes et les communautés défavorisées. Il en est ainsi dans les pays, à tous les niveaux de développement. Le risque d'incidences liées au changement climatique résulte d'interactions complexes des dangers qui lui sont associés avec la vulnérabilité, l'exposition et la capacité d'adaptation des systèmes humains et naturels. La progression des taux et de l'ampleur du réchauffement ainsi que d'autres changements touchant le système climatique, accompagnés de l'acidification des océans, accroissent le risque d'effets néfastes graves, généralisés et, dans certains cas, irréversibles. Déjà, la température moyenne annuelle à la surface du globe a augmenté à un taux moyen de 0,07 °C par décennie depuis 1880 et de

0,17 °C par décennie depuis 1970 (NOAA, 2015). Les tendances de la température à la surface des mers, de la température de l'air marin, du niveau de la mer, de la température de la troposphère, du contenu thermique des océans et de l'humidité spécifique sont similaires (GIEC, 2014 ; **figure 2.20**).

Au-delà de l'augmentation de la température, les incidences déjà observées comprennent des changements au niveau du cycle de l'eau, le réchauffement des océans, la fonte de la couverture de glace de l'Arctique, l'élévation du niveau moyen des mers à l'échelle mondiale et l'altération du cycle du carbone et du cycle biogéochimique (pour plus de détails, voir les chapitres 4 et 5). En outre, la fréquence et l'intensité des feux de forêt qui, à leur tour, libèrent des GES se sont accrues. Les observations et les simulations des modèles climatiques indiquent une amplification du réchauffement polaire résultant de diverses rétroactions dans le système climatique, la rétroaction glace-albédo positive étant particulièrement forte (Taylor *et al.*, 2013). La réduction de l'étendue de la couverture de glace met au jour une surface plus sombre, ce qui entraîne une diminution de l'albédo, laquelle se traduit à son tour par une absorption plus forte du rayonnement solaire et une accélération accrue du réchauffement. Du fait du réchauffement accru de l'Arctique, l'étendue de la banquise diminue fortement, surtout en été (Vaughan *et al.*, 2013). Toutefois, des écrits récents concluent que les rétroactions de la température jouent un rôle dominant, faisant de la rétroaction de l'albédo de la surface le deuxième facteur d'amplification en importance dans l'Arctique (Pithan et Mauritsen, 2014).

Le cycle global de l'eau est affecté, ce qui a une incidence sur les modèles de précipitations sur les terres à l'échelle mondiale ainsi que sur la salinité à la surface et à la subsurface des océans, contribuant ainsi à des variations à l'échelle mondiale de la fréquence et de l'intensité des extrêmes de température quotidienne depuis le milieu du XX^e siècle. Le niveau moyen mondial des mers s'est élevé de 0,19 m (intervalle : 0,17-0,21 m) sur la période allant de 1901 à 2010, sur la base du taux moyen enregistré depuis 110 ans et des enregistrements des marégraphes auxquels s'ajoutent, depuis 1993, les données satellitaires (GIEC, 2014).

Figure 2.20 : Plusieurs indicateurs indépendants du changement climatique à l'échelle mondiale



Jeux : jeux de données.
Source : GIEC (2014).

L'évolution du système climatique a eu des incidences à grande échelle sur divers écosystèmes, comme le documentent les chapitres thématiques qui suivent dans la partie A. En tant que force motrice du changement environnemental, le changement climatique exacerbe les pressions actuelles sur les terres, l'eau et la biodiversité. Si la concentration atmosphérique de CO₂ passe du niveau actuel de 406 ppm à la gamme de 450 à 600 ppm, entraînant un réchauffement de plus de 2 °C au cours du siècle à venir, ce réchauffement aura plusieurs effets irréversibles, notamment l'élévation du niveau des mers (Smith *et al.*, 2011). O'Neill *et al.* (2017) décrivent les risques individuels, les risques clés globaux, notamment pour la biodiversité, la santé et l'agriculture, ainsi que les risques de phénomènes extrêmes tels que les précipitations et les vagues de chaleur extrêmes et les risques touchant des écosystèmes spécifiques tels que les montagnes et l'Arctique, pour n'en citer que quelques-uns (**figure 2.21**).

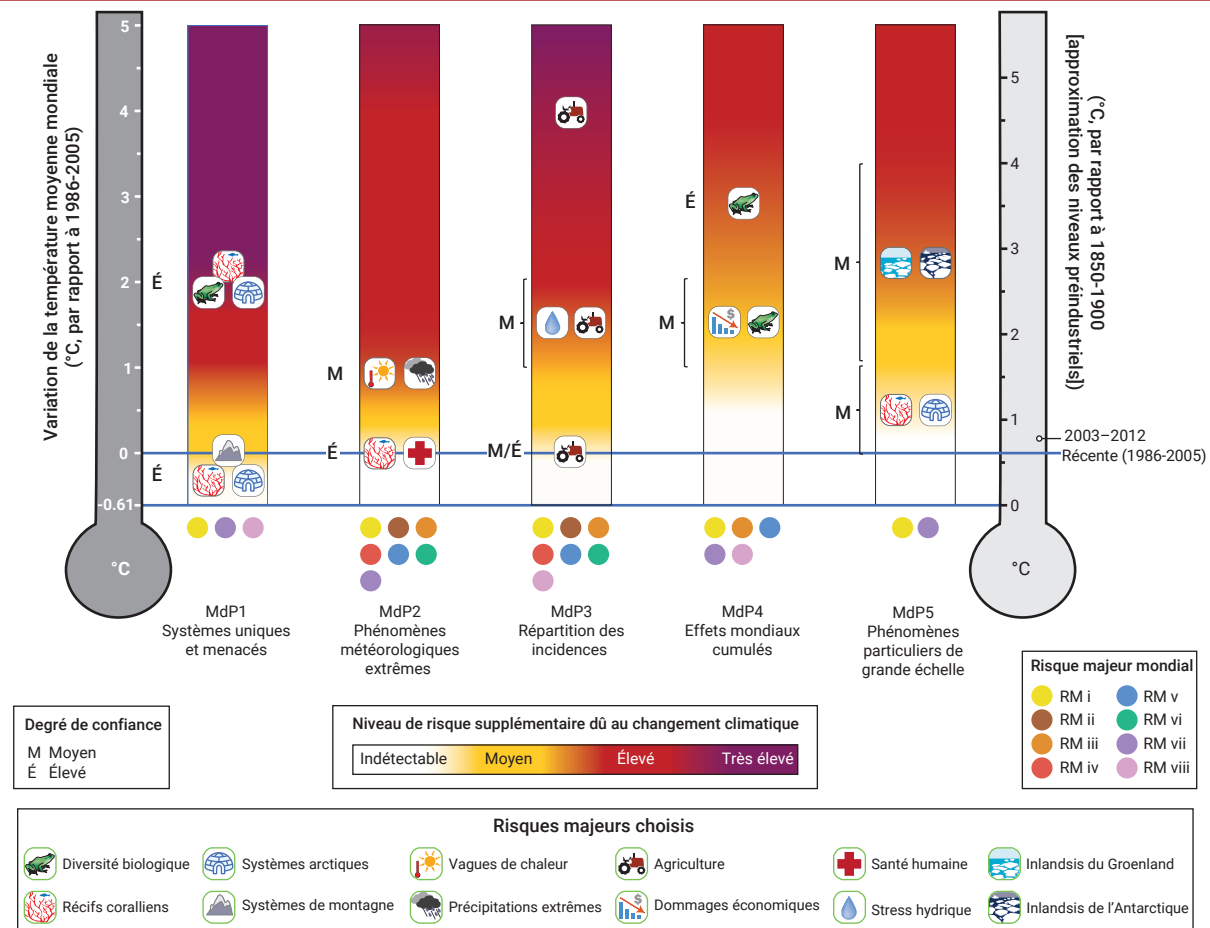
Le climat de l'avenir dépendra donc de la combinaison du réchauffement engagé causé par les émissions anthropiques du passé, de l'incidence des émissions anthropiques futures, de la variabilité naturelle du climat et de la sensibilité du climat. Certaines régions (en particulier, aux latitudes septentrionales moyennes et élevées) connaissent déjà un réchauffement plus important que la moyenne mondiale, l'augmentation moyenne de la température excédant 1,5 °C dans ces régions.

Ces impacts se répercutent sur la qualité et la quantité des services écosystémiques, ainsi que sur les modes d'utilisation des

ressources, leur répartition et l'accès à celles-ci dans l'ensemble des régions et à l'intérieur des pays.

Le temps presse pour prévenir les effets irréversibles et dangereux du changement climatique. À moins d'une réduction radicale des émissions de GES, le monde est en voie de dépasser le seuil de température convenu de 2 °C au-dessus des niveaux préindustriels, ce qui accroîtrait le risque d'effets généralisés du changement climatique, au-delà de ce qu'on observe déjà. Au nombre de ces effets figurent des phénomènes extrêmes (tels les inondations, les ouragans et les cyclones) occasionnant la perte de vies humaines et de moyens de subsistance, des sécheresses généralisées causant une perte de productivité agricole et l'insécurité alimentaire, de fortes vagues de chaleur, une évolution des vecteurs de maladie entraînant une hausse de la morbidité et de la mortalité, des ralentissements de la croissance économique, ainsi qu'une amplification des risques de conflits violents (Salem, 2011 ; Agence suédoise de coopération internationale pour le développement, 2018). L'ampleur, la répartition et la gravité des effets diffèrent d'un pays à l'autre, et plusieurs îles ont été confrontées à des effets multiples au cours d'une même saison – Haïti en 2004, par exemple – ou tous les ans durant plusieurs années, comme la Dominique, qui a été frappée par les ouragans Erika en 2015 et Maria en 2017. Ces effets peuvent saper les mécanismes et les systèmes de sécurité alimentaire, ainsi que les progrès sociaux et économiques dans des domaines tels que la santé.

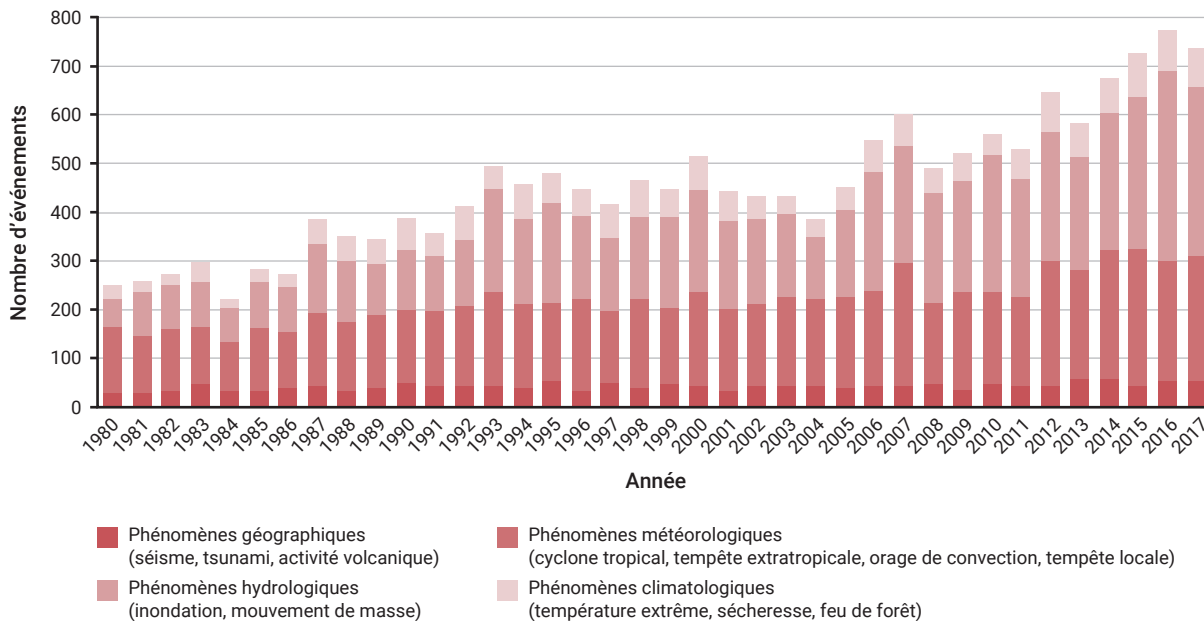
Figure 2.21 : Diagramme amélioré présentant une perspective mondiale des risques liés au climat



MdP : motif de préoccupation.
Source : O'Neill *et al.* (2017, p. 30).



Figure 2.22 : Tendances du nombre de phénomènes naturels entraînant des pertes



Source : Munich RE (2017).

Le doublement de la fréquence des phénomènes de perte liés au climat depuis 1980 (figure 2.22) est une indication des effets potentiels (Hoepple, 2016). On estime que ces phénomènes ont déjà occasionné la perte de 400 000 vies humaines et un coût de 1,2 billion de dollars des États-Unis par an pour l'économie mondiale, effaçant ainsi 1,6 % du PIB mondial.

Ces risques sont particulièrement élevés – aussi bien actuellement qu'à l'avenir – pour les populations tributaires des secteurs des ressources naturelles, telles les communautés côtières, les communautés agricoles et forestières et les personnes qui connaissent de multiples formes d'inégalité, de marginalisation et de pauvreté, amplifiant ainsi les risques existants et créant de nouveaux risques pour les systèmes naturels et humains. L'ampleur des dommages potentiels résultant du changement climatique constitue un risque systémique majeur qui menace notre bien-être futur et les écosystèmes dont nous dépendons, en particulier pour les sociétés des pays moins développés et moins résilients (OCDE, 2017).

2.7.4 Implications

L'Accord de Paris reconnaît que la limitation du réchauffement d'ici la fin du siècle pourrait contribuer à prévenir d'autres problèmes. Il énonce explicitement la nécessité de parvenir à un équilibre entre les émissions et les absorptions au cours de la seconde moitié du siècle. Il importe d'atteindre la cible de 2 °C afin de réduire la probabilité de tempêtes plus intenses, de sécheresses plus longues, d'élévation du niveau des mers et d'autres catastrophes naturelles qui sont de plus en plus fréquemment signalées (Munich RE, 2016). Pour nous donner de bonnes chances de nous maintenir au-dessous de 2 °C à des coûts gérables, les émissions mondiales devraient baisser de 40 à 70 % entre 2010 et 2050 et atteindre zéro dès 2100 (GIEC, 2014 ; Kroeze et Pulles, 2015). La trajectoire actuelle des émissions mondiales annuelles et cumulées de GES est incompatible avec l'objectif largement débattu de limiter le réchauffement planétaire à 1,5 à 2,0 °C au-dessus des niveaux préindustriels. Si les émissions continuent à augmenter au-delà de 2020, ou même si elles se stabilisent, les objectifs de température fixés par l'Accord de Paris deviennent pratiquement impossibles à réaliser. Les mesures tardives et les politiques à court terme

timides accroissent la difficulté d'atténuer le réchauffement à long terme. Il existe des risques liés au fait que le réchauffement planétaire dépasse 1,5 °C d'ici la fin du siècle (la gravité accrue des effets prévus et l'augmentation des besoins d'adaptation), ce qui rendra beaucoup plus difficile la réalisation de plusieurs ODD. Les coûts et les risques globaux du changement climatique tiennent compte d'une prévision selon laquelle certaines régions connaîtront une décroissance pouvant atteindre 6 % de leur PIB à l'horizon 2050, selon un récent rapport de la Banque mondiale (2016) sur le changement climatique, l'eau et l'économie. Si on veut éviter les pires risques liés au changement climatique, la transformation économique devra se faire à un rythme et une ampleur sans précédent (OCDE, 2017).

2.8 Démêler les forces motrices et leurs interactions

La même force motrice du changement environnemental peut exercer des forces à la fois positives et négatives sur l'environnement, comme indiqué dans les sections précédentes. En outre, les cinq forces motrices mises en évidence dans le présent chapitre sont mutuellement interdépendantes, et cette interdépendance peut elle-même être positive ou négative. L'effet cumulé éventuel de ces forces motrices sur l'environnement a été largement examiné dans la littérature (Wu *et al.*, 2017).

Le **tableau 2.1** présente les interactions entre les déterminants abordés dans le présent chapitre. Il s'agit d'interactions de premier ordre (ce qui exclut les interactions avec d'autres variables), à l'échelle mondiale et dans les conditions actuelles.

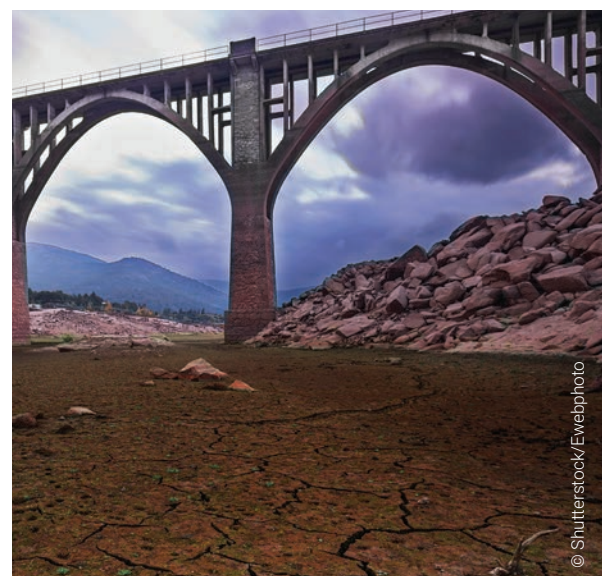
Les effets globaux de ces interactions sur le changement climatique sont négatifs. Ce constat se dégage clairement de l'observation de la trajectoire actuelle des émissions de GES, qui continuent d'augmenter à un rythme qui s'est même accéléré depuis 15 ans par rapport à la trajectoire de la période de 1980 à 2000 (section 2.7). Ainsi, il y a peu de doutes sur le caractère non durable de l'interaction actuelle et des effets cumulés de la croissance démographique, du développement économique et de l'innovation technologique.

Tableau 2.1 : Interactions entre les forces motrices

	Croissance démographique	Croissance économique	Changement technologique	Changement climatique	Urbanisation
Croissance démographique	—	Impact négatif en raison du retard au niveau de la fenêtre d'opportunité démographique.	La croissance démographique favorise l'innovation technologique, pour répondre aux demandes supplémentaires. Elle pourrait également occasionner une baisse de l'épargne et de l'investissement en raison des rapports de dépendance élevés.	La croissance démographique accroît la pression sur l'environnement et amplifie le changement climatique.	Pression accrue sur les zones urbaines: l'exode rural pourrait s'amplifier.
Croissance économique	La hausse du PIB et le développement en général sont associés à des taux de fécondité plus faibles.	—	La croissance économique est associée à une hausse des investissements et de l'innovation technologique.	L'augmentation de la production économique est associée à une pression accrue sur l'environnement.	La croissance favorise une urbanisation accrue.
Changement technologique	L'innovation technologique est liée à une capacité accrue à réduire le taux de fécondité.	L'innovation est associée à une croissance accrue du PIB.	—	Les tendances actuelles indiquent une croissance de l'innovation technologique verte, qui réduit la pression par unité de production.	Le changement technologique peut contribuer aux processus d'urbanisation ou aider à réduire les tendances migratoires, grâce à un meilleur accès aux technologies et aux communications.
Changement climatique	Le changement climatique accroît les taux de mortalité et a des effets négatifs sur la santé.	Certains coûts associés au changement climatique freinent la croissance économique.	Les pressions liées au changement climatique favorisent l'innovation technologique adaptative.	—	Les effets du changement climatique sur les communautés rurales exercent une pression sur la migration vers les zones urbaines.
Urbanisation	L'urbanisation est associée à des taux de fécondité plus faibles (du fait de l'accès à de meilleurs soins de santé et à une meilleure éducation).	L'urbanisation est fortement corrélée à une production économique plus élevée.	L'urbanisation entraîne une intensification de l'utilisation des technologies, en raison de la densification de la population.	Il n'existe pas de lien de causalité, mais plutôt une corrélation entre l'urbanisation et la hausse des émissions.	—

Ces effets agrégés ne sont pas les mêmes dans toutes les régions. Dans les pays développés (tels le Canada, les pays de l'Union européenne, le Japon et les États-Unis), les émissions se sont stabilisées et ont même baissé substantiellement dans certains cas. Une croissance modérée, une démographie stable, certains changements dans les modes de consommation et des innovations technologiques ont permis de réduire les émissions globales de GES. Cependant, les économies émergentes qui sont passées du statut de pays à revenu moyen inférieur à celui de pays à revenu moyen supérieur ont accru leurs émissions globales (c'est le cas de la plupart des pays à revenu moyen, dont la Chine et l'Inde).

En revanche, ce sont les pays les plus riches et les plus nantis qui contribuent le plus, et de loin, aux émissions par habitant et globales. Ce constat s'applique tant au niveau de revenu national (les pays développés génèrent plus de la moitié des émissions totales et ont une empreinte carbone par habitant nettement plus élevée) qu'au niveau de revenu des personnes au sein d'un pays donné (qu'elles vivent dans un pays développé ou en développement, les personnes figurant dans le quintile le plus riche du monde produisent à la fois une empreinte carbone plus élevée par habitant et des émissions globales plus importantes). Les



© Shutterstock/Ewebphoto



habitudes de consommation et les fonctions de production dans les pays développés, ainsi que le mode de vie et les choix de consommation des élites et des nantis de la planète, doivent donc changer radicalement pour infléchir les émissions de GES vers une trajectoire plus durable. La voie vers la croissance dans les économies émergentes ne saurait reproduire l'augmentation de l'empreinte carbone et des émissions de GES observée depuis 20 ans. La technologie et l'urbanisation offrent toutes deux aux économies émergentes une fenêtre d'opportunité – mais sans garantie – pour suivre une voie de développement qui s'avérera plus durable, tant du point de vue de la consommation que de celui de la production.

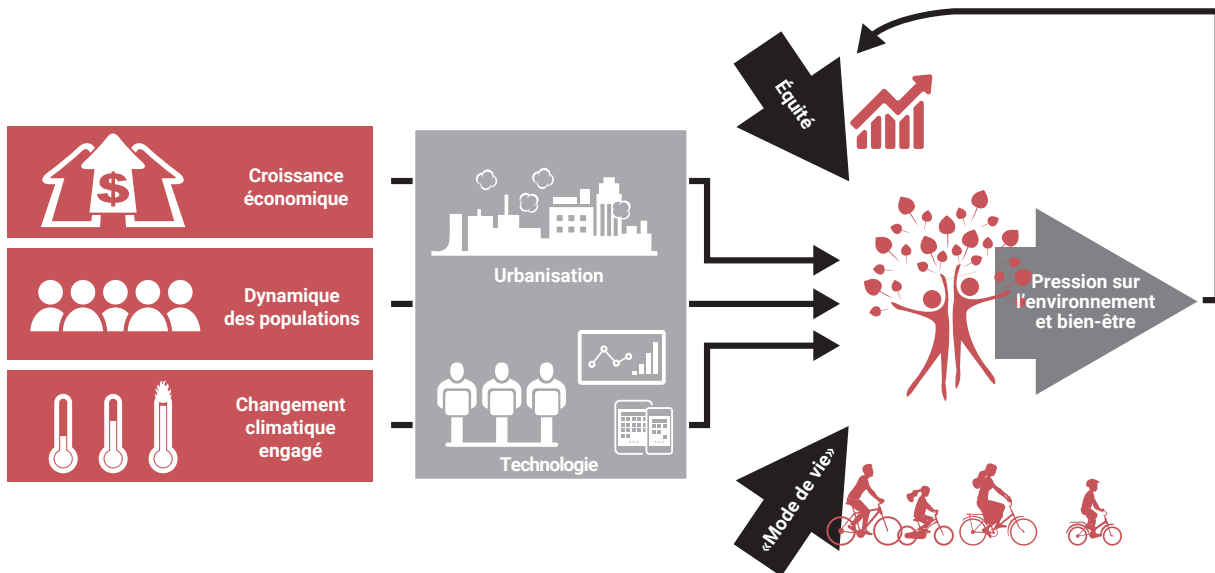
Le diagramme de la **figure 2.23** illustre une autre façon d'envisager les interactions entre les forces motrices, en mettant l'accent sur l'interdépendance entre les domaines et sur la façon de la faire évoluer. Ce diagramme sert à évaluer les obstacles auxquels les différentes voies seront confrontées. Trois des forces motrices examinées – la croissance économique, la croissance démographique et le changement climatique – sont regroupées à gauche, tandis que la portion de droite du diagramme présente les effets souhaités ou préférables – la diminution de la pression

sur l'environnement, le bien-être humain et l'équité. Au milieu se trouvent les facteurs médiateurs du changement technologique et de l'urbanisation (des mécanismes potentiellement habilitants, mais aussi des forces potentiellement négatives). La croissance économique, la croissance démographique et le changement climatique se situent à gauche, car ils reflètent les réalités fondamentales de l'aspiration humaine, de l'élan démographique et de l'engagement en faveur du changement climatique. C'est la nature des deux autres forces motrices se situant au milieu – la technologie et l'urbanisation – qui a le potentiel de modifier les effets de ces processus.

Il est nécessaire de limiter les effets négatifs de ces différentes forces motrices – et même de les recadrer en tant que catalyseurs d'une réponse transformatrice nécessaire et urgente – pour parvenir à un développement durable et à l'équité, y compris l'éradication de la pauvreté. Cependant, il importe d'éviter que les efforts déployés pour réorienter une force motrice ne compromettent les actions globales visant à promouvoir le développement durable.

Les chapitres des parties B, C et D présentent une évaluation exhaustive des voies de développement en général et de leurs implications stratégiques.

Figure 2.23 : Relations entre les forces motrices





L'identité I = PAT établit un lien conceptuel entre la population, le développement et la technologie, et les différentes trajectoires dépendent des interactions entre ces facteurs déterminants. L'identité I = PAT se présente sous la forme suivante : $I = P \times A \times T = P \times (Y/P) \times (I/Y) = I$ (équation 1a), où

- ❖ I = l'impact, c'est-à-dire l'utilisation de ressources naturelles ou d'énergie ;
- ❖ P = la population ;
- ❖ A = la richesse (*affluence*), soit le revenu par habitant, égal à P/Y ;
- ❖ Y = le rendement (*yield*) national, soit le PIB ;
- ❖ T = la technologie, soit l'efficacité de la production, généralement exprimée comme la quantité de ressources utilisées (ou l'impact sur les ressources) par dollar de production.

L'équation 1a indique une relation de multiplication simple entre les trois facteurs constitutifs P, A et T. En effet, la population est considérée dans certains ouvrages scientifiques et stratégiques comme un simple facteur proportionnel ou multiplicateur des effets sur l'environnement de facteurs plus « substantiels » : la croissance économique, l'évolution technologique et la restriction réglementaire. Si les autres paramètres sont stables, un doublement de la population entraînera un doublement de la consommation de ressources naturelles et d'énergie. Nous savons que cette situation ne se produit pas, mais – les autres paramètres n'étant pas stables – une modération globale de la croissance démographique améliore la croissance économique dans les économies émergentes et à faible revenu, limitant ainsi les effets positifs de la modération de la croissance démographique sur les émissions globales. Par ailleurs, la modération de la croissance économique peut limiter la croissance des économies à faible revenu, ce qui affecte également le taux de modération de la croissance démographique. Ainsi, une fois de plus, ce qui pourrait constituer un gain d'un côté peut équivaloir à une perte de l'autre. En outre, la croissance est nécessaire pour réaliser les autres ODD importants. Il faut donc parvenir à une dissociation radicale entre les émissions et la croissance démographique et économique.

L'identité Kaya est souvent utile pour analyser les différentes forces motrices du changement climatique.

$C = P \times A \times e \times c = P \times (Y/P) \times (E/Y) \times (C/E)$ (équation 1b), où :

C = les émissions de carbone ;

P = la population ;

A = la richesse (*affluence*) = Y/P , où Y = le revenu (ou la consommation) ;

e = l'intensité énergétique (ou la consommation d'énergie par dollar de production) = E/Y , où E est la consommation totale d'énergie ;

c = l'intensité de carbone (soit les émissions de carbone par unité d'énergie consommée) = C/E .

Cette équation indique que la réduction des émissions n'aura lieu que si une ou plusieurs variables de l'équation 1b sont réduites. On peut tirer deux conclusions de cette relation. Premièrement, alors qu'une réduction marginale et progressive des émissions peut être obtenue par la variation marginale d'un ou plusieurs des facteurs constitutifs (P, A, e et c), les réductions radicales qu'implique l'Accord de Paris (telle la réduction des émissions à zéro à l'horizon 2050) ne peuvent être obtenues qu'en combinant la décarbonisation rapide de l'utilisation de l'énergie (la réduction de C/E), la réduction de l'intensité énergétique globale (E/Y) de l'économie, la réduction du niveau de consommation (Y/P) des populations les plus riches et les plus nanties du monde (tant dans les pays développés que dans les pays en développement), et la réduction du niveau ultime de la population (P). Toutes ces options présentent des difficultés.



Références

Acemoglu, D. (2009). Endogenous technological change. In *Introduction to Modern Economic Growth*. Princeton, NJ: Princeton University Press. 411-533. <https://www.theicg.org/wp-content/uploads/2016/06/acemoglu-2007.pdf>

Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. et Hémous, D. (2012). The environment and directed technical change. *American Economic Review* 102(1), 131-166. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.102.1.131>

Alexander, P., Brown, C., Armeth, A., Dias, C., Finnigan, J., Moran, D. et al. (2017). Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security* 15, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>

Alexandratos, N. et Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>

Alvaredo, F., Chancel, L., Piketti, T., Saez, E. et Zucman, G. (2017). *World Inequality Report 2018*. The World Inequality Lab. <https://wir2018.wid.world/files/download/wir2018-full-report-english.pdf>

Ang, G., Röttgers, D. et Burli, P. (2017). *The Empirics of Enabling Investment and Innovation in Renewable Energy*. OECD Environment Working Papers. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/deliver/67d221b8-en.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpa_per%2F67d221b8-en&mimeType=pdf

Angel, S., Parent, J., Civco, D.L., Blei, A. et Potere, D. (2011). The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000–2050. *Progress in Planning* 75(2), 53-107. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2011.04.001>

Baldé, C.P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R. et Stegmann, P. (2017). *The Global E-Waste Monitor 2017: Quantities, Flows and Resources*. Bonn: United Nations University, International Telecommunication Union and International Solid Waste Association. <http://collections.unu.edu/view/UNU:6341>

Baldé, C.P., Wang, F. et Kuehr, R. (2016). *Transboundary Movements of Used and Waste Electronic and Electrical Equipment*. Bonn: United Nations University. http://www.step-initiative.org/files/_documents/other_publications/UNU-Transboundary-Movement-of-Used-EEE.pdf

Barreira, P.P., Carreón, J.R. et de Boer, H.J. (2018). A multi-level framework for metabolism in urban energy systems from an ecological perspective. *Resources, Conservation and Recycling* 132, 230-238. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.05.005>

Benhabib, J. et Rustichini, A. (1996). Social conflict and growth. *Journal of Economic Growth* 1(1), 125-142. <https://doi.org/10.1007/BF00163345>

Bettencourt, L. et West, G. (2010). A unified theory of urban living. *Nature* 467(7318), 912-913. <https://doi.org/10.1038/467912a>

Bhattacharya, A., Meltzer, J., Oppenheim, J., Qureshi, Z. et Stern, N. (2016). *Delivering on Sustainable Infrastructure for Better Development and Better Climate*. Washington, D.C: The Brookings Institution. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/12/global_122316_delivering-on-sustainable-infrastructure.pdf

Bijl, D.L., Bogaart, P.W., Dekker, S.C., Stehfest, E., de Vries, B.J.M. et van Vuuren, D.P. (2017). A physically-based model of long-term food demand. *Global Environmental Change* 45, 47-62. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.04.003>

Bird, R. et Bahl, R. (2008). *Subnational Taxes in Developing Countries: The Way Forward*. Institute for International Business. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1273753

Birkmann, J., Welle, T., Solecki, W., Lwasa, S. et Garschagen, M. (2016). Boost resilience of small and mid-sized cities. *Nature* 537(7622), 605-608. <http://dx.doi.org/10.1038/537605a>

Bitbas, K. et Kalimeris, P. (2016). *Revisiting the Energy-Development Link: Evidence from the 20th Century for Knowledge-Based and Developing Economies*. Springer. https://books.google.co.ke/books/about/Revisiting_the_Energy_Development_Link.html?id=401rqEACAAJ&redir_esc=y

Bloomberg New Energy Finance (2017). 'Off-grid et mini-grid: Q1 2017 market outlook'. 5 January 2017. <https://about.bnef.com/blog/off-grid-mini-grid-q1-2017-market-outlook/>

Bourguignon, F. (2002). The growth elasticity of poverty reduction: Explaining heterogeneity across countries and time periods. In *Inequality and Growth*. Eicher, T. et Turnovsky, S. (dir). Cambridge, MA: MIT Press. chapitre 1. 3-26. <http://documents.worldbank.org/curated/en/50316146878000293/pdf/28104.pdf>

Bren d'Amour, C., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B., Erb, K.-H. et al. (2016). Future urban land expansion and implications for global croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(34), 8939-8944. <https://doi.org/10.1073/pnas.1606036114>

Brenner, B. et Schmid, C. (2014). The 'urban age' in question. *International Journal of Urban and Regional Research* 38(3), 731-755. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12115>

C40 Cities Climate Leadership Group et Arup (2015). *Polisdigitocracy: Digital Technology, Citizen Engagement, and Climate Action*. London. <http://www.c40.org/researches/polisdigitocracy-digital-technology-citizen-engagement-and-climate-action>

Canuto, O. (2010). *Towards a Switchover of Locomotives in the Global Economy*. Economic PremiseWorld Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/694391468174866224/pdf/568290BR0EP330Box353739801PUJLIC1.pdf>

Carroll, C., Slacalek, J., Tokouka, K. et White, M.N. (2017). The distribution of wealth and the marginal propensity to consume. *Quantitative Economics* 8(3), 977-1020. <https://doi.org/10.3982/QE694>

Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Boston, MA: Houghton Mifflin. <http://www.rachelcarson.org/SilentSpring.aspx>

Casey, G. et Galor, O. (2017). Is faster economic growth compatible with reductions in carbon emissions? The role of diminished population growth. *Environmental Research Letters* 12(1), 014003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/12/1/014003>

Chancel, L. et Piketty, T. (2015). *Carbon and Inequality: From Kyoto to Paris. Trends in the Global Inequality of Carbon Emissions (1998-2013) and Prospects for an Equitable Adaptation Fund*. Paris: Paris School of Economics. <http://piketty.pse.ens.fr/files/ChancelPiketty2015.pdf>

Chitnis, M., Sorrell, S., Druckman, A., Firth, S.K. et Jackson, T. (2013). Turning lights into flights: Estimating direct and indirect rebound effects for UK households. *Energy Policy* 55, 234-250. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.008>

Cottineau, C., Finance, C., Hatna, E., Arcaute, E. et Batty, M. (2018). Defining urban agglomerations to detect agglomeration economies. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*. <https://doi.org/10.1177/2399808318755146>

CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis (2018). *CPB world trade monitor*. <https://www.cpb.nl/en/worldtrademonitor> (consulté le 5 novembre 2018).

da Costa, P.N. (2017). *There's a morsel of good news about inequality that's buried in all the scary headlines*. Business Insider UK. <http://uk.businessinsider.com/inequality-rising-in-rich-countries-but-falling-in-many-poor-ones-2017-8?r=US&IR=T>

Dalton, M., O'Neill, B., Prskawetz, A., Jiang, L. et Pitkin, J. (2008). Population aging and future carbon emissions in the United States. *Energy Economics* 30(2), 642-675. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.07.002>

Daly, H.E. (1973). *Towards a Steady State Economy*. San Francisco, CA: W.H. Freeman. <http://www.worldcat.org/title/toward-a-steady-state-economy/oclc/524050>

Dechezprêtre, A., Martin, R. et Mohnen, M. (2014). *Knowledge Spillovers from Clean and Dirty Technologies*. CEP Discussion Paper. London: Centre for Economic Performance. <http://eprints.lse.ac.uk/60501/>

Diamond, J.M. (2011). *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. New edn. London: Penguin. http://www.e-reading.by/bookreader.php/133781/Collapse%253A_How_Societies_Choose_to_Fail_or_Master.pdf

Dobbs, R., Smit, S., Remes, J., Manyika, J., Roxburgh, C. et Restrepo, A. (2011). *Urban World: Mapping the Economic Power of Cities*. New York, NY: McKinsey Global Institute. https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Urbanization/Urban%20World/MGI_urban_world_mapping_economic_power_of_cities_full_report.asx

Dodman, D. (2009). Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Urban and Urbanization* 21(1), 185-201. <https://doi.org/10.1177/0956274809103016>

Earth Policy Institute (2011). Data highlights: Education leads to lower fertility and increased prosperity. Rutgers University. http://www.earth-policy.org/data_highlights/2011/highlights13

Eckersley, R. (1992). *Environmentalism and Political Theory: Toward an Ecocentric Approach*. Albany, NY: SUNY Press. <http://www.sunypress.edu/p-1386-environmentalism-and-political.aspx>

Eigenbrod, C. et Gruda, N. (2015). Urban vegetable for food security in cities: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35(2), 483-498. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0273-y>

Farmani, R. et Butler, D. (2014). Implications of urban form on water distribution systems performance. *Water resources management* 28(1), 83-97. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0472-3>

Figueres, C., Schellnhuber, H.J., Whiteman, G., Rockström, J., Hobbey, A. et Rahmstorf, S. (2017). Three years to safeguard our climate. *Nature* 546(7660), 593-595. <https://doi.org/10.1038/546593a>

Filgueira, F. (2014). The politics and policies of social incorporation in Latin America. *New Directions in Social Policy: Alternatives from and for the Global South*. Geneva, 7-8 April 2014. United Nations Research Institute for Social Development. [http://www.unrisd.org/8025683C0058CC9F/101AUXPages/BC8DABDEC1C728D3C1257D08003AD5EA/\\$file/Filgueira.pdf](http://www.unrisd.org/8025683C0058CC9F/101AUXPages/BC8DABDEC1C728D3C1257D08003AD5EA/$file/Filgueira.pdf)

Floater, G. et Rodé, P. (2014). *Cities and The New Climate Economy: The Transformative Role of Global Urban Growth*. The New Climate Economy. <https://files.isectities.net/files/2014/11/LSE-Cities-2014-The-Transformative-Role-of-Global-Urban-Growth-NCE-Paper-01.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017). *The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>

Frank, J. et Martinez-Vazquez, J. (2014). *Decentralization and Infrastructure in the Global Economy: From Gaps to Solutions*. Atlanta, GA: Georgia State University. <http://icepp.gsu.edu/files/2015/03/ispwp1405.pdf>

Friedman, B.M. (2006). *The Moral Consequences of Economic Growth*. New York, NY: Vintage Books. <https://www.penguinrandomhouse.com/books/56526/the-moral-consequences-of-economic-growth-by-benjamin-m-friedman/9781400095711/>

Frölicher, T.L., Winton, M. et Sarmiento, J.L. (2014). Continued global warming after CO₂ emissions stoppage. *Nature Climate Change* 4, 40-44. <https://doi.org/10.1038/nclimate2060>

Fuller, B. et Romer, P. (2014). *Urbanization as Opportunity*. Policy Research Working Paper. Washington, D.C: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/775631468180872982/pdf/WPS6874.pdf>

Garschagen, M., Hagenlocher, M., Kloos, J., Pardoe, J., Lanzendörfer, M., Mucke, P. et al. (2014). *World Risk Report 2015*. Bündnis Entwicklung Hilft (Alliance Development Works) and United Nations University - Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS). https://collections.unu.edu/eserv/UNU:3303/WRR_2015_engl_online.pdf

Gartzke, E. (2007). The capitalist peace. *American Journal of Political Science* 51(1), 166-191. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5907.2007.00244.x>

GBD 2015 Mortality and Causes of Death Collaborators (2016). Global, regional, and national life expectancy, all-cause mortality, and cause-specific mortality for 249 causes of death, 1980-2015: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet* 388(10053), 1459-1544. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31012-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31012-1)

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J. et al. (2013). *Tackling Climate Change Through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf>

Gillespie, D., Ahmed, S., Tsui, A. et Radloff, S. (2007). Unwanted fertility among the poor: An inquiry? *Bulletin of the World Health Organization* 85(2), 100-107. <http://www.who.int/bulletin/volumes/85/2/06-033829.pdf>

Gillett, N.P., Arora, V.K., Zickfeld, K., Marshall, S.J. et Merryfield, W.J. (2011). Ongoing climate change following a complete cessation of carbon dioxide emissions. *Nature Geoscience* 4, 83-87. <https://doi.org/10.1038/ngeo1047>

Gilmont, M., Nassar, L., Rayner, S., Tal, N., Harper, E. et Salem, H.S. (2018). The potential for enhanced water decoupling in the Jordan Basin through regional agricultural best practice. *Land* 7(2), 63. <https://doi.org/10.3390/land7020063>

Glaeser, E.L. et Gottlieb, J.D. (2009). The wealth of cities: Agglomeration economies and spatial equilibrium in the United States. *Journal of Economic Literature* 47(4), 983-1028. <https://doi.org/10.1257/jel.47.4.983>

Global Commission on The Economy and Climate (2015). *Seizing the Global Opportunity: Partnerships for Better Growth and a Better Climate. The 2015 New Climate Economy Report*. Washington, D.C. http://newclimateeconomyreport/2015/wp-content/uploads/sites/3/2014/08/NCE-2015_Seizing-the-Global-Opportunity_web.pdf

Guha, R. (1999). *Environmentalism: A Global History*. 1st edn. London: Pearson.

Güneralp, B., Zhou, Y., Ürgü-Vorsatz, D., Gupta, M., Yu, S., Patel, P.L. et al. (2017). Global scenarios of urban density and its impacts on building energy use through 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(34), 8945-8950. <https://doi.org/10.1073/pnas.1606035114>

Hamilton, K. et Hartwick, J. (2017). *Wealth and sustainability. In National Wealth: What is Missing, Why it Matters*. Hamilton, K. et Hepburn, C. (dir). Oxford: Oxford University Press. chapitre 15. <http://www.oxfordjournals.com/view/10.1093/oso/9780198803720.001.0001/oso-9780198803720-chapitre-15>



Harari, Y.N. (2017). *Homo Deus: A Brief History of Tomorrow*. Harper. http://www.elboomeran.com/upload/ficheros/obras/z3_homo_deus.pdf.

Hare, B. et Meinshausen, M. (2006). How much warming are we committed to and how much can be avoided? *Climatic Change* 75(1-2), 111-149. <https://doi.org/10.1007/s10584-005-9027-9>.

Hartmann, D.L., Tank, A.M.G.K., Rusticucci, M., Alexander, L.V., Brönnimann, S., Charabi, Y.A.R. et al. (2013). Observations: Atmosphere and surface. In *Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. chapitre 2. 159-254. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter02_FINAL.pdf.

Hennicke, P. et Hauptstock, D. (2014). Decoupling resource consumption and economic growth: Insights into an unsolved global challenge. In *Handbook of Research on Sustainable Consumption*. Reisch, L.A. (ed.). Cheltenham: Elgar. 377-393. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index_searchtype/authorsearch/author/Dorothea+Hauptstock/start/2/rows/10/nav/next/docid/6077.

Hepburn, C. et Bowen, A. (2013). Prosperity with growth: Economic growth, climate change and environmental limits. In *Handbook of Energy and Climate Change*. Fouquet, R. (ed.). Edward Elgar. chapitre 29. https://www.e-elgar.com/shop/handbook-on-energy-and-climate-change?_website=uk_warehouse.

Hoeppel, P. (2016). Trends in weather related disasters—Consequences for insurers and society. *Weather and Climate Extremes* 11, 70-79. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.10.002>.

Hujo, K. et Piper, N. (2010). Linking migration, social development and policy in the south—An introduction. In *South-South Migration: Implications for Social Policy and Development Series*. Hujo, K. et Piper, N. (dir.). London: Palgrave Macmillan. chapitre 1. 1-45. https://link.springer.com/chapitre/10.1057/9780230283374_1.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. Cambridge: Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contributions of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. Pachauri, R.K. and Meyer, L.A. (dir.). Geneva. http://epic.wri.edu/37530/1/IPCC_AR5_SYR_Final.pdf.

International Energy Agency (2016a). *Energy Technology Perspectives: Towards Sustainable Urban Energy Systems. Executive Summary*. Paris. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyTechnologyPerspectives2016_ExecutiveSummary_EnglishVersion.pdf.

International Energy Agency (2016b). *World Energy Outlook 2016: Executive Summary*. Paris. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlook2016ExecutiveSummaryEnglish.pdf>.

International Energy Agency (2017a). *World Energy Outlook 2017: Executive Summary*. Paris. <http://www.iea.org/Textbase/npsum/wec2017SUM.pdf>.

International Energy Agency (2017b). *Digitalization & Energy*. Paris. <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/DigitalizationandEnergy3.pdf>.

International Food Policy Research Institute (2014). *Food Security in a World of Natural Resource Scarcity: The Role of Agricultural Technologies*. Washington, D.C. <http://www.ifpri.org/cdmref/p15738coll2/id/128022/file/name/128233.pdf>.

International Labour Organization (2011). *ILO Director-General address to the European Parliament*. 14 September. https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/statements-and-speeches/WCMS_162828/lang-nl/index.htm.

International Organization for Migration (2015). *World Migration Report 2015: Migrants and Cities: New Partnerships to Manage Mobility*. Geneva. http://publications.iom.int/system/files/wmr2015_en.pdf.

International Renewable Energy Agency (2013). *Africa's Renewable Future: The Path to Sustainable Future*. Abu Dhabi. http://www.irena.org/~/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2013/Africa_renewable_future.pdf.

International Renewable Energy Agency (2016). *REMap: Roadmap for a Renewable Energy Future*. Abu Dhabi. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_REMap_2016_edition_report.pdf.

International Renewable Energy Agency (2017). *Accelerating the Energy Transition through Innovation: Working Paper Based on Global REmap Analysis*. Abu Dhabi. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Energy_Transition_Innovation_2017.pdf.

International Renewable Energy Agency (2018). *Global Energy Transformation: A roadmap to 2050*. Abu Dhabi. http://www.irena.org/~/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf?la=en&hash=9B1AF0354A2105A64CFD3C4C0E38ECCFE32AAB0C.

Islam, S.N. (2015). *Inequality and Environmental Sustainability*. United Nations. http://www.un.org/esa/desa/papers/2015/wp145_2015.pdf.

Iversen, T. et Rosenbluth, F.M. (2010). *Women, Work, and Politics: The Political Economy of Gender Inequality*. New Haven, CT: Yale University Press. <https://www.jstor.org/stable/j.ctt1nq33z>.

Jackson, T. (2009). *Prosperity Without Growth? The Transition to a Sustainable Economy*. London: Sustainable Development Commission. http://www.sd-commission.org.uk/data/files/publications/prosperity_without_growth_report.pdf.

Jacobs, M. (1991). *The Green Economy: Environment, Sustainable Development and the Politics of the Future*. Chicago, IL: University of Chicago Press. <http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/distributed/G/bo21611742.html>.

Jiang, L. et O'Neill, B.C. (2007). Impacts of demographic trends on US household size and structure. *Population and Development Review* 33(3), 567-591. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2007.00186.x>.

Jorgenson, A.K., Schor, J.B., Huang, X. et Fitzgerald, J. (2015). Income inequality and residential carbon emissions in the United States: A preliminary analysis. *Human Ecology Review* 22(1), 93-106. <https://www.jstor.org/stable/24875150>.

Juma, C. (2015). *The New Harvest: Agricultural Innovation in Africa*. 2nd edn. Oxford: Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/the-new-harvest-9780190237233?cc=ke&lang=en>.

Kalanitari, F., Mohd Tahir, O., Akbari Joni, R. et Fatemi, E. (2017). Opportunities and challenges in sustainability of vertical farming: A review. *Journal of Landscape Ecology* 11(1). <https://doi.org/10.1515/jlecol-2017-0016>.

King, R. (2015). *Carbon Emissions and Income Inequality*. Technical Note. Oxford: Oxfam International. <https://oxfamlibrary.openrepository.com/oxfam/bitstream/10546/582545/2/tb-carbon-emissions-inequality-methodology-021215-en.pdf>.

Kittner, N., Lill, F. et Kammen, D.M. (2017). Energy storage deployment and innovation for the clean energy transition. *Nature Energy* 2(17125). <https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.125>.

Kleven, H. et Landais, C. (2017). Gender inequality and economic development: Fertility, education and norms. *Economica* 84(334), 180-209. <https://doi.org/10.1111/ecca.12230>.

Koomey, J., Berard, S., Sanchez, M. et Wong, H. (2011). Implications of historical trends in the electrical efficiency of computing. *IEEE Annals of the History of Computing* 33(3), 46-54. <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MAHC.2010.28>.

Kroeze, C. et Pulles, T. (2015). The importance of non-CO₂ greenhouse gases. *Journal of Integrative Environmental Sciences* 12(1), 1-4. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2015.1118131>.

Kuehr, R. (ed.) (2014). *Solving the E-waste Problem (Step) White Paper: One Global Definition of E-waste*. Bonn: United Nations University. <http://collections.unu.edu/view/UNU:6120>.

Lakner, C. et Milanovic, B. (2013). *Global Income Distribution: From the Fall of the Berlin Wall to the Great Recession*. Washington, D.C: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/914431468162277879/pdf/WPS6719.pdf>.

Le Quére, C., Andrew, R.M., Canadell, J.G., Sitch, S., Korsbakken, J.I., Peters, G.P. et al. (2016). Global carbon budget 2016. *Earth System Science Data* 8(2), 605. <https://doi.org/10.5194/essd-8-605-2016>.

Le Quére, C., Andrew, R.M., Friedlingstein, P., Sitch, S., Pongratz, J., Manning, A.C. et al. (2017). Global carbon budget 2017. *Earth System Science Data Discussions*, 1-79. <https://doi.org/10.5194/essd-2017-123>.

Leighton, M. (2006). Desertification and migration. In *Governing Global Desertification: Linking Environmental Degradation, Poverty and Participation*. Johnson, P.M., Mayrand, K. and Paquin, M. (dir.). London: Routledge. chapitre 4. 43-58. <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781351932486>.

Lenton, T.M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J.W., Lucht, W., Rahmstorf, S. et al. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(6), 1786-1793. <https://doi.org/10.1073/pnas.0705414105>.

Liddle, B. (2014). Impact of population, age structure, and urbanization on carbon emissions/energy consumption: Evidence from macro-level, cross-country analyses. *Population and Environment* 35(3), 286-304. <https://doi.org/10.1007/s11111-013-0198-4>.

Lopez, A.D. et Murray, C.J.L. (dir.) (1996). *The Global Burden of Disease: A Comprehensive Assessment Of Mortality and Disability From Diseases, Injuries, and Risk Factors in 1990 and Projected to 2020: Summary*. Boston, MA: Harvard University Press. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41864/0965546608_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

López, R. et Palacios, A. (2014). Why has Europe become environmentally cleaner? Decomposing the roles of fiscal, trade and environmental policies. *Environmental and Resource Economics* 58(1), 91-108. <https://doi.org/10.1007/s10640-013-9639-5>.

Lucas, E. (2015). *Let There Be Light*. Special Report: Energy and Technology. The Economist. http://media.economist.com/sites/default/files/sponsorships/MCR75_20150117_Accenture/20150117_Energy.pdf.

Majalante, R.G. et Navaneetham, K. (2013). Migration and fertility: A review of theories and evidence. *Journal of Global Economics* 1(101), 2. <https://www.omicsonline.org/open-access/migration-and-fertility-a-review-of-theories-and-evidences-2375-4389.1000101.php?aid=18557>.

Martine, G., Alves, J.E. et Cavenaghi, S. (2013). *Urbanization and Fertility Decline: Cashing in on Structural Change*. London: International Institute for Environment and Development. <http://pubs.iied.org/pdfs/106533IED.pdf>.

Massey, D.S. et Taylor, J.E. (2004). *International Migration: Prospects and Policies in A Global Market*. Oxford: Oxford University Press. <http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/0199269009.001.0001/acqf-9780199269006>.

Mattick, C., Landis, A., Allenby, B. et Genovese, N. (2015). Anticipatory life cycle analysis of in vitro biomass cultivation for cultured meat production in the United States. *Environmental science & technology* 49(19), 11941-11949. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01614>.

Mauritsen, T. et Pincus, R. (2017). Committed warming inferred from observations. *Nature Climate Change* 7, 652-655. <https://doi.org/10.1038/nclimate3357>.

McArthur, J. et Rasmussen, K. (2017). 'How successful were the millennium development goals?'. *Future Development*, 11 January 2017. <https://www.brookings.edu/blog/future-development/2017/01/11/how-successful-were-the-millennium-development-goals/>.

Melchiorri, M., Florczyk, A., Freire, S., Schiavina, M., Pesaresi, M. et Kemper, T. (2018). Unveiling 25 years of planetary urbanization with remote sensing: Perspectives from the global human settlement layer. *Remote Sensing* 10(5), 768. <https://doi.org/10.3390/rs10050768>.

Moreno, L.E. (2012). *Concept Paper for the World Urban Forum 7*. Nairobi: United Nations Human Settlement Programme.

Munich RE (2017). *Natural disasters: The year in figures*. <https://natcatservice.munichre.com/events/1?filter=eyJ5J2WFYnRnJvbSl6Mk4kMCwieWVhclRvbjoyMDE3f0%3D%3D&type=>

Nachmany, M., Fankhauser, S., Setzer, J. et Averchenkova, A. (2017). *Global Trends in Climate Change Legislation and Litigation: 2017 Update*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2017/04/Global-trends-in-climate-change-legislation-and-litigation-WEB.pdf>.

Nelson, G.C. (2005). Drivers of ecosystem change: Summary chapter. In *The Millennium Ecosystem Assessment*. Washington, D.C: Island Press. chapitre 3. 74-76. <https://millenniumassessment.org/documents/document272.aspx.pdf>.

O'Neill, B.C., Liddle, B., Jiang, L., Smith, K.R., Pachauri, S., Dalton, M. et al. (2012). Demographic change and carbon dioxide emissions. *The Lancet* 380(9837), 157-164. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)6058-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)6058-1).

O'Neill, B.C., Oppenheimer, M., Warren, R., Hallegatte, S., Kopp, R.E., Pörtner, H.O. et al. (2017). IPCC reasons for concern regarding climate change risks. *Nature Climate Change* 7(1), 28-37. <https://doi.org/10.1038/nclimate3179>.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2016). *International Migration Outlook 2016*. Paris. http://dx.doi.org/10.1787/migr_outlook-2016-en.

Organization for Economic Cooperation and Development (2017). *Investing in Climate, Investing in Growth*. Paris. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264273528-en.pdf?expires=1540967063&id=id&accname=ocid195767&checksum=1570E9A640FA6E18BC5D2D336A820BC>.

Ort, D.R., Merchant, S.S., Alic, J., Barkan, A., Blankenship, R.E., Bock, R. et al. (2015). Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(28), 8529-8536. <https://doi.org/10.1073/pnas.1424031112>.

Oxfam (2015). *Extreme carbon inequality*. 2 December. https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/file_attachments/mb-extreme-carbon-inequality-021215-en.pdf.

Pacific Institute (2014). *Agricultural Water Conservation and Efficiency Potential in California*. Oakland, CA: Pacific Institute. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/ca-water-supply-solutions-ag-efficiency-IB.pdf>.

Park, J. (2016). Clean energy entrepreneurship in sub-Saharan Africa. In *Global Entrepreneurship: Past, Present & Future*. Devinney, T.M., Markman, G., Pedersen, T. and Tihanyi, L. (dir.). Emerald Group Publishing Limited. 257-277. <https://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/S1571-502720160000029015>.

Pesaresi, M., Melchiorri, M., Siragusa, A. et Kemper, T. (dir.) (2016). *Atlas of the Human Planet 2016*. Mapping Human Presence on Earth with the Global Human Settlement Layer. Brussels: European Union. <http://ghsl.jrc.ec.europa.eu/atlas2016/overview.php>.

Peters, G.P., Minx, J.C., Weber, C.L. et Edenhofer, O. (2011). Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(21), 8903-8908. <https://doi.org/10.1073/pnas.1006388108>.



Pithan, F. et Mauritsen, T. (2014). Arctic amplification dominated by temperature feedbacks in contemporary climate models. *Nature Geoscience* 7, 181-184. <https://doi.org/10.1038/ngeo0271>.

Ramanathan, V. (1988). The greenhouse theory of climate change: A test by an inadvertent global experiment. *Science* 240(4850), 293-299. <http://science.sciencemag.org/content/240/4850/293>.

Ramaswami, A., Russell, A.G., Culligan, P.J., Sharma, K.R. et Kumar, E. (2016). Meta-principles for developing smart, sustainable, and healthy cities. *Science* 352(6288), 940-943. <http://science.sciencemag.org/content/352/6288/940>.

Ravallion, M. (2001). Growth, inequality and poverty: Looking beyond averages. *World Development* 29(11), 1803-1815. http://siteresources.worldbank.org/INTPGI/Resources/13996_MR2.pdf.

Rees, W.E. (1995). Achieving sustainability: Reform or transformation? *Journal of Planning Literature* 9(4), 343-361. <https://doi.org/10.1177/088541229500900402>.

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (2018). *Renewables 2018 Global Status Report*. Paris. http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final.pdf.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F. et al. (2009b). A safe operating space for humanity. *Nature* 461(7263), 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E. et al. (2009a). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2). <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>.

Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innovations*. 5th edn. New York, NY: Free Press. <http://www.simonandschuster.com/books/Diffusion-of-Innovations-5th-Edition/Everett-M-Rogers/9780743222099>.

Romer, P.M. (1994). The origins of endogenous growth. *Journal of Economic Perspectives* 8(1), 3-22. www.jstor.org/stable/2138148.

Rüßmann, M., Gerbert, P., Lorenz, M., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. et al. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Boston, MA: Boston Consulting Group. https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx.

Salat, S., Chen, M. et Liu, F. (2014). *Planning Energy Efficient and Livable Cities: Energy Efficient Cities*. Energy Sector Management Assistance Program. https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/ESMAP_CEFET1_MayoralNote_6_PlanningEF%20Livable%20Cities_optimized.pdf.

Salem, H.S. (2011). Social, environmental and security impacts of climate change of the eastern Mediterranean. In *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security – Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks*. Brauch, H.S., Spring, U.O., Mesjasz, C., Grin, J., Kamen-Mbote, P., Chourou, B. et al. (dir.). Springer. 421-445. https://www.researchgate.net/publication/299562984_Social_Environmental_and_Security_Impacts_of_Climate_Change_of_the_Eastern_Mediterranean.

Samaniego, J., Galindo, Luis Miguel, Alatorre, J.E., Ferrer, J., Gómez, J.J., Lennox, J. et al. (2014). *The Economics of Climate Change in Latin America and the Caribbean: Paradoxes and Challenges. Overview For 2014*. United Nations, Economic Commission for Latin America and the Caribbean. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37056/4/S1420806_en.pdf.

Schmidt, S. (2011). Sprawl without growth in eastern Germany. *Urban Geography* 32(1), 105-128. <https://pdfs.semanticscholar.org/6599/5c3ec31100240fcedb0af3856ecad85db1.pdf>.

Schneider, A., Mertes, C.M., Tatem, A.J., Tan, B., Sulla-Menashe, D., Graves, S.J. et al. (2015). A new urban landscape in East–Southeast Asia, 2000–2010. *Environmental Research Letters* 10(3), 034002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/3/034002>.

Segars, A.H. (2018). Seven technologies remaking the world: An MIT SMR executive guide. *MIT Sloan Management Review*, Massachusetts Institute of Technology. https://sloanreview.mit.edu/projects/seven-technologies-remaking-the-world/?switch_view=PDF.

Sen, A. (2000). *Development as Freedom*. New York, NY: Anchor Books. <https://www.penguinrandomhouse.com/books/163962/development-as-freedom-by-amartya-sen/978038570274/>.

Seto, K.C., Davis, S.J., Mitchell, R.B., Stokes, E.C., Unruh, G. and Ürge-Vorsatz, D. (2016). Carbon lock-in: Types, causes, and policy implications. *Annual Review of Environment and Resources* 41, 425-452. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085934>.

Seto, K.C., Dhakal, S., Bigio, A., Blanco, H., Delgado, G.C., Dewar, D. et al. (2014). Human settlements, infrastructure and spatial planning. In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. et al. (dir.). Cambridge: Cambridge University Press. chapitre 12. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapitre12.pdf.

Seto, K.C., Fragkias, M., Güneralp, B. et Reilly, M.K. (2011). A meta-analysis of global urban land expansion. *PLoS one* 6(8), e23777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023777>.

Seto, K.C., Güneralp, B. et Hutrya, L.R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(40), 16083-16088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>.

Sinding, S.W. (2009). Population, poverty and economic development. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 364(1532), 3023-3030. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0145>.

Smil, V. (2010). Science, energy, ethics, and civilization. In *Visions of Discovery: New Light on Physics, Cosmology, and Consciousness*. Chiao, R.Y., Cohen, M.L., Leggett, A.J., Phillips, W.D. and Harper, J.C.L. (dir.). Cambridge: Cambridge University Press. chapitre 35. 709-729. <http://vacivasmil.com/wp-content/uploads/docs/smil-articles-science-energy-ethics-civilization.pdf>.

Smith, D.E., Harrison, S. et Jordan, J.T. (2011). The early Holocene sea level rise. *Quaternary Science Reviews* 30(15-16), 1846-1860. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.04.019>.

Solomon, S., Plattner, G.-K., Knutti, R. et Friedlingstein, P. (2009). Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(6), 1704-1709. <https://doi.org/10.1073/pnas.0812721106>.

Swedish International Development Cooperation Agency (2018). *The Relationship Between Climate Change and Violent Conflict*. <https://www.sida.se/contentassets/c571800e01e448ac9dce2d097ba125a1/working-paper-climate-change-and-conflict.pdf>.

Taylor, P.C., Cai, M., Hu, A., Meehl, J., Washington, W. et Zhang, G.J. (2013). A decomposition of feedback contributions to polar warming amplification. *Journal of Climate* 26(18), 7023-7043. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00696.1>.

United Nations (2000). *Millennium summit (6-8 September 2000)*. http://www.un.org/en/events/pastevents/millennium_summit.shtml.

United Nations, General Assembly (2009). *Climate Change and Its Possible Security Implications: Report of the Security-General*. Sixty-fourth session, 11 September. A/64/350. <https://undocs.org/A/64/350>.

United Nations (2014). *World Urbanization Prospects: 2014 Revision, Highlights*. New York, NY. <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>.

United Nations (2015a). *World Population Prospects: Key Findings and Advanced Tables. The 2015 Revision*. New York, NY. https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf.

United Nations (2015b). *International Migration Report 2015: Highlights*. New York, NY. http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/publications/migrationreport/docs/MigrationReport2015_Highlights.pdf.

United Nations (2016). *The World's Cities in 2016: Data Booklet*. New York, NY. http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2016_data_booklet.pdf.

United Nations (2017a). *World Population Prospects: Key Findings and Advance Tables - The 2017 Revision*. https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf.

United Nations (2017b). *Household Size and Composition Around the World 2017: Data Booklet*. New York, NY. http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/household_size_and_composition_around_the_world_2017_data_booklet.pdf.

United Nations Children's Fund (2018a). *Malnutrition*. <https://data.unicef.org/topic/nutrition/malnutrition/>.

United Nations Children's Fund (2018b). *Education*. <https://www.unicef.org/education>.

United Nations Children's Fund and World Health Organization (2017). *Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and Sustainable Development Goal Baselines*. Geneva. https://www.unicef.org/publications/files/Progress_on_Drinking_Water_Sanitation_and_Hygiene_2017.pdf.

United Nations Development Programme (2018). *Sustainable Development Goals*. <http://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html> (Accessed: 27 September 2018).

United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific and United Nations Human Settlement Programme (2015). *The State of Asian and Pacific Cities 2015: Urban Transformations. Shifting from Quantity to Quality*. <https://www.unescap.org/sites/default/files/The%20State%20of%20Asian%20and%20Pacific%20Cities%202015.pdf>.

United Nations Entity for Gender Equality and the Empowerment of Women (2017). *Annual Report 2016-2017*. New York, NY. <http://www2.unwomen.org/-/media/annual%20report/attachments/sections/library/un-women-annual-report-2016-2017-en.pdf?ys=5634>.

United Nations Environment Programme (2010). *Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials. A Report of the Working Group on the Environmental Impacts of Products and Materials to the International Panel for Sustainable Resource Management*. Hertwich, E., van der Voet, E., Suh, S., Tukker, A., Huijbregts M., Kazmierczyk, P. et al. (dir.). http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/dtx1262xpa-priorityproductsandmaterials_report.pdf.

United Nations Environment Programme (2011). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22025/green_economyreport_final_dec2011.pdf?amp%3BisAllowed=&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2016). *CEO-6 Regional Assessment for North America*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7611/CEO_North_America_201611.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2017). *The Emissions Gap Report 2017: A UN Environment Synthesis Report*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). *Paris Agreement*. Paris. https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english.pdf.

United Nations Human Settlement Programme (2010). *State of the World's Cities 2010/2011: Bridging the Urban Divide*. Nairobi. <https://unhabitat.org/books/state-of-the-worlds-cities-20102011-cities-for-all-bridging-the-urban-divide/#>.

United Nations Human Settlement Programme (2012). *State of Latin America and Caribbean cities 2012: Towards a New Urban Transition*. Nairobi. <http://mirror.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=3386&alt=1>.

United Nations Human Settlement Programme (2014). *Urbanization and Sustainable Development: Towards a New United Nations Urban Agenda*. CEB/2014/HLC-28/CRP.5. New York, NY Agenda Item 6. New UN Urban Agenda <https://habnet.unhabitat.org/sites/default/files/oo/urbanization-and-sustainable-development.pdf>.

United Nations Human Settlement Programme (2015b). *Habitat III Issue Papers 10 – Urban-Rural Linkages*. Nairobi. <http://habitat3.org/wp-content/uploads/Habitat-III-Issue-Paper-10-Urban-Rural-Linkages-2.0.pdf>.

United Nations Human Settlement Programme (2016). *World Cities Report 2016: Urbanization and Development - Emerging Futures*. Nairobi. <http://wcr.unhabitat.org/wp-content/uploads/2017/02/WCR-2016-Full-Report.pdf>.

United Nations Human Settlements Programme (2015a). *Habitat III Issue Papers 1 - Inclusive Cities*. Nairobi. <https://www.alnap.org/system/files/content/resource/files/main/habitat-iii-issue-paper-1-inclusive-cities.pdf>.

United Nations Population Fund (2014). *Framework of Actions for the Follow-Up to the Programme of Action of the International Conference of Population and Development Beyond 2014*. New York, NY. https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/ICPD_beyond2014_EN.pdf.

United Nations Population Fund (2017). *State of World Population: Reproductive Health and Rights in an Age of Inequality*. New York, NY. https://www.unfpa.org/sites/default/files/sowp/downloads/UNFPA_PUB_2017_EN_SWOP.pdf.

United States National Oceanic and Atmospheric Administration (2015). *State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2015*. <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201513>.

United States National Oceanic and Atmospheric Administration (2018). *Paleoclimatology Data*. <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data>.

Vaughan, D.G., Comiso, J.C., Allison, I., Carrasco, J., Kaser, G., Kwok, R. et al. (2013). Observations: Cryosphere. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. et al. (dir.). Cambridge: Cambridge University Press. chapitre 4. 317-382. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter04_FINAL.pdf.

Victor, P.A. (2008). *Managing Without Growth: Slower by Design, Not Disaster*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing. <https://www.e-elgar.com/shop/eep/preview/book/isbn/9781848442993/>.

Weede, E. (1996). *Economic Development, Social Order, and World Politics*. Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers. https://www.riennet.com/title/Economic_Development_Social_Order_and_World_Politics.

Weldon, D. (2016). Globalisation is fraying: Look under the Elephant Trunk. *Bull Market*. 13 June 2016. <https://medium.com/bull-market/globalisation-is-fraying-look-under-the-elephant-trunk-e79f76e9754b>.



White, M. (2015). Redesigning crops for the 21st century. *Pacific Standard Magazine*. 5 August. <https://psmag.com/environment/redesigning-crops-for-21st-century-gmos>.

Whitney, J. et Kennedy, J. (2012). *The Carbon Emissions of Server Computing for Small-to Medium-sized Organization: A Performance Study of On-Premise vs. The Cloud*. Natural Resources Defense Council. https://www.nrdc.org/sites/default/files/NRDC_WSP_Cloud_Computing_White_Paper.pdf

Wigley, T.M.L. (2005). The climate change commitment. *Science* 307(5716), 1766-1769. <https://doi.org/10.1126/science.1103934>.

Wolf, M., Haase, D. et Haase, A. (2018). Compact or spread? A quantitative spatial model of urban areas in Europe since 1990. *PLoS one* 13(2), e0192326. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192326>.

World Bank (2004). *The Poverty-Growth-Inequality Triangle*. Washington, D.C. <http://documents.worldbank.org/curated/en/449711468762020101/pdf/28102.pdf>.

World Bank (2013). *Poverty and Equity*. <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=poverty-and-equity-database>.

World Bank (2015). *East Asia's Changing Urban Landscape: Measuring a Decade of Spatial Growth*. Washington, D.C. https://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/Publications/Urban%20Development/EAP_Urban_Expansion_full_report_web.pdf.

World Bank (2016). *High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy*. Washington, D.C. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/23665/K8517.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

World Bank (2017). *World Development Indicators*. <http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>.

World Meteorological Organization 12 (2016). WMO Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations in the Atmosphere through 2015. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3084.

Wu, Y., Shen, J., Zhang, X., Skitmore, M. et Lu, W. (2017). Reprint of: The impact of urbanization on carbon emissions in developing countries: A Chinese study based on the U-Kaya method. *Journal of Cleaner Production* 163(1), S284-S298. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.144>.

Yihdego, Y., Salem, H.S. et Pudza, M.Y. (2017). Renewable energy: Wind farm perspectives – the case of Africa. *Journal of Sustainable Energy Engineering* 5(4), 281-306. <https://doi.org/10.7569/JSEE.2017.629521>.

Zenghelis, D. (2011). *The Economics of Network-Powered Growth*. San Jose, CA: Cisco Internet Business Solutions Group. https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/Economics_NPG_FINAL_FINAL.pdf.

Zenghelis, D. (2017). Cities, wealth and the era of urbanisation. In *National Wealth: What is Missing, Why It Matters*. Hamilton, K. et Hepburn, C. (dir.). Oxford University Press. chapitre 14. <http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/oso/9780198803720.001.0001/oso-9780198803720-chapitre-14>.





L'état actuel de nos données et connaissances



Auteurs coordonnateurs : Florence Daguitan (Tebtebba, Indigenous Peoples' International Centre for Policy Research and Education), Pali Lehohla (Pan African Institute for Evidence – PIE), Charles Mwangi (GLOBE Programme), Joni Seager (université Bentley), William Sonntag (Secrétariat du Groupe sur l'observation de la Terre) et Graeme Clark (université de Nouvelle-Galles du Sud)

Auteurs principaux : James M. Donovan (ADEC Innovations), Sheryl Joy Anne S. Gutierrez (ADEC Innovations) et Michelle G. Tan (ADEC Innovations)

Auteur collaborateur : Amit R. Patel (Planned Systems International, Inc.)



Synthèse

La demande d'indicateurs et d'analyses de l'environnement augmente, en particulier pour l'analyse des interdépendances entre les différents domaines environnementaux, ainsi qu'entre l'environnement, la société et l'économie (*bien établi*).

Des progrès ont certes été accomplis dans la collecte de statistiques officielles relatives à l'environnement – y compris des statistiques géospatiales – ayant notamment trait à la promotion de la comptabilité économique de l'environnement et à la mise en place de systèmes d'information géospatiale, qui contribuent au suivi environnemental. Il existe cependant des lacunes méthodologiques dans la mesure de certains aspects de l'environnement. En outre, très peu d'informations établissant un lien entre les populations et l'environnement sont disponibles, et on note des déficits de capacités dans les pays qui tentent de mettre en place un système d'information sur l'environnement. {3.2}

La mesure de la connexion entre l'égalité des sexes et l'environnement est reconnue comme une priorité majeure parce que, dans plusieurs contextes, les femmes et les hommes ont des droits et des moyens d'accès différents en ce qui a trait à l'environnement (*bien établi*). En effet, les femmes et les hommes présentent des vulnérabilités différentes face à la dégradation de l'environnement et aux dangers environnementaux, et ils jouent

souvent des rôles différents dans la prise de décision relative à la gestion environnementale. Actuellement, les données et statistiques chronologiques sur la corrélation entre l'égalité des sexes et l'environnement sont lacunaires. {3.5}

Une part importante de la collecte de données environnementales s'inscrit dans le cadre d'études ou de projets ponctuels, ce qui limite leur utilité (*bien établi*).

Dans le cadre des objectifs de développement durable (ODD), il est reconnu à l'échelle mondiale que le suivi de la dimension environnementale du développement nécessitera une collecte régulière et standardisée de données pouvant se traduire en statistiques et en indicateurs chronologiques, y compris des séries chronologiques pour les données géospatiales. Cette collecte renforcera l'accent mis sur la compilation de données de qualité supérieure s'appuyant sur les meilleures pratiques internationales. {3.7}

La transformation de la fourniture de données et de statistiques sur l'environnement nécessite le recours à des moyens nouveaux et novateurs de collecte de données (*bien établi*),

y compris de nouveaux partenariats avec le secteur privé, les institutions multilatérales, les agences spatiales, les organisations non gouvernementales et d'autres partenaires. {3.8}



3.1 Introduction

Le présent chapitre propose une introduction aux statistiques et aux données sur l'environnement. Il porte également sur l'état des données et des connaissances existantes qui contribuent à toute évaluation environnementale, y compris les évaluations d'envergure nationale, régionale et mondiale. Il contient des détails sur l'état de la collecte des données ainsi que sur l'utilisation des données pour compiler des statistiques et produire des indicateurs. Les nouveaux domaines de la statistique, telles les mégadonnées, la science citoyenne et les connaissances traditionnelles – qui sont actuellement sous-exploités, mais qui offrent d'énormes possibilités d'amélioration des mesures –, sont examinés au chapitre 25 du présent rapport.

3.2 La demande de statistiques et de données environnementales

Les connaissances et les données constituent des fondements essentiels de l'évaluation environnementale. Il est impossible de réaliser et de publier une évaluation précise sans disposer d'une base de données probantes utilisable. Cela étant, qu'est-ce qu'une base de données probantes et comment la crée-t-on ?

La notion d'« environnement » ne se rapportait traditionnellement qu'aux systèmes terrestres biophysiques. Mais ce paradigme est en train de changer. Il importe non seulement de mesurer l'état de l'environnement, mais également de déterminer en quoi les problèmes environnementaux qui se manifestent dans l'environnement biophysique découlent des systèmes sociaux et des mécanismes économiques. De même, il importe de savoir en quoi le développement économique et le bien-être social dépendent de l'environnement.

Le chapitre du rapport GEO-5 portant sur l'examen des besoins en données décrit un manque de données sur l'environnement crédibles sur le plan scientifique. Le rapport souligne surtout la nécessité de disposer de séries chronologiques sur la quantité et la qualité de l'eau douce, l'épuisement des eaux souterraines, les services écosystémiques, la perte d'habitats naturels, la dégradation des sols, les produits chimiques, les déchets et d'autres questions (Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE], 2012). Par ailleurs, les auteurs reconnaissent que la qualité factuelle et scientifique d'une évaluation est déterminée par la qualité et la disponibilité des données sur l'environnement (PNUE, 2012). De plus, le rapport indique qu'une collecte de données plus systématique peut aider les gouvernements ainsi que les organismes régionaux et internationaux à évaluer leurs progrès vers la réalisation des objectifs internationaux.

Dans son rapport sur les objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) de 2015, Ban Ki-moon (**encadré 3.1**) a appelé à des améliorations urgentes et rapides des données pour le Programme de développement post-2015. Il a, en particulier, mis l'accent sur la disponibilité, la fiabilité et le caractère opportun de ces données. Il a exhorté les gouvernements à consentir des investissements substantiels dans leurs offices et systèmes nationaux de statistique, ainsi qu'à accroître les capacités et les moyens de production de données de grande qualité.



Encadré 3.1 : Déclaration de Ban Ki-moon, 2015

« Une forte volonté politique et des ressources sensiblement accrues seront nécessaires afin de répondre à la demande de données pour le nouveau programme de développement. »

Ban Ki-moon, 2015 (Organisation des Nations Unies [ONU], 2015a)

Le cadre conceptuel Forces motrices–Pressions–État–Impact–Réponse (DPSIR) (voir la section 1.6) est utile pour le suivi et l'évaluation de l'environnement. Bien des forces motrices et des pressions associées à la modification de l'environnement, de même qu'un bon nombre de ses impacts, trouvent leur origine dans la sphère sociale. Nombre de défis d'ordre environnemental résultent des inégalités en matière d'accès aux ressources et aux institutions liées au pouvoir et gravitent autour d'axes tels que le genre, l'âge, l'origine ou, l'appartenance ethnique, le revenu et d'autres paramètres sociaux.

Comme le souligne le rapport GEO-5 (PNUE, 2012), il convient non seulement de disposer de données de surveillance régulières, mais aussi d'harmoniser les approches et les méthodes de collecte de données. Les gouvernements s'appuient sur les systèmes statistiques nationaux pour fournir les données nécessaires à la politique nationale. Historiquement, toutefois, de nombreux systèmes statistiques nationaux n'ont pas considéré les statistiques environnementales comme relevant de leur compétence.

3.3 Historique des statistiques environnementales

Par le passé, on a assisté à un essor des statistiques officielles, en réponse à une demande claire d'informations par les gouvernements. Le premier recensement romain se justifiait par un besoin de responsabilisation dans les domaines de la fiscalité et du service militaire (Hin, 2007). Les comptes nationaux sont nés du krach boursier de 1929 et de la nécessité de disposer de statistiques en temps de guerre, qui permettraient aux pays d'éviter une catastrophe économique et de fournir des informations sur les modalités de financement de la Seconde Guerre mondiale (Stone, 1947 ; Vanoli, 2005). En 1947, l'ONU a créé la Commission de statistique des Nations Unies (UNSD) afin d'élaborer et de promouvoir des directives statistiques utilisables par les pays aux fins du suivi au niveau national. Le champ d'action de l'UNSD couvre les méthodologies statistiques permettant de dresser l'inventaire de l'économie et d'élaborer des politiques sur la stabilité macroéconomique mondiale, y compris la croissance économique, les fluctuations des prix et la dynamique démographique, ainsi que les migrations, la mortalité, les naissances et la longévité – mais pas l'environnement.

La Commission Brundtland de 1983 a donné naissance au Cadre pour le développement des statistiques de l'environnement, adopté pour la première fois par l'UNSD en 1984. Plus tard, celle-ci a développé la comptabilité économique et environnementale, dans la foulée du Sommet de la Terre de 1992. Le Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE) a fait l'objet de trois révisions : les SCEE de 1993, 2003 et 2012 ; le dernier en date a été érigé en norme statistique en 2012 (ONU, 1993 ; ONU *et al.*, 2003 ; ONU, 2012). En outre, la Comptabilité expérimentale des écosystèmes a été adoptée en 2013. Le lien entre ces deux cadres statistiques constitue la base du suivi des progrès réalisés pour parvenir au développement durable et met l'accent sur les effets de la vie sur l'environnement et vice-versa.

Le taux de participation des pays et territoires au cycle de recensement de 2010 a été de 91 % et le taux de soumission des comptes nationaux à l'UNSD, de 95 % (ONU, 2015b, 2017a). Toutefois, pendant les six premières décennies d'existence de l'UNSD, les progrès réalisés dans le domaine des statistiques officielles touchaient principalement les statistiques démographiques et économiques. L'adoption des OMD, qui comprenaient des objectifs axés principalement sur le développement social, et le désir d'assurer le suivi des progrès mesurés par les indicateurs des OMD étaient porteurs de transformation, en termes d'augmentation des investissements dans les statistiques. Les efforts de mise en œuvre des OMD ont permis d'accroître la capacité des pays à produire et à utiliser des statistiques sur la pauvreté, l'éducation, la santé, l'égalité entre les sexes, l'environnement et la gouvernance (Banque mondiale, 2002 ; Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2015 ; ONU, 2016a).



Les statistiques environnementales et les statistiques ventilées selon le lieu, le sexe, l'âge, le niveau de pauvreté et d'autres facteurs n'étaient pas au cœur des OMD et mobilisaient donc moins d'investissements. Ces domaines constituent une priorité des ODD. Toutefois, il existe de nombreux défis en ce qui concerne la mesure des différents aspects de l'environnement ainsi que l'élaboration de statistiques désagrégées.

3.4 De meilleures données pour une planète saine et des populations en bonne santé

Des données et statistiques environnementales de meilleure qualité sont nécessaires à la prise de décision à différents niveaux, aux évaluations environnementales d'intérêt local, national, régional et international, ainsi qu'à l'analyse de l'interaction entre l'environnement, l'économie et la société. Idéalement, un système robuste de statistiques environnementales ventilées de façon géospatiale fournirait des informations utilisables à des fins et des niveaux variés.

3.4.1 La mesure de la dimension environnementale du développement durable

Le présent rapport a été produit dans un contexte où les OMD ont fait leur temps. En septembre 2015, l'Assemblée générale des Nations Unies (AGNU) a approuvé le document intitulé *Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030*. Il s'agit d'un programme mondial de développement qui définit les buts et objectifs nécessaires pour parvenir au développement économique, social et environnemental (AGNU, 2015). Les objectifs de développement durable (ODD) représentent

un changement de cap, passant du traitement du développement social de façon isolée à l'adoption d'une approche visant la prospérité durable, la dignité des populations et une planète saine, grâce à l'action nationale et aux partenariats.

Dans la quête de réalisation de ces objectifs ambitieux, les ODD ont été déclinés en 17 objectifs, 169 cibles et 244 indicateurs (y compris certains doublons) (ONU, 2017b). *Transformer notre monde* relève clairement que les données nécessaires aux indicateurs mondiaux posent un énorme défi à tous les pays. Selon une étude, un investissement de 1 milliard de dollars des États-Unis par an sera nécessaire pour que les pays à faible revenu puissent assurer le suivi des ODD (Réseau des solutions pour le développement durable, 2017). Ainsi, comme le souligne le rapport sur les ODD de 2016, suivre les progrès vers la réalisation des ODD nécessite un changement dans la manière de collecter, de traiter, d'analyser et de diffuser les données, notamment celles provenant de sources nouvelles et innovantes (ONU, 2016b).

Certes, le cadre des ODD pose des défis en matière de suivi, mais il ouvre également des perspectives. En effet, c'est la toute première tentative d'intégrer de façon globale des indicateurs environnementaux dans un cadre de suivi d'envergure mondiale. Bien que le cadre des ODD établisse des indicateurs de suivi pour l'ensemble des 17 ODD, un grand nombre de ces indicateurs ne sont pas assortis d'une méthodologie statistique. Reconnaisant cette situation, le cadre répartit les indicateurs en trois niveaux (figure 3.2). L'inclusion aux ODD d'un large éventail d'indicateurs environnementaux peut servir à stimuler l'investissement dans les statistiques environnementales et à promouvoir leur utilisation.

Figure 3.1 : Cadre de données et de connaissances relatives aux ODD

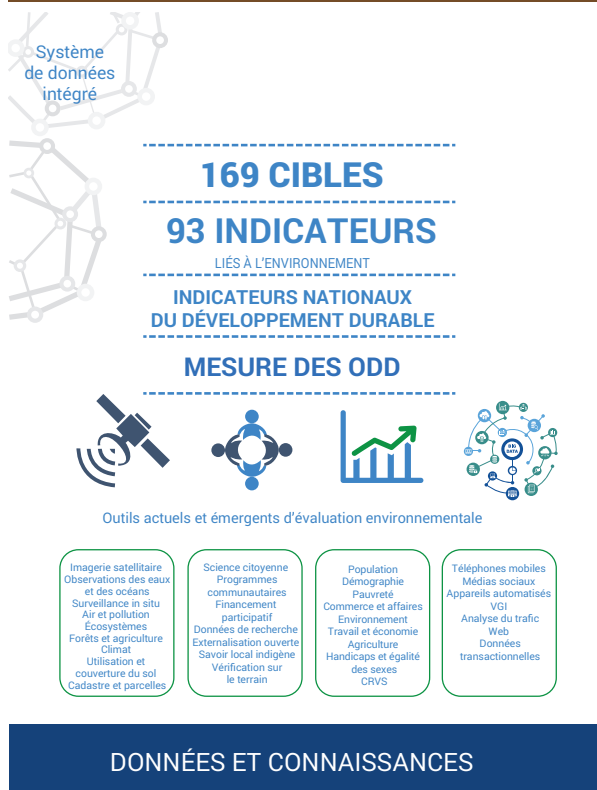


Figure 3.2 : État des indicateurs de suivi des ODD

Niveau 1 Indicateur

L'indicateur a une méthodologie établie à l'échelle internationale et les données sont produites régulièrement par 50 % des pays.

Niveau 2 Indicateur

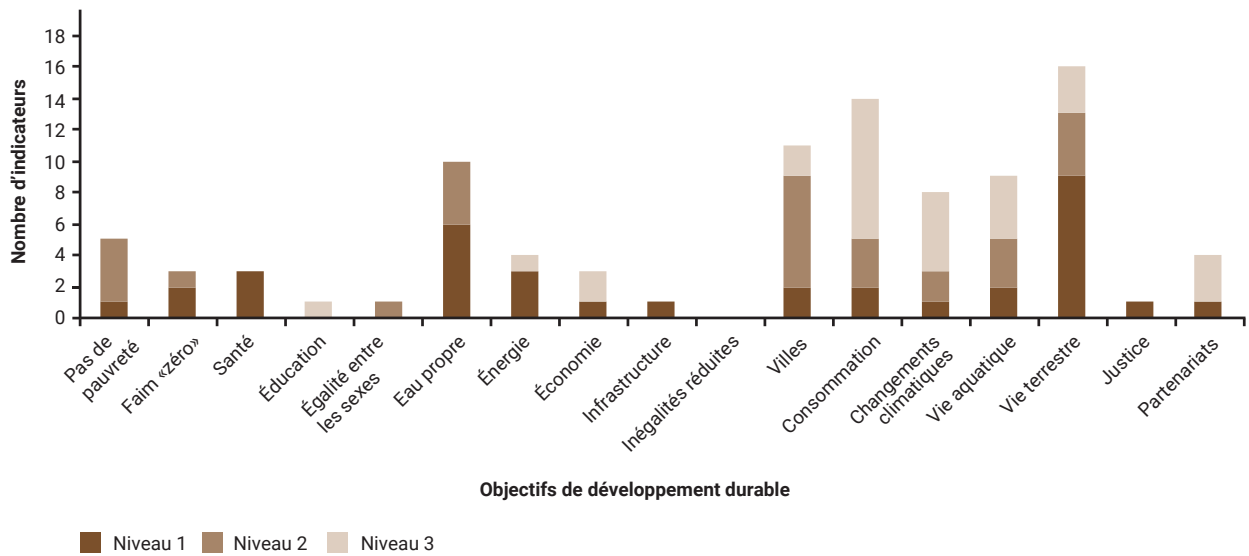
L'indicateur est clair sur le plan conceptuel, mais les données ne sont pas produites régulièrement par les pays.

Niveau 3 Indicateur

Méthodologie ou collecte de données non établie à l'échelle internationale.

Source : ONU (2018, p. 3).

Figure 3.3 : Indicateurs de suivi des ODD ayant un lien avec l'environnement, selon l'objectif et le niveau



Source : ONU (2018).

En tout, 93 indicateurs de suivi des ODD ont un lien direct avec l'environnement (figure 3.3), et un certain nombre d'autres indicateurs ont un lien indirect (tels la pauvreté, les zoonoses, la nutrition et l'espérance de vie, la croissance économique, les sociétés inclusives et les processus politiques non représentés dans la figure 3.3). Les indicateurs environnementaux de suivi des ODD sont répartis sur l'ensemble des ODD, dont chacun, sauf l'ODD 10, est assorti d'au moins un indicateur de suivi pertinent pour l'environnement – ce qui reflète le caractère transversal des ODD et les interactions entre les populations, l'environnement et l'économie. Toutefois, seuls 34 des 93 indicateurs de suivi ayant un lien avec l'environnement disposent, à ce jour, d'une méthodologie existante convenue et de données disponibles fournies par la plupart des pays (niveau 1). Les autres indicateurs se voient attribuer les niveaux 2 ou 3 (respectivement 27 et 34 indicateurs) par le Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable (figure 3.4).

Le suivi de la dimension environnementale des ODD nécessitera non seulement des travaux de recherche-développement en méthodologie statistique, mais également des investissements dans les statistiques environnementales et l'utilisation de nouvelles sources de données, afin de réaliser une révolution des données. La collecte traditionnelle de données par les instituts nationaux de statistique ne peut être la seule source de données, mais les pays auront besoin de systèmes de données qui intègrent les statistiques officielles, l'observation de la terre, la science citoyenne, les mégadonnées et les connaissances traditionnelles. Ces systèmes intégrés de données donnent une image plus complète en regroupant des sources d'information variées. L'intégration des données environnementales implique :

- ❖ la compilation d'informations ethnographiques sur les changements environnementaux tels qu'ils sont vécus sur le terrain ;
- ❖ une compréhension participative de l'expérience personnelle, des connaissances autochtones et traditionnelles, ainsi que des informations géospatiales sur les populations et l'environnement ;
- ❖ des informations combinées sur l'environnement et les femmes, les pauvres et d'autres groupes vulnérables, afin de mettre au jour les tendances et les problèmes qui sont cachés dans les autres systèmes de connaissances ;

- ❖ les connaissances tirées des mégadonnées relatives à la consommation durable et aux modes de production ;
- ❖ la dynamique de la pauvreté au sein des pays et entre eux, dont certaines dimensions peuvent être révélées par les observations satellitaires nocturnes de la Terre ou les limites de la déforestation.

Figure 3.4 : Principales lacunes en matière de données, classées par chapitre





Pour réaliser les divers ODD, il importe de mettre en place une nouvelle approche en matière de systèmes de données et de connaissances qui mette davantage l'accent sur une démarche de prise de décision fondée sur des données probantes. En mettant ces systèmes au premier plan pour tous les utilisateurs finaux, on peut encourager une collaboration croisée intrinsèque qui promeut de nouvelles compétences, de nouvelles technologies et de nouvelles sources de données. En retour, nos connaissances sur le développement durable s'en trouveront améliorées, de même que notre compréhension des ODD. Toutefois, la confidentialité, la propriété et l'utilisation des données poseront des défis d'ordre organisationnel et méthodologique (Réseau des solutions pour le développement durable, 2017).

3.4.2 Les lacunes des données thématiques

La quasi-totalité des domaines thématiques (notamment la biodiversité, la terre, l'air, l'eau et les océans) présente des lacunes quant aux données disponibles (figure 3.4), en particulier dans les pays en développement. Les indicateurs environnementaux liés aux activités industrielles, telles que la consommation d'énergie et l'utilisation de l'eau, sont plus faciles à mesurer et à suivre. La télédétection par satellite permet d'évaluer la couverture terrestre et l'étendue des écosystèmes à grande échelle, mais pas toujours avec la résolution nécessaire. Les effets des changements environnementaux, de la pollution de l'air et de l'eau, ainsi que d'autres conditions environnementales sont particulièrement difficiles à mesurer (PNUE, 2012), d'où la nécessité d'envisager un changement de paradigme quant aux approches de suivi de l'environnement – en décrivant l'orientation sociale et en complétant la démarche par des attributions physiques.

Une brève description des principales lacunes en matière de données touchant les chapitres thématiques de la partie A du présent rapport est donnée ci-après.

Les forces motrices (chapitre 2)

Les données démographiques nationales sont d'assez bonne qualité pour la plupart des pays, en raison des exigences des gouvernements en matière de recensement, mais il existe certaines faiblesses du fait de l'agrégation entre les secteurs de la population. Les données de recensements nationaux sont généralement insuffisantes pour répondre à des questions importantes touchant les ménages, comme l'utilisation de la contraception et l'accès à celle-ci, la fécondité, la prise de décision au sein du ménage et la structure familiale (par exemple, l'âge au mariage). Pour être bien comprises, ces variables et d'autres devraient être ventilées selon l'âge, le sexe, l'origine ethnique et d'autres facteurs socio-économiques. Les données sur l'urbanisation se heurtent à des problèmes similaires d'agrégation à l'échelle nationale. À cela s'ajoutent un manque d'information sur les villes de petite taille et de taille moyenne et un manque de cohésion dans l'échelle des rapports. En matière démographique et d'urbanisation, des accords types sur les statistiques à l'échelle mondiale sont nécessaires, de même qu'une amélioration de la cohérence de la couverture. Les autres lacunes importantes des données ont trait à l'exode rural, au rôle des ménages nucléaires, à la répartition des avantages qu'offre la technologie, ainsi qu'aux modes de production et de consommation. L'incertitude prévaut également quant à une multitude de facteurs de développement économique et à l'interdépendance entre ces facteurs et les autres forces motrices. À titre d'exemple, les estimations financières du coût des pratiques non durables et des incidences du changement climatique exigent un meilleur niveau de précision et de transparence, car même si les chiffres existent, leur exactitude suscite une faible niveau de confiance.

Outre les insuffisances relevées dans les données brutes, il existe des lacunes dans la compréhension mécaniste des processus liés aux forces motrices. Des technologies et des événements futurs modifieront le paysage mondial et changeront qualitativement les rôles des autres forces motrices. Par exemple, l'automatisation

peut influencer sur la nature des transports, ce qui aurait des répercussions sur plusieurs autres domaines. Les répercussions du changement climatique sur la santé humaine exigent de meilleures analyses et une meilleure compréhension des liens actuels et futurs entre ces facteurs, d'où la nécessité de disposer de davantage de données relatives aux effets du changement climatique sur la démographie humaine, y compris des estimations de la migration à des échelles plus fines (McMichael, Barnett et McMichael, 2012). Il existe un déséquilibre sectoriel au niveau des connaissances sur les effets du changement climatique : si les répercussions sur le secteur de l'énergie sont bien comprises, ce n'est pas le cas des impacts sur l'affectation des sols, les processus et fonctions des écosystèmes et les questions intersectorielles.

L'air (chapitre 5)

Un problème de fond qui se pose en ce qui concerne les données sur la qualité de l'air tient au fait que, contrairement aux variables météorologiques, la mesure des concentrations de polluants atmosphériques s'effectue rarement à une couverture spatiale et temporelle suffisante. Par conséquent, l'estimation des effets de la plupart des produits chimiques repose sur ceux de produits chimiques (mesurés) de substitution, ce qui, dans bien des cas, risque de produire des résultats inexacts. Par exemple, seules quelques substances persistantes, bioaccumulables et toxiques sont mesurées, et la qualité générale de ces données est inégale. Lorsqu'un suivi est en place, il est biaisé en faveur des pays développés, ce qui compromet les analyses comparatives de la pollution atmosphérique et de la santé humaine dans les pays en développement. Un renforcement général des capacités s'impose donc afin de faciliter la mesure de la pollution de l'air dans les pays en développement, tant pour leur propre bénéfice que pour compléter la couverture mondiale. L'échantillonnage de la qualité de l'air à l'intérieur des pays est également biaisé, d'où la nécessité de développer l'échantillonnage dans les zones à faible statut socio-économique (par exemple, dans les habitations informelles et les bidonvilles).

Les effets de la qualité de l'air sur la santé humaine ont retenu l'attention dans l'étude sur la charge mondiale de morbidité menée par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS, 2018). Cette étude mondiale des déterminants de la santé humaine élève la pollution atmosphérique au rang de priorité absolue. Au lieu de se fier uniquement aux villes qui pratiquent le suivi de la qualité de l'air, on a eu recours aux données satellitaires et à la modélisation pour estimer la pollution atmosphérique à grande échelle (Brauer *et al.*, 2016). En outre, les inventaires cohérents des émissions mondiales actuellement disponibles sont rares. Les inventaires sont recueillis ou modélisés dans certaines régions, mais la qualité et les sources des données varient. Des inventaires cohérents de certains polluants choisis sont toutefois disponibles à l'échelle européenne et internationale (par exemple, dans le cadre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe).

Par conséquent, les efforts devraient viser l'amélioration de la couverture d'échantillonnage ou de la modélisation, éventuellement à l'aide de capteurs ou de satellites. À cet effet, le programme Copernicus vise à mesurer régulièrement diverses variables relatives à la qualité de l'air et à fournir des données pour tous les pays. Une autre initiative européenne relative à la communication des données tient à la Directive concernant la qualité de l'air et un air pur, qui prévoit la production de données statistiques annuelles et d'une carte en ligne de la qualité de l'air actualisée toutes les six heures.

La biodiversité (chapitre 6)

Les données et les connaissances biologiques sont rares, au regard de la complexité et de la diversité des systèmes biologiques. En général, plus l'échelle spatiale s'affine et la résolution taxonomique s'élève, plus les données sont rares. Les estimations du nombre total d'espèces varient entre 2 et 13 millions (Costello, Wilson et Houlding, 2012; Scheffers *et al.*, 2012), dont on estime que la plupart (86 % des espèces terrestres et 91 % des espèces



océaniques) n'ont jamais été décrites (Mora *et al.*, 2011). Les invertébrés et les écosystèmes des grands fonds marins sont particulièrement mal décrits. De plus en plus, les biologistes identifient les espèces selon leur information génétique, au moyen de la technique du codage à barres de l'ADN (Hosein *et al.*, 2017). Toutefois, une taxonomie plus conventionnelle est encore nécessaire pour décrire les traits morphologiques.

Les lacunes des données relatives aux processus écologiques ainsi qu'à la structure des écosystèmes et des communautés sont encore plus importantes que celles de l'information sur les espèces. Par exemple, les fonctions et services écosystémiques sont compris d'un point de vue conceptuel, mais souvent difficiles à mesurer. Il en résulte une incapacité à prévenir efficacement les invasions d'espèces, que certains considèrent comme la deuxième plus grande menace pour la biodiversité mondiale (Doherty *et al.*, 2016).

Il existe une grande incertitude quant à l'étendue des effets du changement climatique sur la biodiversité, et le traitement du volume de données d'observation de la Terre concernant les changements biologiques dus au climat (par exemple, dans le couvert forestier) pose des défis bio-informatiques. Les solutions actuelles à ces problèmes associés aux mégadonnées comprennent des logiciels de détection des changements, qui réduisent au minimum le besoin de stocker des données pour chaque survol, et des structures de données multidimensionnelles telles que les « cubes de données », qui manipulent efficacement de grandes quantités de données matricielles.

Au nombre des initiatives mondiales visant à faire évoluer les données biologiques, on peut citer l'Initiative taxonomique mondiale de la Convention sur la diversité biologique (Siebenhüner, 2006) et le Système mondial d'informations sur la biodiversité (SMIB) (Yesson *et al.*, 2007). Les enregistrements d'occurrences d'espèces du SMIB couvrent actuellement toutes les parties du monde (un milliard d'enregistrements se rapportant à 1,7 million d'espèces) (SMIB, 2018), et sa taxonomie suit celle du Catalogue of Life (<http://www.catalogueoflife.org>), en utilisant les normes établies d'information sur la biodiversité pour le transfert des données (<http://www.tdwg.org>).

Une grande partie des connaissances écologiques autochtones (sur les plantes médicinales, par exemple) se transmet de bouche à oreille ; ces connaissances risquent d'être perdues, si elles ne sont pas documentées (McCarter *et al.*, 2014). Toutefois, un cadre a récemment été élaboré pour établir un lien entre les connaissances autochtones et d'autres systèmes de connaissances (Tengö *et al.*, 2013), comme les évaluations internationales (Sutherland *et al.*, 2014). De plus, certaines connaissances autochtones sont à présent numérisées (Liebenberg *et al.*, 1999 ; Stevens *et al.*, 2014).

Outre les lacunes en matière de données, on note des failles dans le partage des données et l'accès à celles-ci. Certains problèmes biologiques sont intrinsèquement régionaux ou mondiaux et nécessitent une gestion multinationale coordonnée. C'est le cas de la criminalité environnementale transnationale (White, 2017), qui comprend l'exploitation des espèces menacées de disparition, leur transport et le traçage de leur commerce, de même que l'exploitation minière, la pêche et la déforestation illégales. Des améliorations de l'infrastructure de données partagées sont essentielles pour une réglementation efficace dans ce domaine.

Les océans (chapitre 7)

Les données océaniques comportent de nombreuses lacunes, ce qui n'est pas surprenant, dans la mesure où les observations par satellite ne peuvent pas pénétrer au-delà des eaux de surface. La plupart des données océaniques sont recueillies par mesure directe ou par modélisation, de sorte qu'il est difficile d'obtenir une bonne couverture pour ce vaste environnement qui s'étend sur 70 % de la surface de la Terre. Le manque de coordination mondiale pose un certain nombre de problèmes, car les récifs

coralliens et les déchets marins ne sont pas couverts par une base de données mondiale. L'Administration nationale des océans et de l'atmosphère (NOAA) des États-Unis compile la plus grande base de données sur les récifs coralliens, mais elle ne met pas à contribution toutes les sources au niveau mondial. De même, les données sur les déchets marins sont collectées par différents pays selon des protocoles différents, sans consolidation à l'échelle mondiale. Outre l'abondance et la répartition des déchets, on note d'importantes lacunes au niveau des connaissances relatives aux impacts écologiques des déchets marins, notamment la toxicité de l'ingestion, les effets des nanoparticules, les microplastiques et les répercussions de l'ingestion de déchets plastiques par les poissons sur la consommation humaine.

Les données sur les prises mondiales de poissons sont compilées par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), à laquelle tous les pays communiquent leurs prises et leurs rendements nationaux. Les prises de la pêche commerciale sont bien surveillées dans les pays développés, mais elles sont presque certainement sous-estimées, vu que la pêche illégale représente jusqu'à 40 % des prises dans certaines zones (Agnew *et al.*, 2009). Dans les pays qui ont moins de ressources à consacrer à l'établissement de rapports, les estimations de la pêche reposent souvent sur un petit nombre d'échantillons, ce qui compromet leur fiabilité. Le coût des navires de recherche est un obstacle majeur à l'obtention de données indépendantes du secteur la pêche, en particulier dans les pays en développement, où même le contrôle des prises dans les ports n'est pas toujours économiquement viable.

La terre (chapitre 8)

La terre est l'un des domaines où on dispose le plus de données, en raison de l'efficacité de l'observation de la planète pour la surveillance des surfaces terrestres. Toutefois, il existe des lacunes notables en matière de données, ainsi que des problèmes relatifs à leur qualité. En effet, l'observation de la Terre mesure de façon générale la quantité plutôt que la qualité du changement, et elle n'est pas à même de mesurer certains processus. Par exemple, on s'accorde à dire que la dégradation des terres s'est accentuée, mais ce phénomène ne fait pas l'objet de mesures fréquentes et cohérentes. Les corrélations entre l'Indice de végétation par différence normalisée (NDVI) et la dégradation des terres sont parfois difficilement généralisables et transférables, dans la mesure où l'utilisation du sol et les conditions biophysiques varient à l'échelle régionale. Certes, on observe une amélioration des données sur le couvert forestier depuis le milieu des années 1990, et la FAO tient certaines données à grande échelle, mais les données contenues dans bien d'autres bases de données ne sont pas toujours comparables. L'érosion des sols, la salinisation, la désertification et la modification des services écosystémiques sont toutes difficiles à mesurer à partir d'images satellitaires, de sorte que l'on s'interroge sur l'échelle d'observation appropriée. Il n'existe ni base de données mondiale ni mesures normalisées de l'érosion des sols, ce qui empêche toute évaluation cohérente ou complète à l'échelle mondiale. En outre, le régime foncier et les informations cadastrales (fondées sur des cartes) présentent aussi des difficultés, dans la mesure où il n'existe pas de norme mondiale pour définir l'utilisation du sol. De plus, les systèmes nationaux ne sont pas tous comparables.

L'eau douce (chapitre 9)

Les données relatives à l'eau douce souffrent d'hétérogénéité spatiale et temporelle, ainsi que d'un écart entre les variables qui sont télédélectables par l'observation de la Terre et celles qui ne le sont pas (Lawford *et al.*, 2013). Les données sur la qualité de l'eau, la consommation d'eau, la quantité d'eau souterraine, les prélèvements d'eau et les eaux usées sont insuffisantes à toutes les échelles. Les ODD prescrivent la surveillance de la qualité de l'eau ambiante, mais tous les pays n'ont pas la capacité ou la volonté de satisfaire à ces exigences de déclaration. Les données sur la qualité des eaux de surface sont meilleures que celles qui portent sur la qualité des eaux souterraines, mais elles demeurent



fragmentaires. Les systèmes d'observation de la Terre peuvent mesurer les qualités optiques de l'eau (la chlorophylle, la salinité, la turbidité), mais pas les concentrations d'azote ou de phosphore. Ces dernières années, des progrès ont été réalisés dans l'utilisation des données satellitaires de la mission GRACE pour estimer les changements au niveau du stockage (ou de l'épuisement) des eaux souterraines. Toutefois, l'évaluation des ressources en eau souterraine requiert la collecte de données directes qui sont relativement coûteuses, car elles nécessitent l'accès aux eaux souterraines par des puits ou des forages. Par ailleurs, les données sur les glaciers, la neige et la glace sont lacunaires, et il existe des incertitudes quant aux effets du changement climatique (Salzmann *et al.*, 2014), bien que le programme Copernicus puisse y remédier à l'échelle mondiale, grâce à un satellite dédié à la surveillance de la couverture de neige et de glace. D'autres variables, telles que les eaux souterraines et l'intrusion d'eau salée, sont difficiles à mesurer par quelque moyen que ce soit et sont généralement comprises par la modélisation plutôt que par l'observation. Ces modèles ont un besoin urgent de données de terrain fiables à des fins d'étalonnage et de vérification. Les questions géopolitiques relatives à l'utilisation de l'eau, comme le partage des eaux transfrontières, sont un autre domaine qui nécessite davantage de données, en particulier pendant les périodes où l'eau se raréfie.

La science citoyenne peut fournir certaines solutions aux problèmes touchant la couverture de l'échantillonnage de l'eau douce et la surveillance de base des niveaux des eaux souterraines. Citons par exemple l'utilisation d'applications mobiles pour surveiller la qualité de l'eau (Lemmens *et al.*, 2017) et l'utilisation de trousseaux d'analyse par le projet Freshwater Watch d'EarthWatch (<https://freshwaterwatch.thewaterhub.org/fr>) et d'autres groupes de bénévoles (Overdevest *et al.*, 2004). Une première forme de science citoyenne est déployée avec succès depuis plusieurs décennies aux Pays-Bas, où des bénévoles de tout le pays mesurent bimestriellement les niveaux des eaux souterraines à l'aide de piézomètres, contribuant ainsi à l'établissement de séries chronologiques à long terme de données sur les eaux souterraines de leur pays. Toutefois, la plupart des initiatives de science citoyenne se bornent à une simple surveillance de l'eau et ne mesurent pas l'ensemble des polluants modernes tels que les antibiotiques, les polluants organiques persistants, les pesticides d'usage courant, les microplastiques, les nanoparticules et les perturbateurs endocriniens.

3.5 L'intersectionnalité du genre et de l'environnement social

Le changement de paradigme qui place l'analyse sociale au cœur de l'évaluation environnementale se développe depuis l'émergence, au milieu des années 1990, de l'analyse environnementale sexospécifique et de l'analyse axée sur d'autres groupes vulnérables. La présente section porte sur les liens entre

le genre et l'environnement. Toutefois, bon nombre des questions soulevées pourraient s'appliquer à d'autres groupes vulnérables. Les questions d'équité au sens plus large, en particulier les inégalités Nord-Sud en matière d'empreinte environnementale et d'effets sur l'environnement – qui sont elles-mêmes liées au genre –, sont traitées dans d'autres chapitres du présent rapport.

Le rôle du genre dans l'analyse environnementale connaîtra une accélération à mesure que les engagements en matière d'équité et d'égalité sociales du Programme de développement durable à l'horizon 2030 façonneront l'élaboration des politiques mondiales (**encadré 3.2**).

Au cœur de l'analyse comparative entre les sexes se trouve la compréhension du fait que pratiquement toutes les relations environnementales, notamment les forces motrices et les incidences, sont « sexospécifiques ». Les rôles et normes socialement construits qui sont liés au genre positionnent différemment les hommes et les femmes par rapport à l'environnement. Les hommes et les femmes sont souvent exposés à des problèmes et à des risques environnementaux différents. En retour, cela peut signifier que les hommes et les femmes ont des perspectives différentes sur l'étendue et la gravité des problèmes environnementaux, ainsi que sur le choix des solutions à envisager ou à déployer. En outre, en raison de la construction sociale des rôles liés au genre, les hommes et les femmes sont souvent positionnés différemment quant à leur capacité d'agir ou d'être pris au sérieux en tant qu'agents d'interprétation de l'environnement et de changement environnemental.

L'analyse comparative entre les sexes exige de nouvelles façons de voir la structure de l'enquête environnementale. En effet, l'analyse sexospécifique de l'environnement fait appel à des questions nouvelles et différentes, elle met au premier plan diverses dimensions des relations entre l'être humain et l'environnement, et elle nécessite des outils et des approches méthodologiques différents. Le prisme de l'analyse comparative entre les sexes englobe les aspects physiques et sociaux de l'environnement, ainsi que leurs interactions. Les engagements liés au genre visant à « soulever le toit du foyer » pour la collecte de données révèlent la dynamique au sein du ménage en matière d'utilisation des ressources et de prise de décision, des dimensions souvent extrêmement importantes pour comprendre les comportements et les résultats environnementaux à l'échelle locale (Seager, 2014).

L'analyse comparative entre les sexes met également en évidence l'intersectorialité, soit le fait que les relations sociales avec l'environnement sont généralement façonnées non pas par une seule identité sociale, mais plutôt par une combinaison d'identités et de normes sexospécifiques, ainsi que par d'autres identités sociales telles que l'origine ethnique, la sexualité et la classe.



Encadré 3.2 : Les statistiques sur le genre

« Les statistiques sur le genre s'entendent de celles qui reflètent adéquatement les différences et les inégalités entre la situation des femmes et celle des hommes, dans tous les domaines de la vie [...] Premièrement, les statistiques sur le genre doivent refléter des enjeux liés au genre, c'est-à-dire les questions, problèmes et enjeux liés à tous les aspects de la vie des femmes et des hommes, notamment leurs besoins, leurs perspectives et leur apport respectif à la société. Dans chaque société, il existe des différences entre ce qui est attendu, permis et valorisé chez une femme et ce qui est attendu, permis et valorisé chez un homme. Ces différences ont une incidence particulière sur la vie des femmes et des hommes, à toutes les étapes de la vie ; elles déterminent, par exemple, les écarts touchant la santé, l'éducation, le travail, la vie familiale ou le bien-être général. La production de statistiques sur le genre implique la ventilation des données selon le genre et d'autres caractéristiques, afin de faire ressortir ces différences ou inégalités et de collecter des données sur des questions spécifiques qui touchent un genre plus que l'autre ou qui concernent les relations entre les femmes et les hommes. Deuxièmement, les statistiques sur le genre doivent refléter adéquatement les différences et inégalités entre la situation des femmes et celle des hommes. En d'autres termes, les concepts et définitions utilisés dans la collecte de données doivent être élaborés de manière à prendre en compte la diversité des différents groupes de femmes et d'hommes, ainsi que leurs activités spécifiques et les défis auxquels ils sont confrontés. En outre, il convient d'éviter toute méthode de collecte de données susceptible d'induire des biais liés au genre tels que la sous-déclaration de l'activité économique des femmes ou de la violence à l'égard des femmes, ou le sous-dénombrement des filles, de leurs naissances et de leurs décès. »

Source : UNSD (2015).



Les directives pour une évaluation environnementale intégrée du PNUE (2017) reflètent ces nouvelles approches en faisant ressortir les questions liées à l'égalité des sexes qui devraient être intégrées à l'évaluation environnementale dès les premières phases de la planification (**encadré 3.3**).

La disponibilité des données et les systèmes statistiques n'ont pas évolué au même rythme que l'intérêt et la demande en matière d'analyses comparatives entre les sexes dans le cadre de l'évaluation environnementale. L'évaluation du rapport GEO-5 souligne le manque – et la nécessité – de données sur l'environnement ventilées par sexe (PNUE, 2012). L'un des messages les plus cohérents en matière d'analyse comparative

entre les sexes est le caractère crucial de ces informations pour une analyse complète (ONU, 2015a ; PNUE, 2016). Des progrès ont été réalisés depuis l'évaluation du rapport GEO-5, et le PNUE (2016) a synthétisé les données et les approches analytiques qui sont à présent disponibles. On dispose cependant de très peu d'informations sur les différents besoins des hommes et des femmes, les utilisations différentes qu'ils font des ressources et leurs différentes responsabilités en matière de contribution à la conservation et au développement durable.

L'information propre à étayer l'analyse intersectorielle de la dimension du genre en relation avec l'âge, l'origine ethnique, la caste ou la dynamique de classe est encore plus lacunaire. Les données existantes sur le genre et l'environnement sont fragmentées et dispersées entre de petites sources – souvent de littérature grise – ou des études savantes difficiles d'accès. Il n'existe pratiquement aucune norme commune ni complémentarité entre les pays, ce qui rend quasiment impossible l'agrégation et la comparaison des enjeux entre les régions. L'insuffisance des données longitudinales complique encore plus l'évaluation environnementale sexospécifique, car les relations entre le genre et l'environnement ne sont perceptibles que sur de longues périodes.

L'absence de données ventilées par sexe freine l'élan vers une analyse plus poussée de la relation entre le genre et l'environnement – « ce qui n'est pas pris en compte est présumé ne pas compter ». Faute de données, les évaluations environnementales demeurent partielles. Qui plus est, il est quasiment impossible d'établir des bases de référence, de suivre les progrès et d'évaluer les résultats. Il sera impossible de mesurer les progrès accomplis dans la tenue des engagements des ODD relatifs à l'équité et à l'égalité entre les sexes dans tous les domaines, notamment l'environnement, sans une amélioration substantielle des données ventilées par sexe.

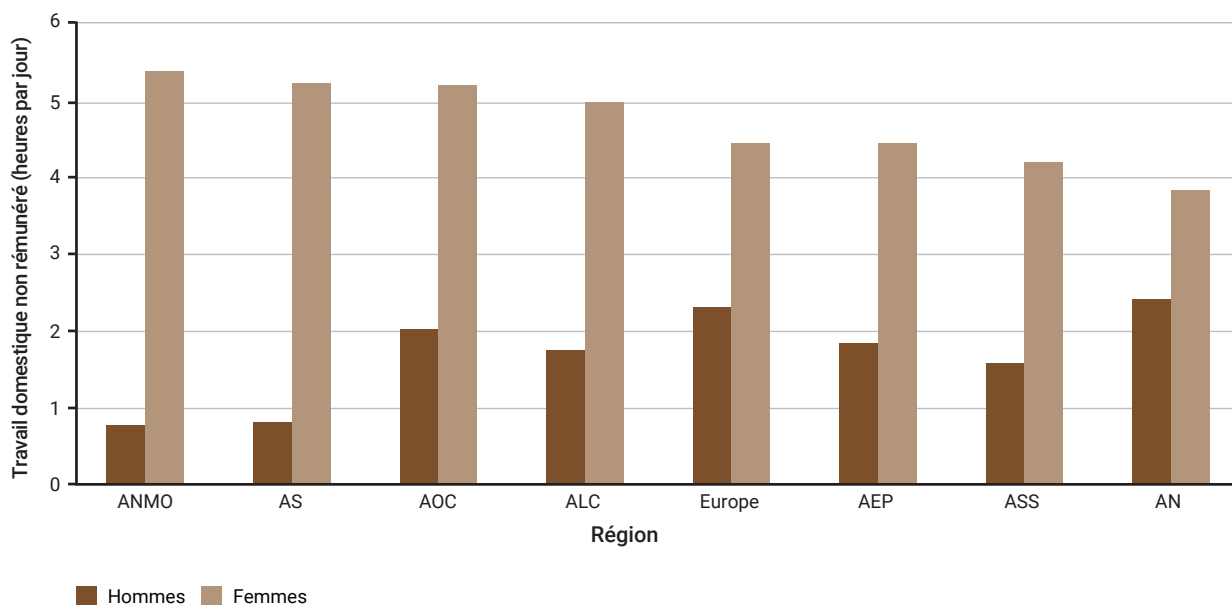
Même une simple analyse fondée sur des données ventilées par sexe, comme celle du temps moyen consacré par les hommes et les femmes au travail non rémunéré (**figure 3.5**), peut révéler une dynamique sexospécifique importante. La charge du travail



Encadré 3.3 : Questions éclairées par la problématique du genre

- ❖ Dans quels lieux géographiques, domaines, secteurs et activités la différence d'un sexe à l'autre et la classe sociale ont-elles une incidence sur la relation d'une personne avec l'environnement ?
- ❖ Y a-t-il lieu de prendre en compte d'autres questions intersectorielles ? (Par exemple : Comment les différents groupes culturels, ethniques ou de classe utilisent-ils ou imaginent-ils l'espace? Quel est leur rapport avec l'espace ? Existe-t-il des conflits entre ces groupes ?)
- ❖ Comment les différences générales entre les classes socio-économiques en ce qui concerne l'environnement (inventoriées dans des rapports tels que *Global Gender and Environment Outlook* [PNUE, 2016]) s'appliquent-elles aux questions environnementales en cours d'évaluation ?
- ❖ Quelles sont les différences de comportement entre les hommes, les femmes, les garçons et les filles face aux questions environnementales en cours d'évaluation (inventoriées dans des rapports tels que *Global Gender and Environment Outlook*) ?
- ❖ Dispose-t-on de données sexospécifiques pour comprendre cette relation ou faudra-t-il en collecter ?

Figure 3.5 : Le travail domestique non rémunéré



ANMO: Afrique du Nord et Moyen-Orient; AS: Asie du Sud; AOC: Afrique orientale et centrale; ALC: Amérique latine et Caraïbes; AEP: Asie de l'Est et Pacifique; ASS: Afrique subsaharienne; AN: Afrique du Nord.

Source : Ferrant, Pesando et Nowacka (2014, p. 2).



non rémunéré empêche les femmes, plus que les hommes, d'entreprendre un travail rémunéré et de participer pleinement aux sphères civile et économique. La figure 3.5 illustre l'inégalité de la charge du travail non rémunéré entre les hommes et les femmes. Les femmes consacrent de nombreuses heures de travail non rémunéré, en particulier dans les pays plus pauvres, à la gestion directe des ressources environnementales locales, pour satisfaire les besoins du ménage en eau, en combustible et en vivres. Par ailleurs, la « privation de temps » qui résulte de la charge du travail non rémunéré a pour conséquence que les femmes sont moins susceptibles que les hommes d'être disponibles pour participer à une formation pertinente sur l'environnement, et qu'elles ne sont pas non plus disponibles pour participer aux processus officiels touchant l'exploitation de l'environnement, sa gestion et à la prise de décisions sur ce sujet.

L'attente voulant que les études environnementales intègrent une analyse comparative entre les sexes et des données sur le genre est de plus en plus largement partagée. En 2016, le PNUE a réalisé entièrement ses perspectives mondiales sur le genre et l'environnement (*Global Gender and Environment Outlook – GGEO*) à travers le prisme du genre. Le rapport GGEO conclut que pour bonifier l'efficacité du processus décisionnel en matière d'environnement, il y aurait lieu de « renforcer l'accent sur l'élaboration, la collecte et l'analyse de données, d'indicateurs et d'autres informations ventilées par sexe, notamment au niveau intra-ménager » (PNUE, 2016, p. 201).

La cible 17.18 des ODD appelle nommément à l'amélioration de la collecte et de la disponibilité des données ventilées par sexe : « D'ici à 2020, apporter un soutien accru au renforcement des capacités des pays en développement, notamment des pays les moins avancés et des petits États insulaires en développement, l'objectif étant de disposer d'un beaucoup plus grand nombre de données de qualité, actualisées et exactes, ventilées par niveau de revenu, sexe, origine ou, appartenance ethnique, statut migratoire, handicap et emplacement géographique, et selon d'autres caractéristiques propres à chaque pays » (AGNU, 2015).

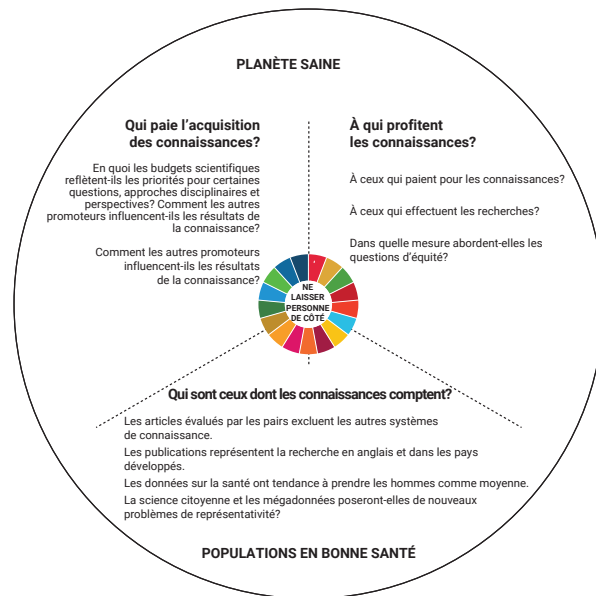
Le rapport GGEO présente un sommaire des jeux de données ventilées par sexe les plus complets disponibles en 2016. Il s'agit notamment de plusieurs indices agricoles ventilés par sexe (de la FAO) sur des indicateurs tels que l'emploi agricole et la propriété foncière, d'informations transnationales comparatives sur l'accès à la terre et la propriété foncière (de la FAO, de l'OCDE et de la Banque mondiale) et de données ventilées par sexe sur la charge de morbidité pour quelques facteurs environnementaux (Prüss-Ustün *et al.*, 2017).

D'autres initiatives à grande échelle sont en cours de déploiement, en vue de recueillir et d'analyser des données ventilées par sexe liées à l'environnement :

- ❖ En 2014, l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) a lancé un projet visant à identifier des indicateurs prioritaires relatifs à l'eau qui tiennent compte des questions de genre (UNESCO, 2014).
- ❖ La base de données de la FAO sur le genre et les droits fonciers « a été lancée en 2010 pour mettre en évidence les principaux facteurs politiques, juridiques et culturels qui influent sur la réalisation des droits fonciers des femmes » (FAO, 2018). En 2018, la base de données de la FAO contenait des données provenant de plus de 80 pays, et l'« outil d'évaluation juridique » de la FAO cartographie les subtilités de l'accès des hommes et des femmes à la propriété foncière.

Les perspectives d'amélioration des données environnementales ventilées par sexe sont prometteuses, et les attentes en matière de collecte de données dans le cadre des ODD devraient donner un coup d'accélérateur aux initiatives visant à recueillir systématiquement des données sexospécifiques (les indicateurs

Figure 3.6 : Questions d'équité en matière de données et de connaissances



spécifiquement liés aux activités, rôles et effets ayant un ancrage biologique), ainsi que des données environnementales ventilées par sexe (liées aux rôles et impacts sociaux). Toutefois, l'écart entre la demande et l'offre demeure considérable.

3.6 L'équité et les interactions humains-environnement

L'évaluation des interactions humains-environnement nécessite des données, des connaissances et des approches intégrées, comme indiqué au chapitre 1 du présent rapport. Une évaluation équilibrée des données existantes et des résultats scientifiques peut déboucher sur des choix politiques équilibrés. Toutefois, la base de connaissances est-elle en mesure de fournir un historique équilibré des interactions humains-environnement ? Comme le montre la figure 3.6, cette interrogation induit trois questions clés.

Qui paie l'acquisition des données et des connaissances, et de quels types de données et de connaissances s'agit-il ? Toutes les données et les recherches sont financées par des acteurs spécifiques – l'État, mais aussi des acteurs non étatiques tels que la société civile, l'industrie et les mécènes. Des données probantes sans équivoque attestent que les États investissent des sommes colossales dans la recherche en sciences naturelles et en technologie, mais beaucoup moins dans la recherche en sciences sociales et sur l'équité liée à l'environnement et aux ressources. Par exemple, une étude sur le financement aux États-Unis montre que, de 1970 à 2015, les sciences sociales ont été largement sous-financées par rapport aux autres domaines d'étude (Conseil national des sciences des États-Unis, 2017).

À qui profitent les données et connaissances existantes ? Les questions et les données de recherche ont tendance à servir des intérêts dominants, par exemple ceux qu'identifient les organismes de financement. Elles peuvent également servir des intérêts disciplinaires plutôt que des interactions plus intégrées entre les humains et l'environnement (McMichael, Butler et Folke, 2003). En outre, malgré l'importance de disposer de données et de connaissances sur les causes et les effets des déplacements internes de populations, ces données ne sont pas encore disponibles (Bennett *et al.*, 2017, p. 11). Le besoin de données désagrégées est vital pour traiter les questions d'équité, mais ces données et connaissances sont limitées.



Quelles données et connaissances sont pertinentes, et pourquoi

le sont-elles ? Dans les évaluations internationales, les preuves s'accumulent, confirmant que les chercheurs viennent des pays « développés » les plus riches plutôt que des pays non anglophones ou en développement. À titre d'exemple, 87 % des chercheurs du monde, 92 % du budget de recherche et 94 % des publications scientifiques proviennent des pays du G20 (UNESCO, 2015). En 2015, la majorité des auteurs du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) étaient issus de pays développés et un nombre nettement moins important provenait de pays en développement (Schulte-Uebbing *et al.*, 2015).

La littérature sur l'environnement comporte peu d'évaluations des politiques en matière de données et de connaissances, et cela pose problème.

3.6.1 L'environnement et l'économie

La réalisation d'un certain nombre d'ODD dépend de la compréhension et de la prise en compte adéquate des coûts et avantages des relations entre l'environnement et l'économie. Plus encore, les ODD et les indicateurs de comptabilité du capital naturel donnent une idée de la valeur des « apports de la nature aux populations » et aux sociétés humaines en général et du coût des matières résiduelles telles que les polluants et les déchets. L'économie de la nature ou la comptabilité du capital naturel implique l'évaluation, la mesure, l'agrégation et l'expertise de ces apports, afin d'aider les décideurs à faire en sorte que cette valeur se reflète dans les activités économiques de production, de consommation, de commerce et d'investissement, par le truchement d'instruments tels que la tarification, l'établissement des coûts et la réglementation. Évaluer la dimension économique des incidences des activités économiques sur l'environnement aide les décideurs à réaliser des synergies entre les questions économiques et environnementales, à gagner en efficacité dans l'affectation de ressources limitées et à éviter les corrélations négatives (ou à les réduire au strict minimum lorsqu'elles sont inévitables). Toute évaluation de ce type devrait tenir compte de la réalité suivante : les activités économiques sont de plus en plus caractérisées par des chaînes mondiales (par exemple, l'investissement, le commerce) ; et le rôle de ces « téléconnexions » est crucial pour déterminer les incidences globales. Par conséquent, les actions que nous entreprenons pour préserver les ressources environnementales à un endroit peuvent se faire au détriment des ressources ou de la qualité de l'environnement ailleurs. Le SCEE fournit un cadre pour l'analyse des interactions entre l'environnement et l'économie. Il intègre des informations sur quatre quadrants politiques : l'accès aux services et aux ressources ; la gestion de l'offre et de la demande de ressources environnementales ; l'état de l'environnement ; les risques et phénomènes extrêmes (ONU, 2014).

Pour ce qui est des avantages que procure la nature, une question fondamentale consiste à savoir si ces valeurs sont comparables et si d'autres avantages économiques peuvent s'y substituer. La plupart des analyses économiques conventionnelles présument que les facteurs de production sont substituables lorsqu'on les applique au capital naturel, ce qu'on appelle la « faible durabilité », (Solow, 1974 ; Hartwick, 1977). Mais dans bien des cas, l'apport de la nature à la vie humaine (par exemple, la régulation du climat) ne peut être assuré par d'autres activités humaines. Ces situations de « forte durabilité », parfois liées aux frontières planétaires, doivent ressortir grâce à une analyse solide. Cette analyse doit s'appuyer sur une diversité méthodologique qui mobilise les connaissances de l'écologie, de l'économie, des études sociales et culturelles et reconnaît leur évolution dynamique.

En matière de comptabilité du capital naturel et du SCEE, certaines méthodologies assignent une valeur monétaire aux coûts et avantages environnementaux, afin de les comparer à d'autres activités et coûts économiques. Dans d'autres cas, on

ne mesure que les stocks et les flux de ressources et de résidus environnementaux à l'aide d'un cadre comptable, au lieu d'y inclure une évaluation. Un cadre comptable produit de l'information sur l'utilisation des ressources environnementales telles l'eau et l'énergie, et sur les résidus environnementaux tels les émissions et les déchets, par catégorie industrielle.

Quant à l'évaluation économique, son application doit permettre de cerner les concessions réciproques et la demande de ressources pour des utilisations concurrentes. Il faut également reconnaître que dans bien des situations environnementales, le manque de données ou l'absence de consensus crédible d'ordre scientifique ou méthodologique limite la portée de l'analyse économique.

L'analyse économique de l'environnement peut être orientée vers les objectifs plus généraux du système de l'ONU et les ODD touchant la paix, les droits de la personne, l'équité et la sécurité, ainsi que la durabilité. Elle doit reconnaître la complexité des interactions entre l'environnement et l'économie et faire ressortir les incertitudes, grâce à une communication claire et simple.

La durabilité et les politiques nécessaires pour y parvenir doivent être axées sur l'évolution de la richesse par habitant, ainsi que sur les flux de revenus et d'avantages non monétaires. En effet, c'est le stock de capital naturel qui génère l'apport de la nature aux populations, et une comptabilité correcte de la richesse par rapport à l'environnement et aux ressources évite de confondre les revenus et la richesse.

Des macro-modèles sont donc nécessaires pour évaluer les résultats nationaux et mondiaux des politiques d'utilisation des ressources et de l'environnement. Les résultats récents obtenus avec ces modèles donnent à penser que la perception classique voulant qu'il existe une corrélation entre l'économie et l'environnement pourrait être erronée. De plus en plus, les analyses de l'« économie verte » tendent à indiquer que les ressources naturelles sont un apport essentiel à la croissance économique durable. De ce point de vue, une bonne « économie de la nature » serait un grand catalyseur de la conservation et du développement. Ces messages doivent être diffusés avec clarté et confiance.

3.6.2 L'environnement et la santé

Les environnements dans lesquels nous vivons sont un déterminant clé de la santé et du bien-être des humains. L'environnement physique nous fournit l'air que nous respirons, la nourriture et l'eau nécessaires à notre subsistance, le rayonnement solaire, source de chaleur et de lumière, etc. Il s'agit là d'effets directs, mais les effets indirects ont également leur importance pour le maintien d'écosystèmes sains qui, à leur tour, assurent la sécurité alimentaire et d'autres services écosystémiques. L'environnement social exerce également une forte influence sur la santé et le bien-être, comme le montrent clairement les gradients socio-économiques dans le domaine de la santé, où le désavantage social est corrélé aux troubles de santé et au mal-être qui s'expriment à travers un large spectre de maladies et de comportements à risque pour la santé (Friel et Marmot, 2011). La dégradation de notre environnement (par exemple, la pollution de l'air, la contamination des aliments et de l'eau, l'exposition insuffisante ou excessive au soleil, les nuisances sonores, les conflits et les guerres) a des effets négatifs sur la sécurité alimentaire et hydrique, ainsi que sur la santé et le bien-être.

L'étude des liens de l'environnement, au sens le plus large, avec la santé et le bien-être humains passe par la mesure de l'« exposition » (le facteur environnemental d'intérêt) et du « résultat » (une certaine mesure de la santé ou du bien-être). L'étape suivante consiste à évaluer s'il existe une relation de causalité entre l'exposition (par exemple, aux polluants atmosphériques, à un conflit, à un espace vert, à une nuisance sonore) et le résultat, ce qui exige généralement une bonne conception de l'étude, des méthodes



statistiques appropriées et une analyse causale. L'ampleur de l'effet, combinée à une compréhension de la prévalence de l'exposition au sein de la population, permet de déterminer un effet attribuable (la proportion du résultat sur la santé causée par l'exposition au facteur de risque environnemental) (Prüss-Ustün *et al.*, 2017). Outre l'analyse de l'exposition à certains contaminants, celle des conditions environnementales et celle de la santé et du bien-être peuvent aussi révéler des relations sous-jacentes entre la santé et l'environnement. Par exemple, l'analyse – dans une optique environnementale – de données sur les enfants souffrant d'insuffisance pondérale, sur la malnutrition et sur d'autres indicateurs de la sécurité alimentaire aide à comprendre les relations du changement climatique avec la sécurité alimentaire, la santé et le bien-être.

Il est possible de mesurer directement l'exposition à l'environnement à l'échelle individuelle (en général, seulement pour un nombre relativement faible de personnes), de l'inférer à l'échelle individuelle ou écologique à partir de données résultant d'une surveillance de routine (par exemple, la qualité de l'air et de l'eau, les niveaux de rayonnement solaire) ou de la modéliser (par exemple, en estimant les expositions au changement climatique à partir d'une combinaison de variables atmosphériques). On peut aussi combiner ces méthodes, en utilisant par exemple les données de plusieurs stations météorologiques pour calculer les expositions individuelles dans différents sites d'une région (Miranda *et al.*, 2016). La mesure de l'exposition à certains facteurs environnementaux (par exemple, le taux de plomb dans le sang) est plus précise que pour d'autres facteurs (par exemple, l'exposition à vie à la pollution sonore) (Klompaker *et al.*, 2018), et la mesure d'une exposition de courte durée est plus précise que celle d'une exposition à vie, par exemple. Des échantillons de grande taille (les « mégadonnées ») et des façons innovantes de concevoir les études et d'analyser les données sont donc nécessaires, mais il faut également reconnaître les risques de biais associés à ces ensembles de données « bruités » (Ehrenstein *et coll.*, 2017).

Les données utiles pour évaluer le fardeau du résultat sanitaire associé aux facteurs environnementaux sont disponibles, à l'échelle individuelle, dans les études épidémiologiques et les bases de données administratives (par exemple, les données sur les sorties d'hôpital, où les méthodes modernes de couplage des données permettent d'examiner les données au niveau individuel). Toutefois, l'utilisation des données administratives présente encore des écueils considérables, en raison des questions éthiques liées à la protection des renseignements personnels. Les données administratives peuvent également servir aux études écologiques (par exemple, l'effet de la pollution atmosphérique sur les hospitalisations). Pour certains résultats sanitaires dans certains pays, la surveillance au moyen de registres des maladies fournit des données complètes et précises sur l'incidence et la mortalité. On peut corrélérer ces données à d'autres ensembles de données pour en tirer des associations au niveau individuel (Korda *et al.*, 2017) ou les utiliser dans des études écologiques pour évaluer les relations entre la maladie et les paramètres environnementaux (Adams *et al.*, 2016). L'étude *Global Burden of Disease* (Étude sur la charge mondiale de la morbidité – GBD), un précieux ensemble de données sur l'incidence et la mortalité par maladie, désormais mises à jour chaque année (GBD 2016 Causes of Death Collaborators, 2017 ; GBD 2016 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators, 2017), vise à collecter les meilleures données sanitaires possibles (en général sur les maladies) provenant de tous les pays, afin de fournir des estimations complètes à l'échelle mondiale, nationale et, pour certains pays, régionale. En outre, l'étude GBD donne une estimation de la perte de santé du fait de la morbidité, ainsi que du nombre d'années de vie ajustées en fonction de l'incapacité et de l'espérance de vie ajustée en fonction de la santé (GBD 2016 DALY and HALE Collaborators, 2017). Toutefois, les autres données désagrégées (notamment sur les personnes touchées et sur le lieu) qui seraient nécessaires à une évaluation exhaustive ne sont généralement pas disponibles. Les récents développements des technologies en « -omique » – telles la

génomique, la métabolomique, l'exposomique et l'épigénomique – fournissent une énorme quantité de données permettant d'évaluer les effets des expositions environnementales sur la santé et le bien-être humains. Toutefois, des défis restent à relever pour séparer les effets d'une exposition spécifique (par exemple, les diverses composantes de la « pollution atmosphérique ») et quantifier avec précision les effets attribuables aux expositions :

- a) qui sont difficiles à mesurer avec précision ;
- b) qui ont des effets dose-réponse ou des effets de seuil non linéaires ;
- c) dont le niveau varie au cours de la vie ;
- d) qui présentent à la fois des risques et des avantages pour la santé humaine.

3.7 Les systèmes de données actuels

Les statistiques officielles, les données géospatiales nationales et les données de surveillance de l'observation de la Terre ne sont pas souvent regroupées dans un seul système national de données, alors qu'il est essentiel de mieux intégrer les données provenant de ces sources aux évaluations. Bien que des insuffisances existent dans les statistiques officielles, les données géospatiales nationales et les données d'observation de la Terre, ces sources de données sont actuellement utilisées pour l'évaluation environnementale et sont mieux développées à l'échelle mondiale que les nouveaux outils d'évaluation environnementale présentés au chapitre 1.

3.7.1 Les statistiques officielles

Les disciplines des statistiques officielles et de l'observation de la Terre se sont développées indépendamment, et leurs interconnexions ne se manifestent que sporadiquement. Cette relation a bénéficié des orientations émanant des systèmes statistiques nationaux, grâce aux évolutions suivantes : l'adoption du SCEE au sein du cadre central en 2012 ; l'adoption des comptes expérimentaux des écosystèmes du SCEE en 2013 ; la révision du Cadre pour le développement des statistiques de l'environnement en 2013. Ces trois cadres statistiques fournissent une base méthodologique améliorée pour les statistiques. Toutefois, il reste encore à accroître la production de statistiques et à impliquer davantage d'acteurs dans la production de statistiques environnementales, notamment à l'échelon local. En outre, il manque toujours des orientations méthodologiques sur les interactions entre la société et l'environnement, notamment la dimension genre.

L'évolution technologique – notamment l'amélioration des données satellitaires, des stations de surveillance et des appareils électroniques personnels – est en voie de modifier le paysage des données, notamment grâce à la science citoyenne. La révolution des données et ses dérivés technologiques – les mégadonnées et la science citoyenne – dégagent de nouvelles possibilités de mesure, ce qui pourrait perturber les relations organisationnelles et institutionnelles existantes en matière de gestion de la mesure et de la production des connaissances scientifiques. La réponse à ces nouvelles manifestations de mesures inspirées de la technologie a été dirigée, entre autres, par le Comité d'experts des Nations Unies sur la gestion de l'information géospatiale à l'échelle mondiale (UN-GGIM). Toutefois, il faudra probablement attendre longtemps la satisfaction de cet urgent besoin d'intégration. Il demeure cependant nécessaire de mieux exploiter les technologies, notamment les applications mobiles, les appareils intelligents et d'autres outils, pour rendre les données accessibles aux populations et pour fournir une interface qui rende visibles les données de la science citoyenne.

L'impératif de disposer de statistiques et de données

L'injonction faite de « ne laisser personne de côté » impose une forte prime à la production et à la fourniture de données désagrégées selon tous les attributs possibles, y compris (fait important) par zone locale. Ce faisant, les ODD mettent en évidence l'importance des données et statistiques géospatiales.

Une approche statistique géospatiale de la mesure établit une infrastructure transformatrice, qui améliore l'information nécessaire pour « ne laisser personne de côté », grâce à l'analyse des interactions et de la causalité au niveau local et pour des populations données.

Le cadre des indicateurs de suivi des ODD

Le programme des ODD est certes audacieux et ambitieux, mais il est impossible de couvrir simultanément tous les aspects dudit programme. Par conséquent, l'aptitude à établir des priorités et à procéder à un séquençage est stratégique pour réussir la mise en œuvre de mesures du programme mondial. De quelles données, de quelles statistiques et de quels indicateurs est-il question ?

Toute tentative de réponse à ces questions passe par le recours aux expériences historiques relatives aux exercices de mesure du développement mondial, dont les OMD ont représenté la forme la plus enrichissante. Dans son rapport sur les OMD de 2015, le secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies note avec regret, premièrement, que la collecte des informations statistiques souffre d'un décalage temporel important, alors que l'évolution rapide du monde d'aujourd'hui exige des données en temps réel ; deuxièmement, que l'information est très agrégée et n'a pas la spécificité géographique nécessaire pour servir à orienter les interventions ; troisièmement, que l'allocation de ressources aux pays et institutions qui ont le plus besoin de données pour le développement (de leur population et de leur environnement) est minimale.

Le fait d'avoir défini la nature du problème n'enlève rien à la pertinence de répondre aux questions qu'il soulève. La définition du problème a l'avantage de déterminer avec plus de clarté les actions, en termes de hiérarchisation par priorités et de séquençement.

En ce qui concerne les indicateurs, les statisticiens officiels, sous la direction de l'USND, n'ont pas ménagé leurs efforts pour établir un cadre d'indicateurs et cerner la faisabilité des indicateurs qui l'alimenteraient. Dans la pratique, toutefois, la conception du cadre s'est orientée vers le nombre d'indicateurs plutôt que vers une architecture propre à les déterminer. L'existence du cadre et la capacité d'identifier les indicateurs qui l'alimenteront constituent un début louable.

En ce qui concerne l'avenir de l'environnement mondial, il importe surtout de relever que la tâche devient encore plus sérieuse et politiquement difficile du fait que des dizaines de cibles des ODD ont une relation directe ou un lien étroit avec l'environnement. Il en résultera peut-être un résultat différent pour le rapport GEO.

Selon la définition donnée à la section 3.1, moins du quart des indicateurs de suivi des ODD liés à l'environnement relèvent du niveau 1. Cette réalité donne une idée de la difficulté inhérente aux mesures, notamment en ce qui concerne la dotation en ressources des systèmes statistiques de certains pays.

L'ancien secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies a reconnu la nécessité de mettre en place des mécanismes clairs de coordination des données et des statistiques. À cet égard, il a exhorté les pays à accorder de l'importance à la coordination des organismes nationaux (**encadré 3.4**), notamment les bureaux statistiques nationaux, afin de garantir, les normes statistiques, de les encourager et de les faire respecter au moyen de principes, de lois et de notes de pratique.

La mesure de l'environnement dans le contexte des ODD

L'évaluation précise de l'interaction entre les populations et l'environnement nécessitera de nouvelles sources de données et de nouveaux outils d'évaluation environnementale. Par exemple, l'information géospatiale peut être intégrée aux cartes démographiques pour cerner les problèmes environnementaux régionaux qui touchent les populations (par exemple, où vivent les populations démunies et où se posent des problèmes de qualité de l'eau).



Encadré 3.4 : Déclaration du Secrétaire général des Nations Unies

« Les bureaux statistiques nationaux devraient avoir un mandat clair pour coordonner les organismes nationaux impliqués et devenir la base de données de référence pour le suivi. »

Ban Ki-moon, Secrétaire général des Nations Unies, 2007-2016 (ONU, 2015a)



La principale force motrice de la croissance exponentielle de l'accès à la technologie et de son utilisation a été la capacité de la technologie à créer et promouvoir des normes communes. Cette innovation a fait naître un mouvement visant la normalisation des formes de données à recueillir à un coût très réduit. De ce fait, la collecte de grands volumes de données est devenue beaucoup plus attrayante. Qui plus est, la technologie ouvre des possibilités en ce qui concerne l'utilisation des statistiques géospatiales et élargit la capacité d'observer l'évolution de l'environnement.

Les données, statistiques et connaissances sur l'environnement sont les fondements d'une évaluation environnementale réussie. Les technologies à distance, les systèmes d'observation de la Terre et les bureaux statistiques nationaux demeurent les principaux producteurs de données sur l'environnement. L'émergence de nouveaux cadres de connaissances et de nouvelles capacités informationnelles touchant la gestion des bases de données, la science citoyenne, l'analyse ventilée par sexe et par catégorie sociale, les mégadonnées, les outils de visualisation des données, la modélisation spatiale, les médias sociaux et Internet ouvrent des perspectives pour la collecte et la diffusion de l'information. Collectivement, les données compilées grâce à ces approches améliorent la capacité à soutenir les processus décisionnels stratégiques fondés sur des connaissances vastes et multidisciplinaires. Une surveillance efficace des tendances environnementales est essentielle pour remédier aux dommages causés à l'environnement.

On estime qu'il est possible d'obtenir les informations ventilées et localisées nécessaires pour « ne laisser personne de côté » et de répondre ainsi aux exigences d'une surveillance efficace des tendances environnementales.

Toutefois, si nous sommes fidèles à l'idée de « ne laisser personne de côté » prescrite dans les ODD, de multiples méthodes doivent être traitées par les systèmes de gestion de l'information. Il s'agit notamment des traditions bien établies en matière de normes statistiques et de l'avenir des statistiques renforcées grâce à la disponibilité et au potentiel d'analyse des systèmes d'information foncière. En outre, les nouvelles technologies et leurs capacités en ce qui concerne les données et les espaces géographiques offrent aux citoyens de nouvelles façons de participer à la vie scientifique et d'élargir les possibilités d'intégration des données sur l'environnement.

Le défi à surmonter cependant pour que ces nouvelles plateformes de connaissances soient utiles tient au soutien institutionnel. Premièrement, peut-on considérer ces plateformes comme des systèmes actuels et futurs propres à attirer des ressources raisonnables et à améliorer le bien-être des populations et de la planète ? Le rapport 2015 du Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies sur les OMD préconise la coordination et l'engagement des organismes nationaux dans le suivi (voir l'**encadré 3.4**). Deuxièmement, ces systèmes de données et d'information peuvent-ils fonctionner ensemble dans l'espace et le temps ? Autrement dit, peut-on s'y fier pour faciliter les discussions sociales, économiques et politiques et pour résister à l'épreuve des périodes de transition ? Troisièmement, sont-ils vérifiables ? Est-ce qu'ils résisteront à l'examen ? Quatrièmement, les connaissances, les statistiques et les données sont intrinsèquement politiques et



peuvent poser des difficultés aux gouvernements dans le discours sur les connaissances.

Les défis sous-jacents

D'importants déficits de données, partout sur la planète et dans tous les domaines de l'environnement, limitent notre capacité à relever les tendances et à gérer les résultats indésirables. Dans bien des pays, les statistiques officielles sur l'environnement sont rarement produites, difficiles d'accès, dispersées entre différentes institutions et font l'objet de rapports fragmentés (PNUE, 2016). La disponibilité des données sur de nombreux sujets environnementaux est géographiquement déséquilibrée, car les données sur les zones rurales et les pays en développement sont plus lacunaires. Les systèmes de surveillance, de l'échelle mondiale à l'échelle régionale, sont fragmentés ; leur couverture est insuffisante et leur actualisation est souvent irrégulière (PNUE, 2012, p. 129). À cet égard, il est urgent de mettre en place un suivi régulier qui respecte les normes internationales communément admises dont la mise en application optimale passe par la coopération internationale. Il est également nécessaire d'accroître le partage des données dans un format normalisé, en conformité, par exemple, avec les normes d'échange électronique de données et de métadonnées statistiques.

Le *Rapport sur les objectifs de développement durable 2016* de l'ONU explique que les besoins en données relatives aux indicateurs mondiaux sont presque aussi importants que les ODD eux-mêmes et constituent un défi pour de nombreux pays. Suivre les progrès vers la réalisation des ODD nécessite de collecter, traiter, analyser et diffuser une quantité sans précédent de données et de statistiques aux niveaux infranational, national, régional et mondial, y compris celles provenant d'organismes statistiques officiels et de sources de données nouvelles et innovantes (ONU, 2016b).

Bien que les systèmes de connaissances chevauchent souvent les frontières nationales, la création, la conservation, la distribution et l'utilisation des connaissances sont historiquement et politiquement associées aux gouvernements. La connaissance n'existant pas dans un vide géopolitique, social ou économique, ces nouveaux systèmes seront-ils en mesure d'éclairer la prise de décision politique ainsi que l'acceptation de la gestion et du développement de l'environnement ?

3.7.2 L'information géospatiale

Les systèmes de surveillance et de prévisions environnementales se développent rapidement. Toutefois, la combinaison d'informations provenant de multiples systèmes pour générer des statistiques et indicateurs demeure un défi de taille. Le Groupe sur l'observation de la Terre définit l'observation de la Terre comme englobant à la fois les observations de surface (*in situ*) et les observations recueillies par les aéronefs et la télédétection, notamment par les satellites et par d'autres missions spatiales. De même, un ensemble de données recueillies à une fin précise peut souvent être utilisé à des fins multiples. Par exemple, la couverture des terres agricoles pourrait être utile pour comprendre les risques de catastrophe naturelle, en examinant la migration des populations, la nature des établissements informels, les infrastructures urbaines et leur relation avec la biodiversité et les écosystèmes.

L'observation de la Terre et la surveillance de l'environnement sont transformées par l'intégration des données administratives des organismes statistiques nationaux, y compris les données économiques, et par des politiques de données ouvertes pour l'observation de la Terre, qui profitent à la fois aux économies émergentes et aux pays développés. L'observation ouverte de la Terre, la science citoyenne, les médias sociaux et l'accès aux plateformes numériques ou aux mégadonnées peuvent susciter

une transformation vers un nouveau modèle de création de données, qui se traduirait par des connaissances plus inclusives, plus sociales et plus robustes pour la prise de décision, là où il existe une compréhension générale et un accès élargi aux connaissances d'intérêt stratégique.

Par exemple, le premier atlas de la planète humaine (Pesaresi *et al.*, 2017), dérivé de la couche mondiale des établissements humains (GHSL), fournit une source d'informations validée sur les habitations humaines, allant des villages aux mégapoles. Les données de base, les mesures spatiales et les indicateurs relatifs à la population et aux établissements humains élaborés dans le cadre de la Human Planet Initiative du Groupe sur l'observation de la Terre fournissent aux utilisateurs une plateforme de données de base pour la surveillance et l'analyse. La ressource de la GHSL constitue un exemple du potentiel des données publiques à même d'appuyer les analyses mondiales, nationales et locales des établissements humains et, en particulier, de soutenir les politiques et la prise de décision. Cette application de l'observation de la Terre est essentielle pour modéliser, en se fondant sur des données probantes : l'exposition humaine et physique à la contamination et à la dégradation de l'environnement, dont les accords environnementaux multilatéraux assurent le suivi ; les catastrophes, comme le prévoit le Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe ; l'impact des activités humaines sur les écosystèmes, mesuré par la Convention sur la diversité biologique ; enfin, l'accès des humains aux ressources, évalué par les ODD (Commission européenne, 2018).

En septembre 2015, l'AGNU a approuvé le document *Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030*, un programme de développement mondial ayant pour objet d'assurer le suivi des progrès réalisés sur les aspects économiques, sociaux et environnementaux de la durabilité, comme le stipule l'article 76 (**encadré 3.5**) (AGNU, 2015).

Au sein du système de l'ONU, des organismes, tels le Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable et les organismes de tutelle des Nations Unies qui prennent la direction de l'élaboration des méthodes de surveillance, examinent et, dans certains cas, se préparent à intégrer des données d'observation de la Terre et des données géospatiales à l'appui des ODD, de leurs cibles et de leurs indicateurs. Selon une analyse effectuée en 2016 par le Groupe sur l'observation de la Terre, au moins 98 cibles et indicateurs pourraient tirer parti des données d'observation de la Terre et les utiliser (ONU, 2016c). La communauté mondiale de l'observation de la Terre est pleinement engagée et prête à fournir son expertise à tous les membres de l'ONU, en particulier aux pays en développement, dans le domaine du renforcement de capacités régionales et nationales spécifiques.



Encadré 3.5 : Article 76 du Programme de développement durable à l'horizon 2030

«Nous nous attacherons à promouvoir de manière transparente et responsable une coopération accrue entre les secteurs public et privé afin de tirer parti d'un large éventail de données, notamment des données d'observation de la Terre et des informations géospatiales, tout en veillant à ce que les pays conservent la maîtrise des efforts visant à soutenir et à suivre les progrès accomplis.»

– AGNU (2015)



3.8 Conclusion

L'intersectionnalité du genre et de l'environnement social

Les écarts en termes d'exposition aux problèmes et aux risques environnementaux se traduisent par des perspectives différentes pour les hommes et les femmes, ce qui reflète l'inégalité des réactions et des interprétations que suscitent les perspectives de développement et de durabilité. Comme l'environnement subit l'influence d'un amalgame d'identités et de normes sociales, il est nécessaire d'améliorer la collecte et de renforcer l'analyse de données récentes de qualité, ventilées selon le sexe, l'âge, l'origine ethnique et d'autres caractéristiques, dans des contextes nationaux, afin d'établir une base de référence globale et d'assurer le suivi et l'évaluation. Ces données devraient également être ventilées sur le plan spatial et être sensibles sur le plan géographique, afin de prendre en compte les variations locales.

L'équité et les interactions humains-environnement

La collecte, la ventilation et l'analyse des données relatives aux communautés les plus vulnérables demeurent un défi. Des travaux plus poussés dans ce domaine permettraient de mieux cerner les questions d'inégalité (ONU, 2012, p. 12). L'industrie finance généralement la recherche, ce qui permet d'améliorer les procédés industriels et d'accroître la valeur pour les actionnaires, tandis que les philanthropes peuvent, eux, s'intéresser à un large éventail de questions, notamment en matière d'équité. Il importe de promouvoir les données et connaissances sur la manière de « lever les obstacles à la participation politique et sociale ainsi qu'à l'accès aux services, à des politiques proactives et à une communication sociale soutenue, afin d'infléchir les normes sociales qui perpétuent la discrimination et l'exclusion » (ONU, 2012, p. 9). En outre, en termes de concentration régionale, la recherche se concentre géographiquement sur les États-Unis d'Amérique, la Chine, le Japon et l'Allemagne, qui représentent à eux seuls 63 % des dépenses mondiales dans le domaine de la recherche-développement, principalement financées par le secteur des entreprises (Conseil national des sciences des États-Unis, 2016, p. 41-46). Les entreprises en tant que bailleurs de fonds de la recherche ont supplanté le financement public, ce qui a fait pencher la balance davantage vers une recherche appliquée que vers la recherche fondamentale (Conseil national des sciences des États-Unis, 2016). Cette question soulève celle de savoir qui récolte les retombées de la recherche et si celle-ci sert le bien commun.

L'environnement et l'économie

L'évaluation économique des impacts environnementaux intègre l'évaluation globale des contributions de la nature à la vie des populations ; la comptabilisation des activités économiques, des investissements et des échanges mondiaux en faveur des populations et de l'environnement ; ainsi que les questions institutionnelles globales ayant une incidence sur l'équité et le fonctionnement des marchés. Les constatations spécifiques relatives à la durabilité ne peuvent être révélées que par une analyse solide couvrant les facteurs écologiques, sociaux et culturels et leur interaction au fil du temps. L'évaluation attribue une valeur monétaire aux avantages et aux coûts environnementaux, ainsi qu'aux concessions réciproques et à la concurrence. L'analyse économique de l'environnement devrait être orientée vers le champ d'application plus large des ODD, notamment la paix, l'équité et la

sécurité. Les valeurs monétaires et non monétaires en rapport avec l'environnement et les ressources, ainsi que les modèles reflétant l'économie de la nature, ne peuvent être générées que par des données et informations opportunes et fiables, tirées d'enquêtes statistiques et d'autres nouvelles sources de données telles que les mégadonnées.

L'environnement et la santé

À eux deux, les environnements physique et social exercent de fortes influences directes et indirectes sur la santé et le bien-être humains. Ainsi, la mesure des liens entre l'« exposition » et le « résultat », l'évaluation des relations de causalité et l'exposition aux populations nécessitent des bases statistiques solides et des échantillons de grande taille (c'est-à-dire des mégadonnées). Au nombre des défis auxquels sont confrontées les études épidémiologiques figurent la protection des données, leur fiabilité et leur disparité lors de l'utilisation des bases de données administratives. Le recours aux mégadonnées pour l'évaluation des expositions environnementales à long terme est un développement récent. Il est donc nécessaire d'explorer l'utilisation d'autres sources d'information pour valider les effets sanitaires à long terme des activités humaines et des perturbations naturelles telles que le changement climatique, en mettant à profit de nouvelles formes de données et de connaissances (la science citoyenne et les connaissances traditionnelles).

3.8.1 Des données de qualité pour une planète plus saine et une vie meilleure

Le Programme de développement durable à l'horizon 2030 des Nations Unies sert de cadre mondial pour évaluer le développement économique, social et environnemental, en visant à promouvoir une planète plus saine et à favoriser une vie meilleure, grâce à l'engagement et aux partenariats nationaux. Le suivi des progrès réalisés dans le cadre des ODD exige des changements dans la collecte, l'analyse et la diffusion des données, y compris l'utilisation de statistiques environnementales, de données géospatiales, de données de l'observation de la Terre et de nouvelles sources de données (la science citoyenne, les mégadonnées, les connaissances traditionnelles).

Une approche nouvelle et innovante des systèmes de données et de connaissances, axée sur la collecte d'informations fondées sur des données probantes, est essentielle pour réaliser l'ambitieux cadre des ODD. Toutefois, on estime que le suivi de l'ensemble du cadre des ODD coûtera jusqu'à 250 milliards de dollars des États-Unis (Jerven, 2014) au cours de la période de 2016 à 2030. Ainsi, outre l'amélioration des systèmes de données, il est également nécessaire d'établir des priorités pour cibler la collecte de données et réaliser des gains d'efficacité.

Si la mesure des changements environnementaux est une tâche difficile, celle des effets de ces changements est encore plus complexe, en particulier en ce qui concerne la détermination des causes. Il est donc essentiel, plutôt que de s'en tenir aux seuls aspects physiques, de tenir compte de l'orientation sociale, de la valeur économique et des impacts sur la santé et le bien-être, mais ce changement de paradigme est un défi de taille, même pour les systèmes statistiques avancés.



Références

Adams, S., Lin, J., Brown, D., Shriver, C.D. et Zhu, K. (2016). Ultraviolet radiation exposure and the incidence of oral, pharyngeal and cervical cancer and melanoma: An analysis of the SEER data. *Anticancer research* 36(1), 233-238. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26722048>.

Agnew, D.J., Pearce, J., Pramod, G., Peatman, T., Watson, R., Beddington, J.R. et al. (2009). Estimating the worldwide extent of illegal fishing. *PLoS ONE* 4(2), e4570. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004570>.

Bennett, K., Bilak, A., Bullock, N., Cakaj, L., Clarey, M., Desai, B. et al. (2017). *Global Report on Internal Displacement*. International Displacement Monitoring Centre and Norwegian Refugee Council. <http://www.internal-displacement.org/global-report/grid2017/pdfs/2017-GRID.pdf>.

Brauer, M., Freedman, G., Frostad, J., van Donkelaar, A., Martin, R.V., Dentener, F. et al. (2016). Ambient air pollution exposure estimation for the global burden of disease 2013. *Environmental Science & Technology* 50(1), 79-88. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03709>.

Costello, M.J., Wilson, S. et Houlding, B. (2012). Predicting total global species richness using rates of species description and estimates of taxonomic effort. *Systematic Biology* 61(5). <https://doi.org/10.1093/sysbio/syr080>.

Doherty, T.S., Glen, A.S., Nimmo, D.G., Ritchie, E.G. et Dickman, C.R. (2016). Invasive predators and global biodiversity loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(40), 11261-11265. <https://doi.org/10.1073/pnas.1602480113>.

Ehrenstein, V., Nielsen, H., Pedersen, A.B., Johnsen, S.P. et Pedersen, L. (2017). Clinical epidemiology in the era of big data: New opportunities, familiar challenges. *Clinical epidemiology* 9, 245-250. <https://doi.org/10.2147/CLEP.S129779>.

European Commission (2018). *GHSI - Global Human Settlement Layer*. <http://ghsi.jrc.ec.europa.eu/>.

Ferrant, G., Pesando, L.M. et Nowacka, K. (2014). *Unpaid Care Work: The Missing Link in the Analysis of Gender Gaps in Labour Outcomes*. Centre de Développement de la OCDE. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd.org/dev/development-gender/Unpaid_care_work.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). *What is the GLRD?* <http://www.fao.org/gender-landrights-database/background/en/>.

Friel, S. et Marmot, M.G. (2011). Action on the social determinants of health and health inequities goes global. *Annual review of public health* 32, 225-236. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031210-101220>.

GBD 2016 Causes of Death Collaborators (2017). Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Global Health Metrics* 390(10100), 1151-1210. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32152-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32152-9).

GBD 2016 DALYs et HALE Collaborators (2017). Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 333 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Global Health Metrics* 390(10100), 1260-1344. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32130-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32130-X).

Global Biodiversity Information Facility (2018). *Free and open access to biodiversity data*. <https://www.gbif.org/>.

Hartwick, J.M. (1977). Intergenerational equity and the investment of rents from exhaustible resources. *American Economic Review* 67(5), 972-974. <https://www.jstor.org/stable/1828079>.

Hin, S. (2007). *Counting Romans*. Princeton/Stanford Working Papers in Classic Stanford University. <https://www.princeton.edu/~pswpc/pdfs/hin/110703.pdf>.

Hin, S. (2007). *Counting Romans*. Princeton/Stanford Working Papers in Classic Stanford University. <https://www.princeton.edu/~pswpc/pdfs/hin/110703.pdf>.

Hosein, F.N., Austin, N., Maharaj, S., Johnson, W., Rostant, L., Ramdass, A.C. et al. (2017). Utility of DNA barcoding to identify rare endemic vascular plant species in Trinidad. *Ecology and Evolution* 7(18), 7311-7333. <https://doi.org/10.1002/ece3.3220>.

Jerven, M. (2014). *Data for Development Assessment Paper: Benefits and Costs of the Data for Development Targets for the Post-2015 Development Agenda*. Copenhagen Consensus Center. https://www.copenhagenconsensus.com/sites/default/files/data_assessment_-_jerven.pdf.

Klompmaaker, J.O., Hoek, G., Bloemasma, L.D., Gehring, U., Strak, M., Wijga, A.H. et al. (2018). Green space definition affects associations of green space with overweight and physical activity. *Environmental research* 160, 531-540. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.10.027>.

Korda, R.J., Clements, M.S., Armstrong, B., K., Di Law, H., Guiver, T., Anderson, P.R. et al. (2017). Risk of cancer associated with residential exposure to asbestos insulation: A whole-population cohort study. *The Lancet Public Health* 2(11), e522-e528. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(17\)30192-5](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(17)30192-5).

Lawford, R., Strauch, A., Toll, D., Fekete, B. et Cripe, D. (2013). Earth observations for global water security. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5(6), 633-643. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.009>.

Lemmens, R., Lungu, J., Georgiadou, Y. et Verplanke, J. (2017). Monitoring rural water points in Tanzania with mobile phones: The evolution of the SEMA App. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 6(10), 316. <https://doi.org/10.3390/ijgi6100316>.

Liebenberg, L., Stevenon, L., Benadie, K. et Minye, J. (1999). Rhino tracking with the CyberTracker field computer. *Pachyderm* 27, 59-61. https://www.iucn.org/backup_iucn/cmsdata/iucn.org/downloads/pachy27.pdf#page=60.

McCartier, J., Gavin, M.C., Baereleo, S. et Love, M. (2014). The challenges of maintaining indigenous knowledge. *Ecology and Society* 19(3), 39. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06741-190339>.

McMichael, A.J., Butler, C.D. et Folke, C. (2003). New visions for addressing sustainability. *Science* 302(5652), 1919-1920. <https://doi.org/10.1126/science.1090001>.

McMichael, C., Barnett, J. et McMichael, A.J. (2012). An ill wind? climate change, migration, and health. *Environmental health perspectives* 120(5), 646-654. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104375>.

Miranda, A.I., Ferreira, J., Silveira, C., Relvas, H., Duque, L., Roebeling, P. et al. (2016). A cost-efficiency and health benefit approach to improve urban air quality. *Science of the Total Environment* 569-570, 342-351. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.102>.

Mora, C., Tittensor, D.P., Adl, S., Simpson, A.G.B. et Worm, B. (2011). How many species are there on earth and in the ocean? *PLoS Biology* 9(8), e1001127. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127>.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2015). *Strengthening National Statistical Systems to Monitor Global Goals*. OECD and Post-2015 Reflections: Element 5, Paper 1. Paris. <https://www.oecd.org/dac/POST-2015/20P21.pdf>.

Overdevest, C., Orr, C.H. et Stepanuck, K. (2004). Volunteer stream monitoring and local participation in natural resource issues. *Human Ecology* 11(2), 177-185. <https://www.humanecologyreview.org/pastissues/her112/overdevestorstepanuck.pdf>.

Pesaresi, M., Ehrlich, D., Kemper, T., Siragusa, A., Florczyk, A., Freire, S. et al. (2017). *Atlas of the Human Planet: Global Exposure to Natural Hazards*. European Union. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106292/atlas2017_online.pdf.

Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Neville, T., Bos, R. et Neira, M. (2017). Diseases due to unhealthy environments: An updated estimate of the global burden of disease attributable to environmental determinants of health. *Journal of public health* 39(3), 464-475. <https://doi.org/10.1093/pubmed/idx085>.

Salzmann, N., Huggel, C., Rohrer, M. et Stoffel, M. (2014). Data and knowledge gaps in glacier, snow and related runoff research – A climate change adaptation perspective. *Journal of Hydrology* 518, 225-234. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.05.058>.

Scheffers, B.R., Joppa, L.N., Pimm, S.L. et Laurance, W.F. (2012). What we know and don't know about Earth's missing biodiversity. *Trends in Ecology & Evolution* 27(9), 501-510. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.05.008>.

Schulte-Uebbing, L., Hansen, G., Hernandez, A.M. et Winter, M. (2015). Chapter scientists in the IPCC AR5 – experience and lessons learned. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 250-256. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.06.012>.

Seager, J. (2014). *Background and Methodology for Gender Global Environmental Outlook*. Nairobi: United Nations Environment Programme. https://web.unep.org/sites/default/files/ggeo/documents/GGEO_Multi-stakeholder_consultation_Background_document_final.pdf.

Siebenhüner, B. (2006). Administrator of global biodiversity: The secretariat of the convention on biological diversity. *Biodiversity and Conservation* 16(1), 259-274. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9043-8>.

Solow, R.M. (1974). Intergenerational equity and exhaustible resources. *The Review of Economic Studies* 41(5), 29-46. <https://doi.org/10.2307/2296370>.

Stevens, M., Vitos, M., Altenbuchner, J., Conquest, G., Lewis, J. et Haklay, M. (2014). Taking participatory citizen science to extremes. *IEEE Pervasive Computing* 13(2). <https://doi.org/10.1109/MPRV.2014.37>.

Stone, R. (1947). *Measurement of national income and the construction of social accounts: Report of the Sub-committee on National Income Statistics of the League of Nations Committee of Statistical Experts*. United Nations. <http://www.worldcat.org/title/measurement-of-national-income-and-the-construction-of-social-accounts-report/oclc/610219052?referer=di&ht=edition>.

Sustainable Development Solutions Network (2017). *Counting on the World: Building Modern Data Systems for Sustainable Development*. New York, NY. <http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2017/09/sdsn-trends-counting-on-the-world-1.pdf>.

Sutherland, W.J., Gardner, T.A., Haider, L.J. et Dicks, L.V. (2014). How can local and traditional knowledge be effectively incorporated into international assessments? *Oryx* 48(1), 1-2. <https://doi.org/10.1017/S0030605313001543>.

Tengö, M., Malmer, P., Brondizio, E., Elmqvist, T. et Spierenburg, M. (2013). *The Multiple Evidence Base as a Framework for Connecting Diverse Knowledge Systems in the IPBES*. Stockholm: Stockholm Resilience Centre. <http://www.stockholmresilience.org/download/18.416c425f13e06f977b11277/MultipleEvidence+Base+for+IPBES+2013-06-05.pdf>.

United Nations (1993). *Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting*. New York, NY. http://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_61E.pdf.

United Nations (2012). *Addressing Inequalities: The Heart of the Post-2015 Agenda and the Future We Want for All*. http://www.un.org/millenniumgoals/pdf/Think%20Pieces/10_inequalities.pdf.

United Nations (2014). *System of Environmental-Economic Accounting 2012: Central Framework*. New York, NY. https://unstats.un.org/unsd/envaccouting/seaeac/seaeac_final_en.pdf.

United Nations, General Assembly (2015). *70/1. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015*. 21 October. A/RES/70/1. http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&lang=E.

United Nations (2015a). *The Millennium Development Goals Report*. New York, NY. [http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20\(July%2015\).pdf](http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%2015).pdf).

United Nations (2015b). *World's Women 2015: Trends and Statistics*. https://unstats.un.org/unsd/gender/downloads/worldswomen2015_report.pdf.

United Nations (2016a). *World Economic and Social Survey 2014/2015*. New York, NY. http://www.un.org/en/development/desa/policy/wess/wess_archive/2015wess_full_en.pdf.

United Nations (2016b). *Sustainable Development Goals Report 2016*. New York, NY. <http://unstats.un.org/sdgs/report/2016/>.

United Nations (2016c). *Geospatial information and earth observations: Supporting official statistics in monitoring the SDGs. 47th Session of the United Nations Statistical Commission - Geospatial Integration Forum*. New York, NY, 7 March. United Nations Statistical Commission. <https://www.fgdc.gov/organization/working-groups-subcommittees/unggim-wg/unggim-meeting-march-2016.pdf>.

United Nations (2017a). *Report of the Inter-Secretariat Working Group on National Accounts: Supplement to the Report of the Inter-Secretariat Working Group on National Accounts*. <https://unstats.un.org/unsd/statcom/48th-session/documents/BG-NationalAccounts-Supplement-E.pdf>.

United Nations (2017b). *Report of the Inter-agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators*. <https://unstats.un.org/unsd/statcom/48th-session/documents/2017-2-IAEG-SDGs-E.pdf>.

United Nations (2018). *Tier Classification for Global SDG Indicators*. https://unstats.un.org/sdgs/files/Tier%20Classification%20of%20SDG%20Indicators_11%20May%202018_web.pdf.

United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development and World Bank (2003). *Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003*. <http://unstats.un.org/unsd/EconStatKB/Attachment60.aspx?AttachmentType=1>.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2014). *Water and gender*. <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/water-and-gender/>.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2015). *UNESCO Science Report: Towards 2030*. Institutions and Economies. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002354/235406e.pdf>.

United Nations Environment Programme (2012). *Global Environment Outlook-5: Environment for the Future We Want*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GEO5_report_full_en.pdf?isAllowed=&sequence=5.

United Nations Environment Programme (2016). *Global Gender and Environment Outlook*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/14764/Gender_and_environment_outlook_HIGH_res.pdf?sequence=1&isAllowed=

United Nations Environment Programme (2017). *Guidelines for Conducting Integrated Environmental Assessment* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/16775/IEA_Guidelines_Living_Document_v2.pdf?sequence=1&isAllowed=y

United States National Science Board (2016). Research and development: National trends and international comparisons. In *Science and Engineering Indicators*. Arlington, VA: National Science Foundation. chapter 4. <https://www.nsf.gov/statistics/2016/nsb20161/uploads/17/chapitre-4.pdf>.

United States National Science Foundation (2017). *Federal funds for research and development*. <http://www.nsf.gov/statistics/fedfunds/>

Vanoli, A. (2005). *National Accounting at the beginning of the 21st century: Where from? Where to?* European Commission. https://ec.europa.eu/eurostat/cros/system/files/p1-national_accounting_at_the_beginning_of_the_21st_century.pdf.

White, R. (ed.) (2017). *Transnational Environmental Crime*. London: Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/9781409447856>

World Bank (2002). *Building Statistical Capacity to Monitor Development Progress*. Washington, D.C. http://siteresources.worldbank.org/SCBINTRANET/Resources/Building_Statistical_Capacity_to_Monitor_Development_Progress.pdf.

World Health Organization (2018). *Global Health Observatory (GHO) Data: Mortality and Global Health Estimates*. http://www.who.int/gho/mortality_burden_disease/en/

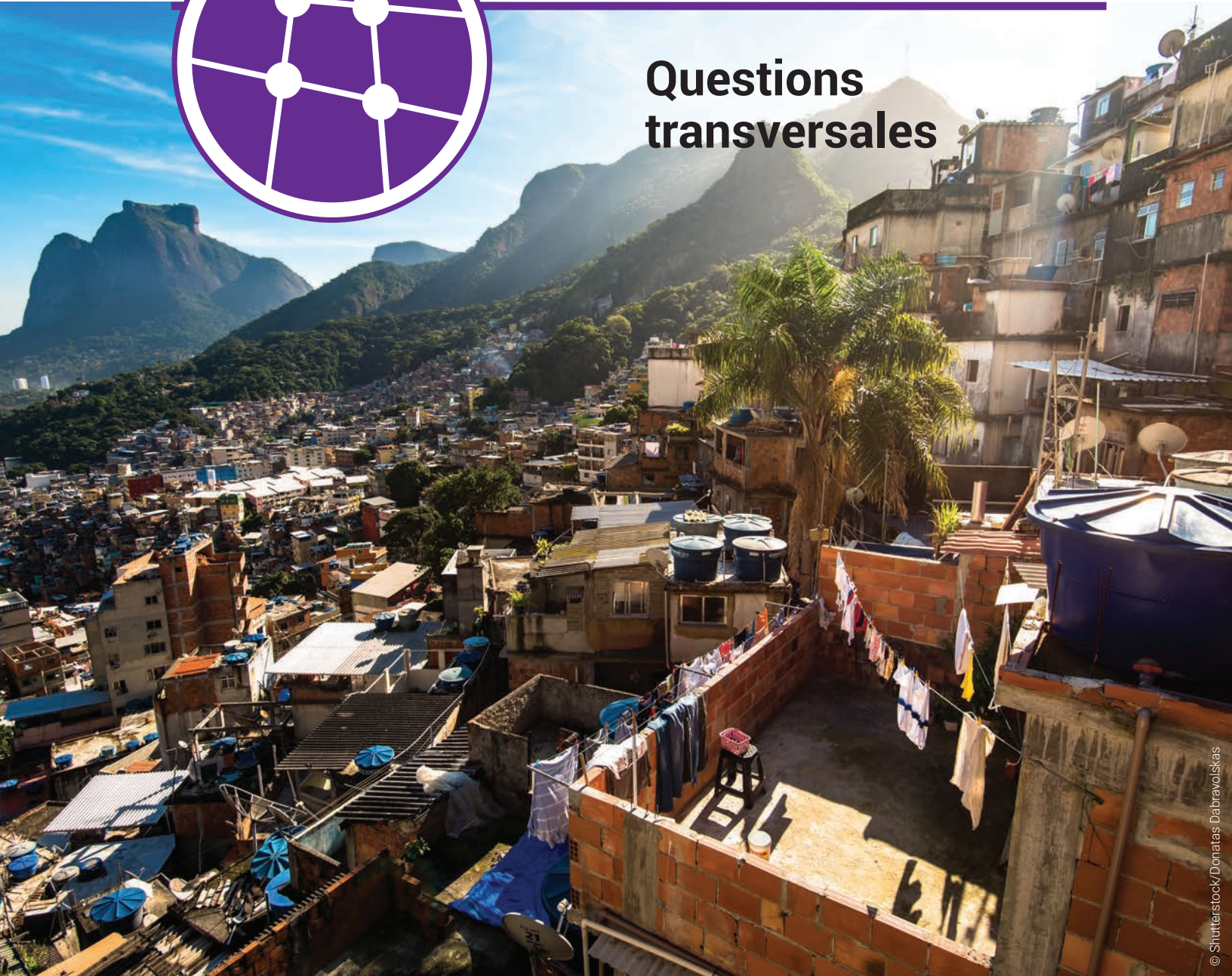
Yesson, C., Brewer, P.W., Sutton, T., Caithness, N., Pahwa, J.S., Burgess, M. et al. (2007). How global is the global biodiversity information facility? *PLoS ONE* 2(11), e1124. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001124>.







Questions transversales



Auteurs coordonnateurs : Shanna N. McClain (Environmental Law Institute) et Catherine P. McMullen (Institut pour l'environnement de Stockholm – Asie)

Auteurs principaux : Babatunde Joseph Abiodun (université du Cap), Giovanna Armiento (Agence nationale italienne pour les nouvelles technologies, l'énergie et le développement économique durable), Rob Bailey (Chatham House – The Royal Institute of International Affairs), Rajasekhar Balasubramanian (université nationale de Singapour), Ricardo Barra (université de Concepción), Kathryn Jennifer Bowen (université nationale australienne), John Crump (GRID-Arendal), Irene Dankelman (université Radboud), Kari DePryck (université Sciences Po), Riyanti Djalante (université des Nations Unies), Monica Dutta (The Energy and Resources Institute), Francois Gemeinne (université de Liège), Linda Godfrey (Conseil de la recherche scientifique et industrielle, Afrique du Sud), James Grellier (université d'Exeter), Maha Halalsheh (université de Jordanie), Fintan Hurley (Institute of Occupational Medicine), Maria Jesus Iraola (université de la République [Uruguay]), Richard King (Chatham House – The Royal Institute of International Affairs), Andrei Kirilenko (université de Floride), Shi Lei (université Tsinghua), Peter Lemke (Institut Alfred-Wegener), Daniela Liggett (université de Canterbury), Robyn Lucas (Centre national d'épidémiologie et de santé des populations, université nationale australienne), Oswaldo dos Santos Lucon (Secrétariat d'État à l'environnement de São Paulo), Katrina Lyne (université James Cook), Diego Martino (AAE Asesoramiento Ambiental Estratégico et université ORT), Ritu Mathur (TERI), Emma Gaalaas Mullaney (université Bucknell), Leisa N. Perch (SAEDI Consulting), Marco Rieckmann (université de Vechta), Fülöp Sándor (université nationale de service public [Hongrie]), Atilio Savino (ARS), Heinz Schandl (Organisation du Commonwealth pour la recherche scientifique et industrielle [CSIRO]), Joeri Scholtens (université d'Amsterdam), Patricia Nayna Schwerdtle (université Monash), Joni Seager (université Bentley), Frank Thomalla (Institut pour l'environnement de Stockholm – Asie), Laura Wellesley (Chatham House – The Royal Institute of International Affairs), Caradee Y. Wright (Conseil de la recherche médicale d'Afrique du Sud), Dimitri Alexis Zenghelis (London School of Economics) et Caroline Zickgraf (université de Liège)



Synthèse

La pollution environnementale demeure une source majeure de dommages pour la santé de la planète (*bien établi*), **la santé humaine** (*bien établi*), **l'équité** (*bien établi*) **et la durabilité économique** (*établi, mais incomplet*). Les risques sont toutefois systémiques et de grande envergure : le changement climatique, la perte d'écosystèmes et de biodiversité, les dommages causés à la faune et à la flore et les changements systémiques, entre autres. Le développement durable est possible si le concept « une planète saine pour des populations en bonne santé » devient un élément central de notre conception d'un progrès véritable. Les solutions doivent être à la fois systémiques et fondées sur des données probantes, s'attaquer aux sources de pollution, viser les avantages connexes et tenir compte des conséquences imprévues. {4.2.1}

Le nombre de personnes touchées par les catastrophes environnementales à déclenchement lent et à déclenchement soudain s'accroît sous l'impulsion des effets conjugués de facteurs multiples et interdépendants (*bien établi*). Les principaux facteurs sont le changement climatique et la dégradation de l'environnement, la pauvreté et l'inégalité sociale, les changements démographiques et les modes d'habitat, la hausse de la densité de la population dans les zones urbaines, l'urbanisation non planifiée, l'utilisation non durable des ressources naturelles, les dispositifs institutionnels de piètre qualité et les politiques qui ne prennent pas en compte le risque de catastrophe. Les catastrophes mettent à mal la sécurité et le bien-être des personnes et occasionnent des pertes et dommages aux écosystèmes, aux biens, aux infrastructures, aux moyens de subsistance, aux économies et aux lieux d'importance culturelle, tout en contraignant chaque année des millions de personnes à abandonner leur domicile. {4.2.2}

L'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes sont des facteurs multiplicateurs de durabilité (*bien établi*). En effet, une représentation égale des sexes dans le cadre des évaluations environnementales, de la gestion des ressources et de la prise de décisions relatives à l'environnement garantit la prise en compte de l'ensemble des expériences et systèmes de connaissances sur l'environnement et renforce ainsi la conservation des écosystèmes et l'utilisation durable des ressources naturelles. Ainsi, la promotion de l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes contribuent à la réalisation de la dimension environnementale des objectifs de développement durable (ODD). {4.2.3}

Des progrès importants ont été accomplis dans le monde entier en ce qui concerne l'éducation pour le développement durable (EDD) dans tous les secteurs de l'éducation (*bien établi*). Il faudra toutefois encore rehausser le niveau de l'EDD afin d'en faire un élément central dans la structure des systèmes éducatifs à l'échelle mondiale. Ainsi, l'éducation contribuera à la réalisation des ODD. Des politiques sont à mettre en place pour lever les obstacles économiques et sexospécifiques à l'accès à l'éducation. {4.2.4}

Les empreintes urbaines ont des ramifications transfrontalières (*bien établi*). L'ampleur, l'échelle et l'étendue de l'urbanisation contemporaine sont désormais si importantes qu'elles influent sur les flux mondiaux de ressources et les cycles planétaires. Cependant, le processus d'urbanisation actuel et ses perspectives, en plus de présenter un défi, sont aussi l'occasion d'améliorer le bien-être humain grâce à leur potentiel de réduction de l'incidence environnementale par personne et par unité de production. {4.2.5}

Le changement climatique constitue l'un des problèmes les plus pressants qui affectent les systèmes naturels (*bien établi*) **et humains** (*établi, mais incomplet*) (ODD 13). Les preuves du changement climatique mondial actuel sont incontestables. À

l'échelle mondiale, la température moyenne en surface a augmenté d'environ 1,0 °C depuis la période 1850–1879 ; si le rythme actuel des émissions de gaz à effet de serre se maintient d'ici à 2040, le réchauffement excédera 1,5 °C. La décennie écoulée a connu huit des dix années les plus chaudes jamais enregistrées. Les impacts du changement climatique vont bien au-delà de la hausse de la température, affectant ainsi la disponibilité en eau, les écosystèmes, la demande et la production d'énergie, le transport ainsi que d'autres secteurs. En effet, les variations des régimes météorologiques, les phénomènes extrêmes (par exemple, les vagues de chaleur et les sécheresses) ainsi que les perturbations de l'environnement (par exemple, les mauvaises récoltes) entraînent des risques plus importants pour la santé et le bien-être des humains et pour leurs moyens de subsistance, en particulier au sein des groupes les plus démunis et les plus vulnérables. {4.3.1}

Les observations actuelles et les expériences de modèles climatiques indiquent que la hausse des températures en surface aux pôles est le double de la hausse moyenne de la température mondiale (*bien établi*). Ce réchauffement accru entraîne une réaction en chaîne sur d'autres éléments du système climatique polaire, tels le recul de la banquise arctique, le dégel du pergélisol, la réduction de l'étendue de la couverture de neige, la dégradation de la calotte glaciaire, la perte de masse continue de la calotte glaciaire, des plateformes glaciaires et des glaciers de montagne, qui contribuent considérablement à l'élévation du niveau des mers. {4.3.2}

La société moderne vit dans une ère où l'usage de produits chimiques est plus intense que jamais dans l'histoire de l'humanité, et le rythme de production des nouveaux produits chimiques excède largement la capacité à évaluer pleinement leurs effets négatifs potentiels sur la santé humaine et les écosystèmes (*bien établi*). Certaines substances chimiques actuellement utilisées – notamment dans ces produits – sont présentes dans l'environnement sous forme de mélange complexe, même dans des zones reculées ; or, les risques pour la santé humaine et l'intégrité des écosystèmes causés par leurs effets combinés sont mal compris et nécessitent une évaluation plus poussée. Il est nécessaire de mettre en place une réglementation et un processus de suivi et d'évaluation, de même que de responsabiliser l'industrie et les consommateurs, pour faire la lumière sur l'utilisation de produits chimiques préoccupants à l'échelle mondiale et pour les remplacer par des solutions plus sûres. La chimie durable et écologique vise à assurer la conception, la production, l'utilisation et l'élimination durables des produits chimiques tout au long de leur cycle de vie, en tenant compte des trois dimensions du développement durable. {4.3.3}

L'élimination et le rejet des déchets dans les milieux récepteurs ont des incidences négatives sur la salubrité des écosystèmes et la santé humaine (*bien établi*). Les principales questions d'intérêt mondial sont : l'amplification de la distribution et des incidences des déchets marins, en particulier les matières plastiques, dans les océans du monde ; la perte et le gaspillage d'environ un tiers des aliments produits pour la consommation humaine ; l'expansion du trafic de déchets des pays développés vers les pays en développement. Certes, les pays développés évoluent vers une réduction de la production de déchets et une augmentation de l'efficacité dans l'utilisation des ressources, mais les pays en développement sont, eux, confrontés à des problèmes fondamentaux en matière de gestion des déchets, notamment le déversement incontrôlé, la combustion à ciel ouvert et l'accès inadéquat aux services de gestion des déchets. {4.3.4}



L'exploitation des ressources et les incidences environnementales résultant de l'extraction et de l'utilisation des ressources augmentent en dépit du vaste potentiel qu'offre une utilisation efficace des ressources grâce à l'économie circulaire et aux approches de consommation et de production durables

(bien établi). La consommation des ressources à l'échelle mondiale s'est accélérée depuis l'an 2000 et a atteint 90 milliards de tonnes en 2017 ; les pays à haut revenu consomment dix fois plus de ressources que les pays à faible revenu ; l'utilisation efficace des ressources stagne et les incidences environnementales liées à l'utilisation des ressources s'accroissent à un rythme proportionnel à celui de l'ensemble de cette consommation. L'utilisation efficace des ressources à court, moyen et long terme ouvre de nombreuses perspectives intéressantes sur le plan économique. Elle permet d'obtenir de meilleurs résultats économiques que le maintien du statu quo, et présente des avantages connexes considérables pour l'atténuation du changement climatique. {4.4.1}

La transition vers les sources d'énergie à faible teneur en carbone – combinée à des améliorations de l'efficacité – s'est accélérée à l'échelle mondiale au cours de la dernière décennie, mais elle demeure insuffisante pour atteindre la cible de 2 °C fixée par l'Accord de Paris *(bien établi)*, ce qui justifie une action

plus audacieuse en matière d'innovation technologique. Pendant ce temps, l'accès des milliards de personnes les plus démunies à l'électricité et à d'autres services énergétiques modernes demeure un défi. {4.4.2}

Le système alimentaire accentue les pressions locales et mondiales sur les écosystèmes et le climat *(bien établi)*.

L'agriculture est l'activité humaine la plus répandue au monde et la principale consommatrice d'eau douce. La production de denrées alimentaires, qui constitue la principale force motrice de la perte de biodiversité, est aussi une source importante de pollution de l'air, de l'eau douce et de l'eau de mer, une cause majeure de la dégradation des sols et l'une des principales sources de gaz à effet de serre. La mutation des modes de consommation accentue ces pressions et présente de nouveaux défis en matière de sécurité alimentaire, entraînant une malnutrition associée autant à la suralimentation qu'à la sous-alimentation. Le changement climatique, les contraintes qui pèsent sur les ressources naturelles et les tendances démographiques laissent penser que le défi de produire et de distribuer à tous des aliments nourrissants et durables continue de s'intensifier et qu'il nécessitera des changements importants dans la production et la consommation des denrées alimentaires. {4.4.3}



4.1 Introduction

À mesure que l'interdépendance entre une planète saine et des populations en bonne santé est mieux comprise, les questions complexes qui se posent à tous les niveaux des systèmes et des sociétés gagnent en importance. Au-delà des thèmes traditionnels de *L'avenir de l'environnement mondial* (GEO), à savoir l'air, la biodiversité, les océans, les terres et l'eau douce, la présente évaluation GEO-6 aborde des questions transversales qui méritent un examen approfondi. Une approche systémique fait de ces questions transversales des points d'entrée permettant d'aborder une autre dimension de l'analyse des thèmes du rapport GEO-6 et de comprendre le réseau d'interconnexions à l'échelle des systèmes terrestres et humains. Ces questions transversales sont groupées en fonction de caractéristiques communes : la santé, les catastrophes environnementales, le genre, l'éducation et l'urbanisation sont regroupés sous le thème « populations et moyens de subsistance » ; le changement climatique, les régions polaires et montagneuses, les produits chimiques, les déchets et les eaux usées sont regroupés sous le thème « environnements en mutation » ; enfin, l'utilisation des ressources et les systèmes énergétiques et alimentaires forment le groupe des « ressources et matières ». Certes, chaque enjeu présente des points d'entrée utiles pour les thèmes du rapport GEO-6, mais il importe, dans chaque cas, de discuter de l'état de l'environnement et du contexte politique.

Étant donné que les lacunes de notre approche traditionnelle de l'évaluation environnementale fondée sur les problèmes limitent notre capacité à envisager des voies réellement transformatrices, il est essentiel d'adopter des approches transversales et plus intégrées, qui finiront par remplacer celles qui reposent sur l'analyse d'un seul enjeu. Par conséquent, le présent chapitre amorce une nouvelle approche dans le processus d'évaluation GEO-6 par l'analyse de certaines questions transversales qui illustrent l'urgence de mettre en place des réponses stratégiques plus intégrées et plus transformatrices. Vu l'envergure mondiale de l'évaluation GEO-6, le présent chapitre ne peut traiter que d'une poignée de questions transversales, de fils conducteurs et de facteurs d'influence parmi la myriade de combinaisons possibles. Les questions transversales retenues pour cette évaluation l'ont été en raison de leur étroite concordance avec les ODD et du fait que la portée et l'influence de ces différentes questions varient considérablement selon l'époque, l'amplitude et la région.

Vu les recoupements évidents entre ces questions transversales, l'adoption de la perspective « une planète saine pour des populations en bonne santé » soulève un certain nombre de questions émergentes. Le présent chapitre porte sur la salubrité de l'environnement, les conséquences des pollutions de tous genres pour la santé humaine, les effets du changement climatique, les catastrophes environnementales et la consommation non durable des ressources naturelles. Il traite également des effets sanitaires à plus longue échéance des changements rapides et profonds apportés aux vies, aux moyens de subsistance et à l'environnement, qui nécessitent un élargissement du champ d'action.

Les implications stratégiques du traitement de ces questions transversales convergent autour de quatre systèmes humains et économiques particuliers susceptibles de réaliser la transformation requise en une planète saine qui maintient les populations en bonne santé. L'apport des 12 équipes thématiques, qui comprend notamment les points de vue d'au moins 50 spécialistes issus du monde entier, a permis de réaliser des études de systèmes sur l'adaptation au changement climatique, l'alimentation durable, les systèmes d'énergie propre et l'économie circulaire. Les résultats de ces efforts de collaboration sont présentés au chapitre 17 (partie B) du présent rapport.

4.2 Les populations et les moyens de subsistance

4.2.1 La santé

La communauté de la santé publique a deux modalités établies de longue date pour prendre en compte le réseau complexe des relations entre une planète saine et des populations en bonne santé qui est au cœur du rapport GEO-6. L'une de ces modalités consiste à définir la santé humaine de façon inclusive comme étant « un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consist[ant] pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (Organisation mondiale de la Santé [OMS], 1948), puis à utiliser le terme « bien-être » (Glatzer *et al.*, 2015 ; Maggino, 2015) conjointement avec le terme « santé » afin d'y intégrer les dimensions psychologique, affective et sociale. La deuxième modalité porte sur les déterminants de la santé : elle reconnaît que la santé humaine est médiée par de multiples facteurs propres aux environnements naturel, social et bâti, notamment notre sens de l'équité et de la sécurité ainsi que l'accès équitable aux ressources environnementales et le contact des humains avec la nature (OMS, 2008). Ainsi, la santé humaine est certes le centre d'intérêt direct du troisième objectif de développement durable (ODD), mais cette complexité lie directement et indirectement la santé et le bien-être à tous les ODD (voir par exemple la section 20.3.1) et aux questions qui seront traitées tout au long du rapport GEO-6, y compris les chapitres thématiques et d'autres thèmes transversaux.

Buse *et al.* (2018) relèvent six cadres élaborés à partir de la fin du XX^e siècle pour illustrer et traiter cette complexité : l'écologie politique de la santé, la justice environnementale, l'écosanté, *One Health*, la santé publique écologique et la santé planétaire. Ces cadres représentent un passage à une compréhension plus approfondie des liens implicites, complexes et systémiques existants entre la santé et le bien-être de l'être humain et l'environnement naturel. Ils reposent sur la tradition plus ancienne (remontant au milieu du XIX^e siècle) de la « santé du travail et de l'environnement ». Ce cadre est plus étroit (par exemple, Ayres *et al.*, 2010) que les cadres plus récents, et ce, sous deux aspects. Premièrement, la santé est parfois interprétée comme un risque de décès et de maladie ou de pathologie, désigné par les termes « mortalité » et « morbidité », plutôt que comme la santé et le bien-être holistiques. Deuxièmement, le cadre traditionnel est axé sur les aspects physiques, chimiques et biologiques, plutôt que sur les aspects sociaux et les déterminants de la santé.

Dans ce cadre traditionnel, mais étroit, de la pollution et de la maladie, le présent rapport fournit de nombreux exemples des effets délétères des changements environnementaux sur la santé, notamment la pollution de l'air, de l'eau et des sols, les vagues de chaleur, les inondations et autres phénomènes météorologiques extrêmes, les produits chimiques toxiques, les agents pathogènes, les rayons ultraviolets et autres types de rayonnement, la désertification, la réduction de la biodiversité, la fonte des glaces polaires et la destruction des récifs coralliens. Dans l'ensemble, « les systèmes naturels sont dégradés à une échelle sans précédent dans l'histoire de l'humanité » (Whitmee *et al.*, 2015, p. 1974), et les dommages causés à la santé humaine sont déjà graves. À titre d'exemple, la commission *Lancet* sur la pollution et la santé (Landrigan *et al.*, 2017) estime que les maladies causées par la pollution environnementale ont entraîné neuf millions de décès prématurés en 2015. Les effets les plus importants sont dus à l'exposition à la pollution de l'air ambiant et intérieur qui, au total, a causé 6,4 millions de décès en 2015 (Cohen *et al.*, 2017). Plus généralement, l'incidence des maladies non transmissibles est en hausse à l'échelle mondiale et continuera d'être affectée par l'état de l'environnement en raison de facteurs tels que la pollution, l'alimentation et l'(in)activité physique. Toutefois, la santé humaine est liée à bien d'autres facteurs qu'une planète saine.



De même, selon les estimations de Prüss-Ustün *et al.* (2016), les risques modifiables de santé environnementale ont causé 12,6 millions de décès à travers le monde en 2012, soit 23 % (de 13 à 34 %, intervalle de confiance de 95 %) de tous les décès. Ces impacts sont importants, mais ils démontrent néanmoins que même s'il était souhaitable et possible d'obtenir une planète saine et durable sans s'attaquer aux questions socio-économiques et aux déterminants de la santé qui leur sont associés, l'humanité serait encore bien loin de l'objectif des « populations en bonne santé » (voir aussi la section 20.3.1).

Les pressions environnementales et leurs incidences sur la santé et le bien-être ne sont pas équitablement réparties. Elles touchent particulièrement les groupes déjà vulnérables ou défavorisés, tels les jeunes et les personnes âgées, les femmes, les personnes démunies, les personnes souffrant de maladies chroniques, les populations autochtones et les personnes ciblées par le racisme (Solomon *et al.*, 2016 ; Landrigan *et al.*, 2017, p. 27-31). À titre d'exemple, les aliments et l'eau insalubres peuvent être à l'origine de maladies diarrhéiques (Mills et Cumming, 2016), les enfants de moins de 5 ans vivant en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud étant les plus touchés (Walker *et al.*, 2013 ; Prüss-Ustün *et al.*, 2014). (L'ODD 3 précise que les quatre cinquièmes des décès d'enfants de moins de 5 ans surviennent dans ces régions.)

Les nouveaux défis (qui pourraient être relevés au moyen de recherches scientifiques pertinentes et rigoureuses) sont les suivants : la résistance croissante des agents pathogènes aux antibiotiques (résistance aux antimicrobiens) utilisés intensivement dans l'agriculture et l'aquaculture (Finley *et al.*, 2013 ; Wallinga, Rayner et Lang, 2015) ; la multitude de produits chimiques industriels (bien qu'ils ne soient pas tous largement utilisés) qui remet en question notre capacité à réaliser des essais significatifs sur leurs incidences potentielles sur la santé environnementale et humaine, notamment pour les générations futures (The American Society of Human Genetics *et al.*, 2011 ; Sharma *et al.*, 2014 ; Landrigan *et al.*, 2017) ; l'effet cumulé (tant social qu'environnemental) des expositions multiples, y compris aux mélanges de produits chimiques (Solomon *et al.*, 2016) ; l'émergence et la résurgence des infections d'origine aviaire et animale (Ostfeld, 2009 ; Lindahl et Grace, 2015 ; Hassell *et al.*, 2017) ; l'augmentation de l'inactivité physique liée aux nouvelles technologies de travail et de loisirs ; et d'autres défis dont les effets sur la santé humaine sont actuellement mal connus (par exemple, la présence de microplastiques dans le poisson et dans les ressources biologiques marines).

Les solutions à la dégradation des systèmes naturels, y compris la gestion de la pollution environnementale à ses sources, devraient tenir compte des interactions complexes entre la planète et la santé (Whitmee *et al.*, 2015) et considérer l'environnement et la santé comme un système complexe, en recherchant des avantages connexes (Haines, 2017) et, lorsque cela est possible, en évitant les concessions réciproques, les schémas à somme nulle et les effets néfastes imprévus (von Schneidemesser *et al.*, 2015). Il existe désormais de nombreux exemples d'avantages connexes pour la santé, en particulier en ce qui concerne la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) (Chang *et al.*, 2017 ; Quam *et al.*, 2017 ; Deng *et al.*, 2018). À titre d'exemple, la transition en cours vers une énergie plus propre améliore la qualité de l'air et réduit les effets du changement climatique, chacun de ces éléments étant très bénéfique pour la santé et le bien-être (Smith *et al.*, 2014a ; Haines, 2017 ; voir aussi la section 4.2.1). Les déplacements actifs, tels que la marche et le cyclisme, peuvent avoir de multiples avantages pour la santé et le bien-être (Saunders *et al.*, 2013 ; Smith *et al.*, 2014a). Toutefois, les avantages varient en fonction (par exemple) du climat et des niveaux de pollution. La réduction de la consommation de viande rouge par habitant – en particulier la viande transformée – dans les zones où la consommation est élevée améliore la santé humaine (McMichael *et al.*, 2007 ; Wolk, 2017), tout en réduisant la pression sur la biodiversité et les émissions de GES, y compris le

méthane. Les avantages pour la santé et le bien-être humains que procure l'accès à des environnements naturels (espaces verts et bleus) sûrs et biodiversifiés sont reconnus (Coutts et Hahn, 2015 ; Wolf et Robbins, 2015 ; Wall, Derham et O'Mahony, 2016 ; Grellier *et al.*, 2017).

L'inclusion et l'intégration rigoureuses des enjeux de la santé humaine dans les plans sectoriels déterminants pour la santé (par exemple, pour l'agriculture, l'eau, la gestion des catastrophes ou la conception des villes) peuvent soutenir les interventions face aux incidences sur la santé humaine, en mettant l'accent sur les activités de prévention. Les initiatives visant à réduire les risques environnementaux en mettant l'accent sur les avantages dans tous les secteurs sont conformes à l'appel lancé par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) en faveur de l'intégration de la santé dans toutes les politiques (OMS, 2014) et de l'élaboration d'outils d'évaluation intégrée de l'environnement et de la santé (Fehr *et al.*, 2016). Le secteur de la santé doit rapidement renforcer sa formulation des messages sur la santé humaine et souligner que la majorité des pressions environnementales auront, à terme, des incidences sur la santé humaine.

Des changements plus fondamentaux pourraient être requis, par exemple « la redéfinition de la prospérité afin de mettre l'accent sur l'amélioration de la qualité de vie et la prestation de services de santé améliorés pour tous, ainsi que le respect de l'intégrité des systèmes naturels » (Whitmee *et al.*, 2015). Ce point de vue trouve un écho dans l'intention de maintenir l'objectif du rapport GEO-6, « une planète saine pour des populations en bonne santé », qui est au cœur de notre vision du progrès véritable.

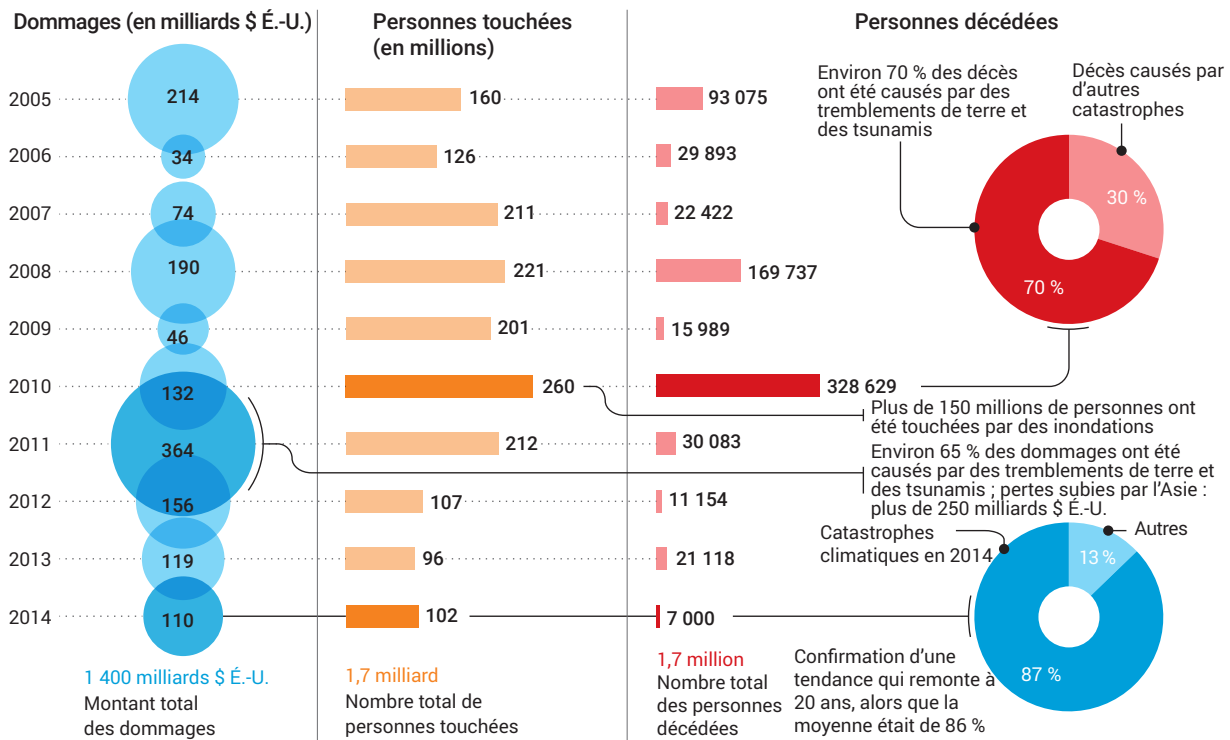
4.2.2 Les catastrophes environnementales

Un danger devient une catastrophe lorsqu'il perturbe la vie d'une communauté humaine. De ce fait, les conséquences d'une catastrophe font autant partie du lieu et du mode de vie de la population que la présence du danger lui-même (Sun, 2016, p. 30). Il est question ici des effets anthropiques sur le climat, mais également des catastrophes directement causées par les activités humaines, tels les déversements d'hydrocarbures, les accidents survenant dans les centrales nucléaires ou dans d'autres installations dangereuses, et même les tremblements de terre déclenchés par la fracturation hydraulique et la construction de grands barrages (Legere, 2016). Les catastrophes à déclenchement soudain, tels les tremblements de terre, les tsunamis, les glissements de terrain, les crues soudaines et les tempêtes violentes, se distinguent des événements à déclenchement lent, telles les sécheresses, la désertification, l'élévation du niveau des mers et l'érosion côtière. Les événements à déclenchement lent représentent jusqu'à 90 % des catastrophes dans le monde et menacent la croissance, le développement et les moyens de subsistance (Lucard, Jaquemet et Carpentier, 2011). Le développement et les risques de catastrophe ont des interactions étroites ; les décisions concernant la gestion des ressources naturelles et les voies de développement déterminent les modèles de vulnérabilité et d'exposition à un éventail de risques environnementaux. Les catastrophes peuvent, à leur tour, retarder de plusieurs années, voire de plusieurs décennies, les progrès réalisés en matière de développement, ce qui entraîne un coût social et économique considérable. À longue ou brève échéance, ces décisions et leur gestion peuvent devenir des forces motrices de la migration et du déplacement (Government Office for Science, 2011). Elles peuvent également influencer sur la paix et la sécurité (Schilling *et al.*, 2017).

Les catastrophes environnementales touchent un nombre croissant de personnes à travers le monde et font payer un tribut de plus en plus lourd aux sociétés et aux économies, en particulier dans les communautés et pays les plus démunis. Entre 2005 et 2015, elles ont touché plus de trois milliards de personnes (Centre de recherche sur l'épidémiologie des catastrophes, 2017). Cette



Figure 4.1 : Impact économique et humain des catastrophes, 2005-2014



Source : Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe (UNISDR) (2014).

situation est due en partie à la hausse de la fréquence et de l'ampleur des risques climatiques et hydrométéorologiques tels que les cyclones tropicaux, les incendies et les inondations. Toutefois, les processus sociaux et économiques qui accroissent l'exposition des personnes, des infrastructures et des activités économiques à des dangers augmentent considérablement les risques de catastrophe. Par exemple, la migration depuis les zones rurales en proie à la sécheresse vers des mégapoles côtières surpeuplées et mal aménagées dans des zones à risque d'inondation peut accroître la mortalité, les déplacements et les risques liés à la santé et aux catastrophes dans les zones urbaines.

Dans certains cas, les catastrophes résultent de l'effet combiné de l'interaction entre plusieurs événements dangereux. Par exemple, la catastrophe du Tōhoku, survenue dans cette région du Japon en 2011, présente une série d'événements survenus en cascade – un tremblement de terre, un tsunami et un accident dans une centrale nucléaire – qui, réunis, ont fait 15 893 victimes. La catastrophe a contraint plus de 350 000 personnes à un déplacement prolongé (d'une durée de plus d'un an) et a coûté environ 210 milliards de dollars É.-U. en dommages directs. Les catastrophes affectent également de manière disproportionnée certaines des populations les plus vulnérables : 54 % des victimes de la catastrophe du Tōhoku étaient des femmes et des filles, et 56 % des victimes étaient âgées de plus de 65 ans (Leoni, 2012). Cette catastrophe environnementale demeure, à ce jour, la plus coûteuse de l'histoire (Ranghiere et Ishiwatari, 2014, p. 2, 269 et 284).

Les catastrophes ont des conséquences de grande envergure et de longue durée. Rien qu'en 2016, 24,2 millions de personnes de 118 pays sont devenues des personnes nouvellement déplacées à l'intérieur de leur pays à la suite de catastrophes à déclenchement soudain (Centre de suivi des déplacements internes [IDMC], 2017, p. 10). Elles étaient trois fois plus nombreuses que les personnes nouvellement déplacées en raison de conflits et de violences

(IDMC, 2017). Les fortes précipitations, les sécheresses, les inondations et les tempêtes survenues aux Philippines, par exemple, coïncident avec des intensifications significatives des conflits (Eastin, 2016, p. 12). Le Programme de protection de l'Initiative Nansen, approuvé par 109 gouvernements en 2015, est un instrument clé qui promeut la protection des droits des personnes déplacées par-delà les frontières du fait d'une catastrophe. La *Platform on Disaster Displacement*, créée en 2016, a pour mission de superviser la mise en œuvre de ce programme et d'assurer le suivi des travaux réalisés par l'Initiative Nansen entre 2012 et 2015 (Disaster Displacement, 2017). Dans bien des cas, les forces motrices du déplacement sont difficiles à dissocier des autres facteurs déstabilisants. La Convention de Kampala de l'Union africaine, un instrument de protection juridique contraignant qui protège les personnes déplacées du fait d'un conflit, de violences, de violations des droits de la personne ou d'une catastrophe, constitue une étape importante pour la reconnaissance de ces interactions (Union africaine, 2009).

Il est impératif de tirer les enseignements des catastrophes antérieures et de passer d'une stratégie de réaction aux catastrophes à une stratégie de prévention, de préparation et de résilience. Si plusieurs pays ont formulé, à la suite de catastrophes, des initiatives telles que les stratégies d'intervention et de relance en cas de catastrophe, le nombre de pays ayant intégré la prévention, l'atténuation et la préparation dans le cadre d'une stratégie globale de réduction des risques de catastrophe demeure assez faible (Ranghiere et Ishiwatari, 2014, p. xv). Le Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe, 2015-2030 (UNISDR, 2015) représente une nouvelle occasion d'améliorer les efforts de réduction des risques de catastrophe. On peut obtenir des améliorations par la mobilisation et la priorisation des investissements, le renforcement de la cohérence stratégique et institutionnelle, la promotion de l'innovation et du développement technologique, le renforcement de la collaboration et de la



coopération ainsi que l'intégration de la réduction des risques de catastrophe aux efforts de développement et d'adaptation au changement climatique.

4.2.3 Le genre

Une approche sexospécifique redéfinit la problématique de l'environnement sous l'angle des relations sociales et de leur reflet sur les interactions humains-environnement, au lieu de définir l'état de l'environnement principalement selon ses formes physiques ou écologiques. L'analyse de la dimension du genre révèle que si les problèmes environnementaux systémiques se manifestent généralement dans les paysages et les écosystèmes, l'état de l'environnement ne peut s'expliquer qu'en examinant les systèmes et dispositifs sociaux, culturels et économiques. Ces structures « tiennent compte du genre » : elles sont façonnées par les rôles et relations entre les femmes et les hommes établis par la société. À titre d'exemple, le paragraphe 4.3.3 sur les « systèmes alimentaires » de *The State of Food and Agriculture 2010-11* (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2011) souligne le rôle des femmes dans l'agriculture.

La **figure 4.2** montre que les responsabilités des femmes et des filles dans la collecte de l'eau sont bien plus importantes que celles des hommes et des garçons (Entité des Nations Unies pour l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes [ONU-Femmes], 2015 ; Sagrario et Willoughby, 2016 ; Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE], 2016a ; OMS, 2017).

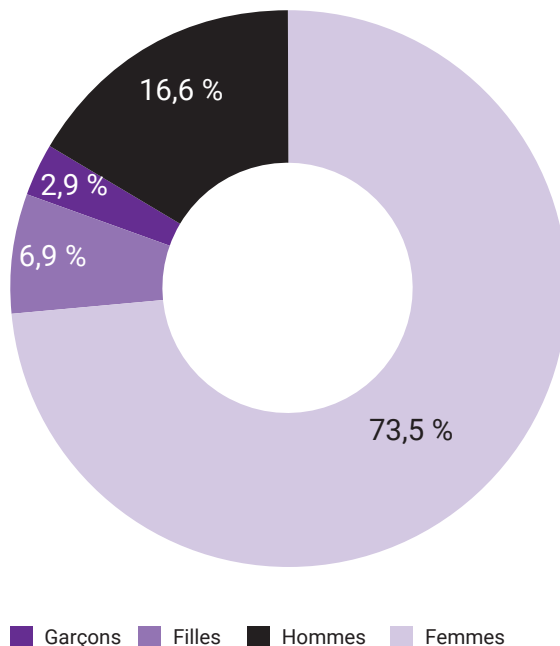
Les évaluations de la valeur économique des secteurs liés à l'environnement sont parfois fortement faussées parce que l'apport des femmes est sous-estimé (voir aussi la section 4.1.3). Par exemple, le travail économique des femmes dans le secteur de la pêche demeure sous-estimé, en partie parce que la pêche est parfois définie exclusivement comme la capture de poissons en mer avec un équipement spécialisé. Ce type de pêche est fortement masculinisé (Harper *et al.*, 2013 ; PNUE, 2016a ; Harper *et al.*, 2017). Les tâches dévolues aux femmes dans le secteur de la pêche, qui sont axées sur la pêche côtière, la transformation et

le commerce du poisson, sont parfois négligées (Lambeth *et al.*, 2014). Le présent rapport contient maints autres exemples de la relation entre le genre et l'environnement.

Le champ théorique et pratique du genre et de l'environnement, qui se développe depuis les années 1980, constitue désormais un vaste et solide domaine d'analyse et d'évaluation (Skinner, 2011 ; Aguilar, Granat et Owren, 2015). Les premières orientations dans ce domaine ont porté sur la détermination des incidences sexospécifiques des changements environnementaux (Dankelman et Davidson, 1988). Aujourd'hui, une nouvelle orientation consiste à examiner en quoi les forces motrices du changement environnemental sont également déterminées par le genre et enracinées dans des normes de masculinité et de féminité socialement construites, notamment dans nos économies, nos sciences et nos technologies (Harcourt et Nelson, 2015 ; PNUE, 2016a). La mise en avant des dimensions liées au genre de la dynamique environnementale éclaire de nouveaux aspects des états et tendances environnementales, tout en précisant les voies de transformation et les solutions stratégiques qui sont durables. Le rapport *Global Gender Environmental Outlook*, qui souligne l'importance du genre dans la plupart des domaines environnementaux, constitue la première évaluation mondiale exhaustive du lien entre le genre et l'environnement ; il propose une voie pour l'analyse de la dimension du genre dans le cadre du rapport GEO-6 (PNUE, 2016a). L'application d'une perspective sexospécifique à l'évaluation environnementale favorise également une prise de conscience quant à la pertinence d'autres dimensions et intersections sociales pour l'utilisation et la gestion de l'environnement, telles que la différenciation selon la classe, l'origine ou l'appartenance ethnique, la caste et l'âge (Harris, 2011).

Des études récentes reconnaissent les divers rôles des hommes et des femmes dans la collecte des produits forestiers et la diversité de leurs systèmes de connaissances sur le sujet (Sunderland *et al.*, 2014 ; Chiwona-Karlun *et al.*, 2017). Les données probantes tirées d'études sur la gestion communautaire des forêts nous amènent à comprendre que la participation des femmes à l'évaluation de l'environnement et à la gestion des ressources peut améliorer la conservation des écosystèmes et l'utilisation durable des ressources naturelles (Agarwal, 2010 ; Agarwal, 2015).

Figure 4.2 : Répartition en pourcentage de la charge de la collecte d'eau dans 61 pays



Source : Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF) et OMS (2017, p. 30).

D'autres données probantes laissent penser que lorsqu'on accorde aux femmes une voix égale dans la prise de décisions concernant l'environnement, les ressources publiques sont plus susceptibles d'être orientées vers les priorités du développement humain et les investissements dans ce domaine (Chattopadhyay et Duflo, 2004 ; ONU-Femmes, 2014). Le renforcement de l'accès des femmes sur les ressources agricoles productives et de leur contrôle sur ces ressources contribue à la sécurité alimentaire et à des moyens de subsistance durables (FAO, 2011 ; ONU-Femmes, 2014). Le recours à la budgétisation sexospécifique est une autre approche importante qui vise à promouvoir un financement sensible au genre. Le cadre des ODD révèle que le développement durable ne peut évoluer et que les politiques et initiatives environnementales ne sauraient être efficaces si on ne renforce pas l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes (Organisation des Nations Unies [ONU], 2015a). La durabilité et la justice environnementales contribuent de manière significative à la réalisation de l'ODD 5 : parvenir à l'égalité des sexes et autonomiser toutes les femmes et les filles, et à celle des cibles sexospécifiques des ODD 1, 4, 8 et 10 (Agarwal, 2010 ; PNUE *et al.*, 2013 ; Agarwal, 2015 ; ONU, 2015b ; Dankelman, 2016 ; PNUE, 2016a). Certes, l'égalité des sexes peut être tacitement perçue dans tous les autres ODD, mais il n'existe presque pas de cibles et d'indicateurs sexospécifiques explicites dans les ODD liés à l'environnement.

L'intégration des perspectives sur le genre dans les cadres environnementaux ne consiste pas simplement à ajouter le mot « femmes » dans les analyses environnementales. Pour aborder l'environnement sous l'angle du genre, il faut poser des



questions nouvelles et différentes dans le cadre de l'évaluation environnementale, mettre l'accent sur les différentes dimensions des relations humains-environnement et utiliser des outils et des approches méthodologiques tenant compte du genre ainsi que des données ventilées par sexe (Patt, Dazé et Suarez, 2009 ; Doss, 2014 ; Seager, 2014 ; Bradshaw et Fordham, 2015 ; Harcourt et Nelson, 2015 ; Jerneck, 2018). Vu l'état précaire de l'environnement, la persistance des forces motrices du changement environnemental et la gravité des conséquences sociétales et écologiques auxquelles les sociétés sont confrontées, une approche intégrant les considérations de genre constitue une condition préalable à la conception de politiques et d'interventions environnementales efficaces et transformatrices.

4.2.4 L'éducation

L'éducation en vue du développement durable (EDD), un domaine clé de l'éducation, vise à parvenir à l'égalité des sexes, à développer des modes de vie sains et durables et à créer des sociétés pacifiques. Toutefois, cette démarche exige l'accès à l'éducation pour tous et un enseignement de qualité supérieure (Programme des Nations Unies pour le développement [PNUD], 2016 ; Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture [UNESCO], 2017a). En dépit de tous les efforts déployés pour permettre à tous les enfants du monde d'accéder à l'éducation, cet objectif n'est pas encore une réalité pour tous les enfants. « À l'échelle mondiale, 91 % des enfants en âge d'aller à l'école primaire étaient scolarisés en 2015 » (UNICEF, 2018). « En 2015, on comptait 264 millions d'enfants et de jeunes en âge de fréquenter l'école primaire et secondaire, mais non scolarisés : 61 millions d'enfants en âge de fréquenter l'école primaire (9 % de la tranche d'âge), 62 millions d'adolescents en âge de fréquenter le premier cycle du secondaire (16 %) et 141 millions de jeunes en âge de fréquenter le second cycle du secondaire (37 %) » (UNESCO, 2017a, p. 118). L'égalité des sexes demeure elle aussi un défi majeur : « certes, il y a une parité entre les sexes dans la participation à l'éducation, mais les moyennes à l'échelle mondiale occultent les écarts entre les pays : seuls 66 % des pays ont atteint la parité entre les sexes dans l'enseignement primaire, 45 % au premier cycle du secondaire et 25 % au second cycle » (UNESCO, 2017a, p. 182). L'EDD, un domaine clé de l'éducation, vise à permettre aux individus de contribuer à la promotion du développement durable. Au lieu de promouvoir certains comportements et modes de pensée (approche instrumentale), un concept émancipateur de l'EDD a trait en particulier à la réflexion critique sur les avis d'experts, à l'expérimentation des possibilités de développement durable et à l'examen des arbitrages pour un mode de vie durable (Wals, 2015 ; UNESCO, 2017b ; Rieckmann, 2018). L'EDD vise à donner aux personnes les moyens d'agir de manière responsable afin de contribuer à l'avènement de sociétés durables, ainsi qu'à les préparer à penser différemment et à créer conjointement de nouvelles connaissances (Lotz-Sisitka et al., 2015 ; UNESCO, 2017b), mais aussi à explorer et exploiter les connaissances traditionnelles et autochtones.

L'EDD, qui a pour visée générale de développer chez les apprenants des compétences transversales dans le domaine du développement durable (Wiek, Withycombe et Redman, 2011 ; Rieckmann, 2018), apporte beaucoup à la réalisation des ODD en ce sens qu'elle permet à toutes les personnes d'y contribuer en leur fournissant non seulement les connaissances nécessaires pour comprendre la nature des ODD, mais aussi les compétences nécessaires pour faire pencher la balance vers une société plus durable (UNESCO, 2017b).

L'approche émancipatrice de l'EDD pose la question des compétences clés nécessaires pour que les apprenants soient des « citoyens engagés en faveur de la durabilité » (Wals et Lenglet, 2016). Diverses compétences clés essentielles au développement durable ont été définies (par exemple, Wiek, Withycombe et Redman, 2011 ; Rieckmann, 2012 ; Glasser et Hirsh, 2016 ; Wiek et

al., 2016) ; il s'agit de ce que les personnes doivent être à même de faire pour transformer leur propre mode de vie en un mode plus durable et pour contribuer à la transformation de la société en vue d'un développement durable. Dans le discours international sur l'EDD, on s'accorde à reconnaître l'importance particulière des compétences clés ci-après pour penser et agir en faveur du développement durable (UNESCO, 2017b ; Rieckmann, 2018) :

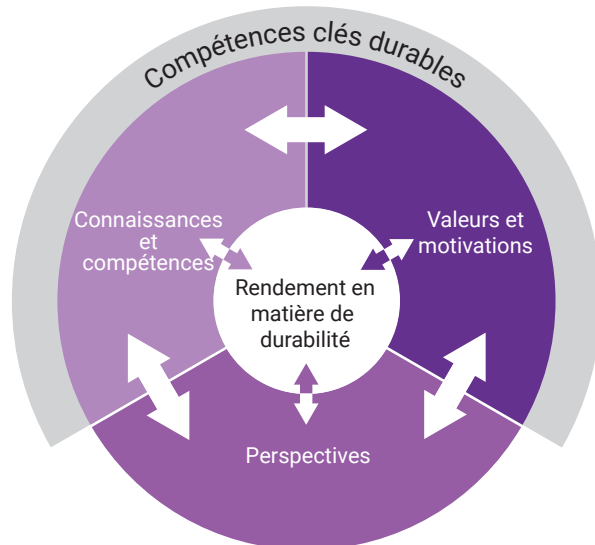
- ❖ la pensée systémique ;
- ❖ l'anticipation ;
- ❖ la compétence normative ;
- ❖ la compétence stratégique ;
- ❖ la collaboration ;
- ❖ la pensée critique ;
- ❖ la connaissance de soi ;
- ❖ la résolution de problèmes par l'approche intégrée.

Toutefois, si les compétences décrivent la capacité ou la disposition à agir, elles n'impliquent pas nécessairement qu'une personne agira d'une certaine façon dans une situation donnée. La performance axée sur la durabilité dépend de l'interaction des connaissances et des compétences, des valeurs et des forces motrices de la motivation, ainsi que des perspectives (Biberhofer et al., 2018). L'interdépendance de ces dimensions influe sur le comportement personnel (figure 4.3).

L'EDD a des liens directs avec les autres questions transversales. Par exemple, elle permet à l'élève :

- ❖ « d'agir en faveur des populations menacées par le changement climatique » et « de promouvoir des politiques publiques protégeant le climat » (UNESCO, 2017b, p. 36) ;
- ❖ « d'avoir sa propre vision d'un modèle fiable et durable de production, de distribution et d'utilisation de l'énergie dans son pays » et « d'appliquer et d'évaluer des mesures visant à améliorer l'efficacité et l'autosuffisance énergétiques dans sa sphère personnelle et à accroître la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique local » (UNESCO, 2017b, p. 24) ;
- ❖ « d'expliquer la nécessité de pratiques durables en matière de production et de consommation » et « de remettre en question les orientations culturelles et sociétales » (UNESCO, 2017b, p. 34) ; « de réfléchir à sa propre identité de genre et aux rôles liés à son genre », et « de planifier, exécuter, soutenir et évaluer

Figure 4.3 : Compétences clés et rendement des citoyens au service du développement durable



Source : Rieckmann (2018).



des stratégies en faveur de l'égalité des genres » (UNESCO, 2017b, p. 20) ;

- ❖ « d'encourager les autres à décider et à agir pour promouvoir la santé et le bien-être de tous » et « d'inclure dans sa routine quotidienne des comportements propices à la santé » (UNESCO, 2017b, p. 16).

L'EDD est au cœur de l'enseignement et de l'apprentissage ; elle ne doit pas être considérée comme un complément au programme scolaire existant. « Afin d'intégrer l'EDD dans les programmes d'études, il faut non seulement inclure des sujets relatifs au développement durable, mais aussi des résultats d'apprentissage escomptés » (UNESCO, 2017b, p. 49). Comme les compétences en matière de développement durable ne peuvent être ni enseignées ni transmises, ne pouvant être développées que par les apprenants eux-mêmes, une pédagogie transformatrice orientée vers l'action est requise (Mindt et Rieckmann, 2017 ; UNESCO, 2017b ; Rieckmann, 2018). Outre les programmes d'études officiels, la promotion de l'EDD passe par l'éducation non officielle et informelle. L'engagement communautaire et l'apprentissage local peuvent également jouer un rôle important, en particulier en ce qui concerne l'intégration des savoirs traditionnels et autochtones au processus d'apprentissage.

Au cours de la Décennie des Nations Unies pour l'éducation au service du développement durable (2005-2014) (DEDD), des progrès importants ont été accomplis à travers le monde dans la mise en œuvre de l'EDD dans tous les secteurs de l'éducation (par exemple, McKeown, 2015 ; Watson, 2015). Le suivi et l'évaluation de la DEDD ont révélé de nombreux exemples probants d'intégration de l'EDD aux programmes d'études. L'examen des programmes d'études officiels révèle que « de nombreux pays intègrent maintenant les thèmes de la durabilité et/ou de l'environnement parmi les objectifs globaux de l'éducation » (UNESCO, 2014, p. 35). C'est dans l'enseignement primaire et l'enseignement secondaire que la plupart des progrès dans l'élaboration de programmes d'études tournés vers l'EDD ont été réalisés. « Près de 40 % des États membres indiquent que leur principal accomplissement pendant la DEDD a consisté à intégrer l'EDD aux programmes scolaires classiques, et au nombre des 60 % restants, un cinquième d'entre eux indique que sa plus importante contribution à l'EDD réside dans l'élaboration de projets scolaires spécifiques » (UNESCO, 2014, p. 88). Des progrès notables ont également été accomplis dans la mise en œuvre de l'EDD dans l'enseignement supérieur (Karatzoglou, 2013 ; Lozano *et al.*, 2015). C'est particulièrement le cas de l'Europe, où l'intérêt pour l'intégration du développement durable dans les institutions d'enseignement supérieur est plus marqué qu'ailleurs dans le monde (Lozano *et al.*, 2015 ; Barth et Rieckmann, 2016).

Toutefois, il est toujours nécessaire de généraliser l'EDD, afin d'en faire un élément central de la structure des systèmes éducatifs (Singer-Brodowski *et al.*, 2018). Le Programme d'action global pour l'éducation au développement durable, lancé en 2014 lors de la Conférence mondiale de l'UNESCO sur l'EDD à Aichi-Nagoya, au Japon, comporte cinq domaines prioritaires :

1. renforcer les politiques à l'appui de l'EDD ;
2. transformer les environnements d'apprentissage et de formation ;
3. renforcer les capacités des éducateurs et des formateurs ;
4. autonomiser et mobiliser les jeunes ;
5. accélérer les solutions durables au niveau local.

Le programme s'efforce de renforcer l'EDD en s'appuyant sur la DEDD (Hopkins, 2015 ; Mickelsson, Kronlid et Lotz-Sisitka, 2018). Dans ce contexte, l'intégration accrue de l'EDD à la formation (initiale et continue) des enseignants revêt une importance particulière. « L'action menée pour préparer les enseignants à la mise en œuvre de l'EDD, cependant, n'a pas suffisamment progressé. Il reste encore beaucoup à faire pour réorienter le contenu et les méthodes de

formation et d'apprentissage des enseignants afin qu'ils puissent aborder cette matière » (UNESCO, 2017b, p. 51). Pour parvenir à cette réorientation de la formation des enseignants vers le développement durable, il est nécessaire de nouer des alliances institutionnelles stratégiques entre les administrations nationales, régionales et locales, les organisations non gouvernementales, les universités et les autres établissements d'enseignement impliqués dans la formation des enseignants. Au nombre des autres défis à relever pour renforcer l'EDD, on peut citer :

- ❖ l'intégration de l'EDD dans les politiques, les stratégies et les programmes ;
- ❖ l'intégration de l'EDD dans les programmes et manuels scolaires ;
- ❖ la pratique de l'EDD en classe et dans d'autres contextes d'apprentissage ;
- ❖ de nouvelles méthodes d'évaluation des résultats de l'EDD et de la qualité des programmes (UNESCO, 2017b).

Pour permettre à tous les apprenants de bénéficier de l'EDD et de développer des compétences en matière de développement durable, il convient de mettre en place des politiques qui éliminent les barrières économiques et sexospécifiques à l'accès à l'éducation.

4.2.5 L'urbanisation

Comme expliqué à la section 2.3, l'urbanisation est une force motrice majeure qui influe sur l'économie, l'environnement, la planète et le bien-être humain partout dans le monde. Environ 54 % de la population mondiale vit dans des zones urbaines qui génèrent collectivement plus de 80 % du produit intérieur brut (PIB) mondial (Programme des Nations Unies pour les établissements humains [ONU-Habitat], 2011 ; ONU-Habitat, 2016a). À l'horizon 2050, environ 6,7 milliards de personnes – soit environ 66 % d'une population mondiale totalisant 9,7 milliards d'habitants – devraient vivre dans des villes, ce qui constituerait une augmentation des populations urbaines de 3,1 milliards d'individus sur une courte période d'environ 40 ans (ONU, 2018). Certes, toutes les régions du monde (sauf les régions polaires) continueront de s'urbaniser, mais 90 % de la croissance future de la population urbaine devrait s'observer en Afrique et en Asie (ONU-Habitat, 2014).





Les villes constituent des centres d'innovation ; par le passé, elles ont bénéficié d'économies d'échelle, le PIB augmentant de façon linéaire avec le nombre d'habitants (Bettencourt, 2013). Cette capacité d'innovation et de création de richesses, rendue possible par la proximité et l'intensité des activités, est l'une des caractéristiques qui attirent les migrants vers les villes (Organisation internationale pour les migrations [OIM], 2015) et qui entraîneront une hausse de la population urbaine à l'horizon 2050 (figure 4.4). Toutefois, la richesse des villes n'est pas équitablement répartie à travers le monde, seulement 600 villes contribuant à plus de 62 % du PIB mondial (ONU-Habitat, 2011).

Il existe également d'importantes inégalités au sein des villes : on s'attend à ce que pas moins de deux à trois milliards de personnes – 35 à 50 % de la population urbaine – vivent dans des bidonvilles à l'horizon 2050 (ONU-Habitat, 2014 ; ONU-Habitat, 2016a ; ONU-Habitat, 2016b). L'urbanisation est associée à un taux de fécondité plus faible, à une espérance de vie plus longue et à un meilleur accès aux infrastructures physiques de base et aux commodités sociales telles que l'éducation et les soins de santé. Toutefois, l'inégalité, la criminalité et l'exclusion sociale sont en voie de caractériser de nombreuses zones urbaines où les conditions de vie se détériorent par rapport aux origines rurales de nombreux migrants (ONU, 2014).

L'inclusion sociale et l'amélioration de la prestation des services physiques de base confrontent les villes à des défis de taille. L'énergie, l'eau, les bâtiments, les transports et les communications, l'alimentation, les espaces publics et la gestion des déchets apparaissent comme des facteurs déterminants de l'incidence des villes sur les populations, l'environnement et la planète.

L'ampleur, l'étendue et la portée de l'urbanisation contemporaine sont désormais telles qu'elles affectent les flux mondiaux de ressources et les cycles planétaires. En effet, l'urbanisation touche l'ensemble de la planète et pas seulement les zones définies comme étant urbaines. Par le biais des réseaux commerciaux, migratoires et infrastructurels, les villes influent sur l'environnement naturel bien au-delà de leurs limites administratives (Wiggington *et al.*, 2016). Par exemple, bien que les villes n'occupent directement que 3 %

de la superficie terrestre mondiale, leur approvisionnement en énergie contribue à plus de 70 % des émissions de carbone liées à l'énergie dans le monde (Seto *et al.*, 2014). L'approvisionnement direct en eau des villes exerce une pression sur 42 % des bassins versants du monde (McDonald *et al.*, 2014). En outre, la quantité d'eau contenue dans les aliments fournis aux villes est plus de dix fois supérieure aux besoins directs en eau des zones urbaines (Ramaswami *et al.*, 2017).

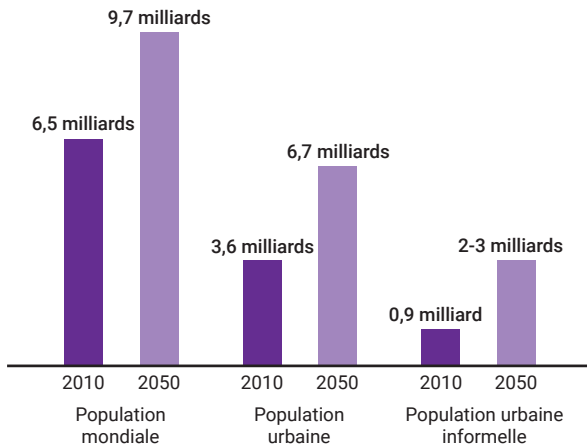
Les empreintes urbaines qui représentent les ramifications à la fois délimitées et transfrontalières des villes sur les ressources naturelles et l'environnement sont essentielles pour caractériser les conséquences de différentes activités urbaines, telles que la consommation des ménages, la production et l'approvisionnement en infrastructures à l'échelle de la collectivité, et pour définir la marche à suivre vers un avenir durable. Dans certaines régions, il se produit un phénomène de réduction de la densité des zones urbaines : la croissance de la population urbaine à des densités décroissantes entraîne une expansion des terres urbaines qui, dans les régions écologiquement sensibles, peut provoquer une fragmentation des habitats et contribuer à une perte de biodiversité à grande échelle (Seto, Guneralp et Hutrya, 2012).

Les villes ont également des perspectives de gestion et de transformation technologique. Environ 60 % de la superficie urbaine nécessaire pour abriter la population urbaine à l'horizon 2050 reste encore à construire (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, 2012). Une fois construite, elle aura une durée de vie d'au moins 40 ans. Les structures urbaines fondamentales (par exemple, les réseaux de rues, les pâtés de maisons) « peuvent affecter et verrouiller la demande d'énergie pendant de longues périodes » (Seto *et al.*, 2016).

Dans le même temps, les villes aujourd'hui dans les pays industrialisés réparent ou remplacent les infrastructures vieillissantes. Plusieurs innovations infrastructurelles qui se profilent à l'horizon, tant dans les villes des pays développés que dans celles des pays en développement, pourraient améliorer l'équité, l'efficacité des ressources et la durabilité de l'environnement. Ces innovations intègrent de nouvelles stratégies de mobilité partagée, la réhabilitation *in situ* des bidonvilles, une approche « une seule eau » pour la gestion des eaux en milieu urbain, une symbiose urbano-industrielle fondée sur une production et une consommation durables grâce à une économie circulaire, à des véhicules électriques et autonomes pour les transports en commun et les déplacements privés, et à une énergie renouvelable distribuée dans un réseau décarboné et résilient. Les villes à travers le monde expérimentent des infrastructures associant les technologies, les comportements humains, le financement et les nouveaux mécanismes de gouvernance. Ces expérimentations offrent une occasion historique tout en imposant de façon impérieuse la construction d'infrastructures inclusives et durables (PNUE, 2013a). Une urbanisation réussie repose à la fois sur les actifs humains et infrastructurels.

Les zones urbaines continueront à générer une croissance économique ; leur propre croissance démographique sera alimentée par la fécondité et la migration. Les incidences générées par les villes vont augmenter, mais une baisse de l'incidence par unité de production et par habitant pourrait les atténuer. Comme indiqué à la section 2.3 du présent rapport, il y a plusieurs défis et perspectives évidentes qu'il est urgent de comprendre pour agir en conséquence. Ils sont liés autant à la gouvernance qu'à la technologie, comme souligné dans la partie B du présent rapport (PNUE, 2017).

Figure 4.4 : Tendances de l'urbanisation mondiale



Source : Élaboration des auteurs d'après ONU-Habitat (2014), ONU-Habitat (2016a), ONU-Habitat (2016b) et ONU (2018).



4.3 Des environnements en mutation

4.3.1 Le changement climatique

Comme expliqué à la section 2.7, le changement climatique est induit par les modifications de la composition de l'atmosphère dues au changement d'affectation des terres, principalement la déforestation, et aux émissions de GES, comme le dioxyde de carbone (CO₂) émis par la combustion de combustibles fossiles et le méthane produit par l'agriculture et d'autres sources, ainsi que les émissions de particules d'aérosol (Vaughan *et al.*, 2013). Les preuves attestant le changement climatique mondial actuel sont sans équivoque (Vaughan *et al.*, 2013).

La décennie écoulée a connu huit des dix années les plus chaudes jamais enregistrées (Administration nationale des océans et de l'atmosphère [NOAA], 2018). Au cours de cette période, l'année 2016 a été la plus chaude depuis le début des relevés de températures (NOAA, 2017), et l'année 2017 a été la plus chaude, abstraction faite de l'influence du phénomène El Niño (NOAA, 2018). En conséquence, le réchauffement de la planète a entraîné une hausse de température supérieure à 1,0 ± 0,2 °C par rapport aux niveaux préindustriels (figure 4.5 ; Hausteïn *et al.*, 2017 ; Yin *et al.*, 2017).

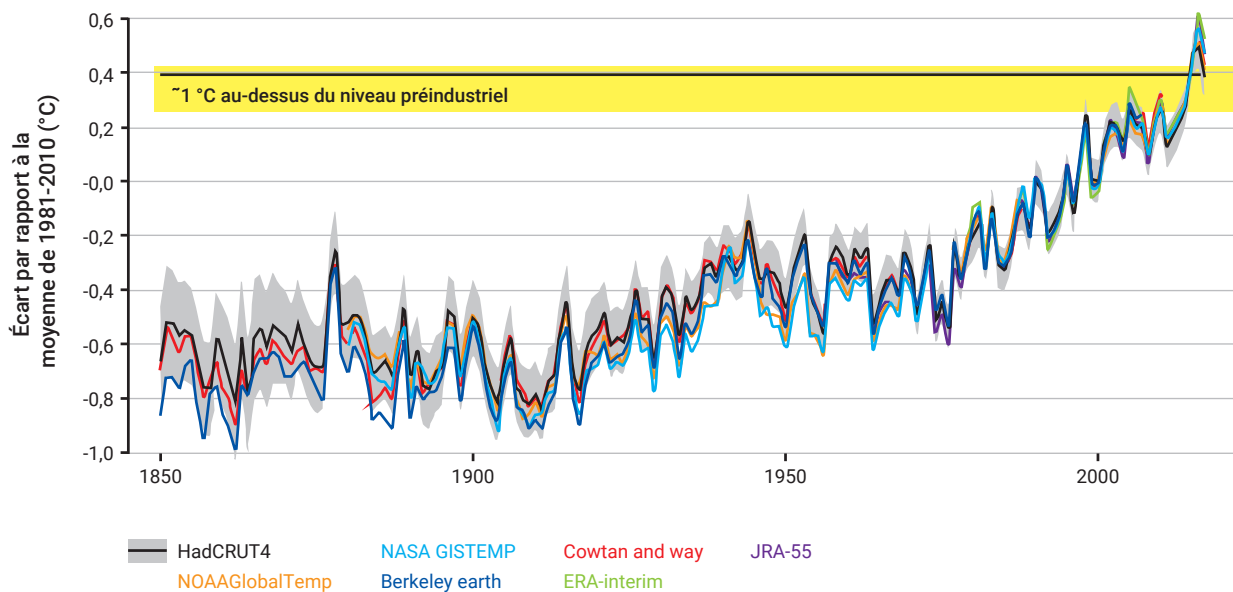
Au taux actuel d'émissions de GES, la hausse de la température mondiale se maintiendra à près de 0,2 °C par décennie (par exemple, Hausteïn *et al.*, 2017), franchissant ainsi le seuil de 1,5 °C qui constitue la cible de l'Accord de Paris à l'horizon de la décennie 2040 (Leach *et al.*, 2018). Bien qu'il ne soit pas irréalisable, l'objectif consistant à limiter le réchauffement à 1,5 °C exige des changements profonds menant à une réduction radicale des émissions de GES et à une transition accélérée vers la neutralité carbone (Schellnhuber, Rahmstorf et Winkelmann, 2016), laquelle oblige à équilibrer les émissions anthropiques de CO₂ restantes et les éliminations anthropiques de CO₂.

Le changement climatique influe sur le cycle de l'eau en altérant le régime des précipitations et les saisons. En général, les zones sèches s'assèchent et les zones humides s'humidifient

(Trenberth, 2011 ; Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2014 ; Feng et Zhang, 2015), mais il existe de nombreuses exceptions. En outre, le réchauffement de l'air augmente sa capacité de rétention d'eau, entraînant des tempêtes de pluie plus fortes et moins fréquentes qu'auparavant (Trenberth, 2011). La hausse des températures accroît le taux d'évapotranspiration et fait tomber des précipitations de la neige en pluie. Le réchauffement de l'atmosphère influe également sur la croissance, la fonte et la décharge des glaciers (Bliss, Hock et Radić, 2014). Ces variations hydrologiques sont déterminantes pour le débit des rivières et pour les risques d'inondation printanière précoce et de sécheresse estivale (Seneviratne *et al.*, 2012 ; Cook *et al.*, 2014 ; Kundzewicz *et al.*, 2014). L'évolution de la configuration des écoulements agit sur la disponibilité de l'eau, alors que la hausse des températures intensifie la demande et la concurrence entre les utilisateurs agricoles, industriels et domestiques (Hanjra et Qureshi, 2010 ; Jiménez-Cisneros *et al.*, 2014).

Les océans jouent un rôle important dans la régulation du climat : ils ont emmagasiné 93 % de la chaleur supplémentaire absorbée par le système terrestre depuis 1955. Au cours de cette période, les terres ont utilisé 3 % de la chaleur absorbée, les glaces 3 % aussi et l'atmosphère 1 % seulement (GIEC, 2013 ; Levitus *et al.*, 2012). L'expansion de l'eau de mer induite par la chaleur contribue à l'élévation observée du niveau des mers, qui s'accélère depuis 20 ans. Cette tendance est appelée à se poursuivre, même si le réchauffement se limite à 1,5 °C (Schewe, Levermann et Meinshausen, 2011). L'élévation du niveau des mers accroît les risques associés aux ondes de tempête pour les petites îles vulnérables, les communautés côtières et les infrastructures exposées. Les océans absorbent également du CO₂ provenant de l'atmosphère. Selon certaines estimations, ils ont absorbé environ 40 % de tout le CO₂ rejeté dans l'atmosphère du fait des activités humaines depuis le début de l'ère industrielle (GIEC, 2013 ; Khattiwala *et al.*, 2013), ce qui a entraîné une réduction du pH (une acidification) de l'eau de mer, que certains appellent « l'autre problème du CO₂ » (Caldeira et Wickett, 2003 ; Doney *et al.*, 2009). La combinaison de cette acidification des océans, de la hausse de la température des eaux et des processus de désoxygénation altère les écosystèmes océaniques (Achterberg, 2014), comme

Figure 4.5 : Anomalies de la température moyenne annuelle mondiale (par rapport à la moyenne à long terme, 1981-2010). Les étiquettes désignent différents ensembles de données, qui sont décrits dans la source.



Source : Bureau météorologique du gouvernement du Royaume-Uni (2018).



en atteste très visiblement le blanchiment des coraux (voir le chapitre 7) lorsque les algues symbiotiques sont expulsées des récifs coralliens, ce qui en réduit ou en stoppe la productivité (Fabry *et al.*, 2008).

On estime qu'environ 20 % des émissions de CO₂ émanant des combustibles fossiles sont absorbées par les écosystèmes terrestres (Arnell *et al.*, 2017). Les concentrations accrues de CO₂ dans l'atmosphère pourraient éventuellement profiter à certaines cultures de plantes en C₃¹, notamment le blé et le haricot, grâce à la fertilisation au carbone (McGrath et Lobell, 2013). Des températures plus chaudes pourraient produire des gains de rendement dans les régions de hautes latitudes, si les caractéristiques du sol et les précipitations sont appropriées (GIEC, 2014). Il est à noter que 70 % de l'agriculture mondiale est pluviale et que l'évolution des régimes de précipitations pourrait profiter à certaines régions, mais la hausse des températures provoque en général un stress hydrique qui limite les rendements (Lobell, Schlenker et Costa-Roberts, 2011 ; Challinor *et al.*, 2014). En dépit d'une hausse potentielle des rendements à l'échelon local, à un niveau mondial, les rendements devraient pâtir des risques élevés de sécheresse et de stress thermique (Schlenker et Roberts, 2009 ; Lobell et Gourdj, 2012 ; Jiménez-Cisneros *et al.*, 2014 ; Porter *et al.*, 2014). De même, il a été démontré que le changement climatique et les effets directs de la hausse de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère profitent aux espèces végétales envahissantes (Ziska et Dukes, 2014).

Le changement climatique affecte également la productivité des forêts, notamment par le stress accru associé aux sécheresses, aux incendies de forêt, aux insectes, aux agents pathogènes et aux tempêtes de vent (Williams *et al.*, 2013 ; GIEC, 2014). Toutefois, l'influence de la fertilisation au carbone sur la productivité des forêts demeure mal comprise, eu égard à la complexité des facteurs qui y contribuent (Norby *et al.*, 2016). En combinaison avec d'autres pressions humaines telles que la destruction des habitats, le changement climatique affecte la biodiversité sur le plan génétique et à l'échelle des espèces et des écosystèmes. Les variations saisonnières peuvent perturber la période de gestation, la naissance, l'hibernation, la disponibilité des ressources et la productivité optimale. Les espèces qui en sont capables modifient leur aire de répartition, leurs habitudes et leurs interactions sur le sol, dans les eaux douces et dans les océans (GIEC, 2014). La répartition des maladies infectieuses dans la flore, la faune et chez les êtres humains pourrait subir des changements (Lafferty, 2009).

L'évolution des conditions météorologiques et des phénomènes extrêmes, telles les vagues de chaleur et les sécheresses, et celle des perturbations environnementales, notamment les mauvaises récoltes, entraînent des risques accrus pour la santé et la survie des êtres humains, en particulier chez les personnes démunies et les groupes les plus vulnérables (Smith *et al.*, 2014b). Le changement climatique influe également sur la toxicité, le devenir dans l'environnement et le comportement des produits chimiques toxiques, en modifiant des forces motrices d'ordre physique, chimique ou biologique qui agissent sur la répartition des substances entre l'atmosphère, l'eau, le sol ou les sédiments et le biote, sur la nature sèche ou humide de leurs dépôts et sur leur taux de réaction, faisant planer le risque d'effets négatifs sur la biodiversité et la santé humaine (Noyes *et al.*, 2009). Des études récentes abordent le lien entre le changement climatique et la pauvreté dans les pays en développement. En général, les ménages vivant en milieu rural dans les pays en développement dépendent des cultures, de l'exploitation forestière et d'autres sources de revenus. Ces moyens de subsistance tendent à être extrêmement sensibles au changement climatique (Wunder, Noack et Angelsen, 2018). Les personnes démunies sont plus exposées que les autres aux conditions climatiques extrêmes et subissent de plus grandes

fluctuations des précipitations, tandis que les personnes les plus démunies des régions sèches subissent les pires pertes en forêt (Angelsen et Dokken, 2018). Certaines populations démunies subissent une exposition disproportionnée aux sécheresses et aux inondations, en particulier dans les zones urbaines et dans de nombreux pays d'Afrique (Winsemius *et al.*, 2018). Les ménages démunis ont tendance à vivre dans les localités les plus torrides des pays chauds et les personnes les plus démunies sont plus susceptibles d'exercer une profession vulnérable à la hausse des températures, d'un pays à l'autre et dans un même pays (Park *et al.*, 2018). On s'attend à ce que la productivité mondiale du travail diminue de 40 % d'ici la fin du siècle (Dunne, Stouffer et John, 2013).

Le climat continue de changer, et les répercussions de cette évolution sur les systèmes naturels et humains sont de plus en plus reconnues. Les réponses sociales telles que la migration et le déplacement des populations exacerbent les risques pour la santé et les menaces d'instabilité géopolitique (Adger *et al.*, 2014) ; ces risques s'accroissent si le réchauffement se poursuit au-delà du seuil de 1,5 °C, comme indiqué aux chapitres 3 et 5 du rapport *Global Warming of 1.5°C* (GIEC, 2018). La limitation à 1,5 °C de la tendance au réchauffement observée exige des changements profonds au niveau des politiques, des technologies et des objectifs sociétaux.

4.3.2 Les régions polaires et montagneuses

Couvrant environ 20 % de la surface de la Terre et renfermant les inlandsis du Groenland et de l'Antarctique, les régions polaires jouent un rôle important dans le système climatique mondial. En effet, en plus de réguler l'équilibre énergétique du système climatique en raison de leur albédo (le taux de réflectivité) élevé, les glaces terrestres et marines constituent une archive de données climatiques. Outre leur rôle de moteurs des processus climatiques mondiaux, l'Arctique et l'Antarctique sont des baromètres du changement climatique en raison de l'amplification du réchauffement sous leurs hautes latitudes (Taylor *et al.*, 2013). Le réchauffement est également amplifié à haute altitude, de sorte que l'on peut inclure à cette analyse un « troisième pôle » : les régions montagneuses (Pepin *et al.*, 2015).

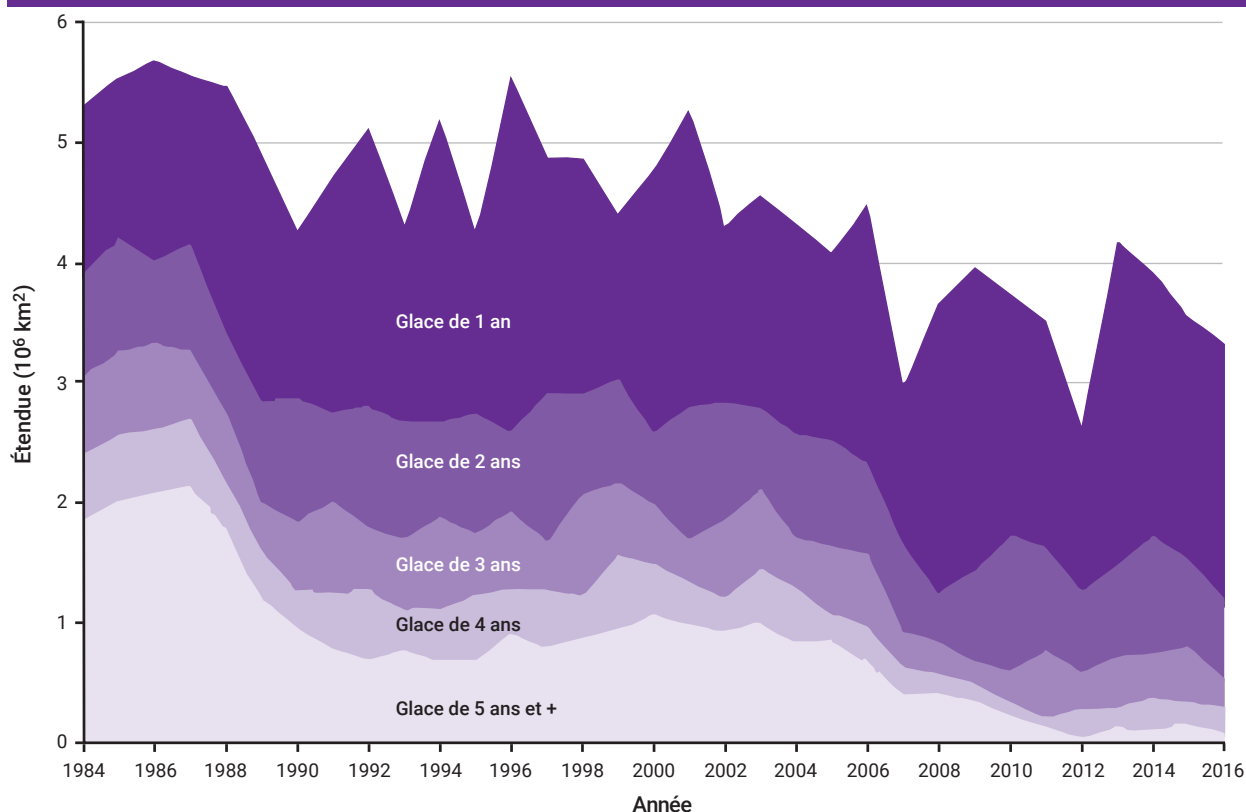
Le réchauffement amplifié affecte toutes les composantes du système polaire climatique. La banquise arctique perd de sa superficie et de son volume (**figure 4.6**). Le pergélisol dégèle, ce qui entraîne la libération de plusieurs GES, dont le CO₂, et la couverture de neige rétrécit. Les calottes glaciaires et les glaciers de montagne continuent de perdre de leur masse, contribuant ainsi significativement à l'élévation du niveau des mers qui menace les régions côtières à toutes les latitudes (Vaughan *et al.*, 2013). Ces transformations ont des conséquences sur les écosystèmes polaires et de haute altitude et sur les personnes qui y vivent. L'évolution des conditions environnementales et socio-économiques dans l'Arctique, en particulier, a des conséquences sur des environnements situés plus au sud et sur leurs populations, par le biais des téléconnexions qui alimentent le système climatique (Francis, Vavrus et Cohen, 2017) et de certains liens géopolitiques étroits. De fait, les régions polaires gagnent en importance sur le plan politico-stratégique. L'Arctique a déjà fait l'objet d'une extraction et d'une exploitation de ses ressources, allant des hydrocarbures aux diamants (Dodds, 2010 ; Ruel, 2011), et l'Antarctique est en passe de devenir une région d'intérêt stratégique pour les pays qui envisagent d'en extraire des ressources. Par ailleurs, l'Arctique et en particulier l'Antarctique, qui dispose d'un traité consacrant le continent à la paix et à la coopération scientifique, sont des régions de coordination internationale pacifique et de coopération environnementale renforcée, présentant des systèmes de gouvernance qui peuvent servir d'exemple pour la protection de l'environnement dans d'autres régions.

Les services écosystémiques des régions polaires qui sont liés à la régulation du climat mondial sont davantage renforcés par la formation d'eaux de fond superdenses dans l'Antarctique et, dans

¹ Les plantes qui fixent le carbone en C3 (85 % de toutes les plantes) sont défavorisées par temps chaud et sec. Le blé, le riz et le soja sont quelques-unes des nombreuses plantes en C₃.



Figure 4.6 : Âge et étendue de la banquise arctique



Source : Centre national de données sur la neige et la glace (2017).

une moindre mesure, d'eaux profondes dans l'Atlantique Nord, qui contribuent grandement à la circulation thermohaline. Les eaux océaniques plus froides des hautes latitudes, en particulier l'océan Antarctique, constituent également d'importants puits de carbone et des zones de forte productivité marine. Elles jouent un rôle important dans la production alimentaire à hautes latitudes et nécessitent une gestion minutieuse par le biais d'organismes tels que l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest et la Commission pour la conservation de la faune et de la flore marines de l'Antarctique. Certaines pêcheries de haute latitude ont été fortement touchées par les activités de pêche au cours du siècle écoulé, comme en témoigne l'effondrement de l'industrie morutière de l'Atlantique (Villasante *et al.*, 2011).

Plus de 70 % de l'eau douce de la planète est emprisonnée dans la glace des régions polaires. L'eau conservée dans la calotte glaciaire du Groenland entraînerait, si elle était libérée, une élévation du niveau des mers de 7,4 m, l'eau de la calotte glaciaire de l'Antarctique entraînerait une élévation de 58,3 m, et l'eau conservée dans tous les glaciers de montagne produirait une élévation de 0,4 m (Vaughan *et al.*, 2013). Dans un scénario où la hausse des températures est limitée en deçà de 2 °C, le monde connaîtrait quand même une élévation moyenne du niveau des mers de 0,4 à 0,6 m. Le scénario tendanciel (le maintien du statu quo) produit une élévation moyenne du niveau des mers de 0,7 à 1,2 m d'ici à la fin du XXI^e siècle (Horton *et al.*, 2014). Comme l'indiquent le plus récent rapport du GIEC et de multiples études scientifiques indépendantes, les glaciers de montagne et les calottes glaciaires polaires perdent déjà de leur masse et sont responsables, en moyenne, de l'équivalent de 1,85 mm d'élévation du niveau des mers par an (Bamber *et al.*, 2018).

À mesure qu'augmentera la quantité d'eau douce transportée vers l'océan à la suite du dégel saisonnier du pergélisol, du vêlage des icebergs, de la fonte des glaciers et des calottes glaciaires et d'autres

écoulements fluviaux, la charge accrue en limon, en carbone et en autres nutriments aura une incidence sur la productivité primaire des régions polaires dans la chaîne alimentaire marine. La source et la qualité des aliments des organismes supérieurs changeront et la productivité primaire des algues de glace connaîtra une forte baisse, ce qui mettra à mal des espèces des niveaux trophiques supérieurs telles que le krill et les poissons (Alsos *et al.*, 2016 ; Frey *et al.*, 2016). Cette situation, combinée à la menace des espèces envahissantes qui se déplacent dans des conditions nouvellement tolérables, contraint les humains à s'adapter à de nouveaux moyens de subsistance économiques et culturels. Elle peut entraîner des conflits liés en particulier à l'utilisation et à la gouvernance des ressources, à des préoccupations culturelles et aux aires marines protégées (Conservation de la flore et de la faune de l'Arctique et Groupe de travail sur la protection de l'environnement marin arctique, 2017). Presque tous les glaciers du monde perdent de leur masse et certains disparaîtront au cours des prochaines décennies (Kaltenborn, Nellesmann et Vistnes, 2010 ; Vaughan *et al.*, 2013). Plus d'un milliard de personnes sont tributaires des glaciers de montagne pour leur approvisionnement en eau, la majorité d'entre elles vivant en Asie, où se trouvent environ 100 000 km² de glaciers (Yao *et al.*, 2012). Plus de 200 millions de personnes sont tributaires de l'eau provenant des montagnes de l'Hindou Kouch, et des centaines de millions d'autres, en aval, sont affectées par la fiabilité réduite des sources d'eau locales et par l'exacerbation des risques, notamment d'inondation, dus au débordement de lacs glaciaires. Le ruissellement devrait diminuer jusqu'en 2050 dans les bassins du Gange, du Brahmapoutre et du Mékong. Cependant, la région de l'Hindou Kouch peut s'attendre à une variabilité accrue des débits d'eau et à une montée des eaux dans les mois précédant la mousson, ce qui intensifiera les inondations et les sécheresses. Les Andes enregistrent déjà une baisse du ruissellement. L'évolution des températures et des précipitations aura des répercussions sur l'agriculture, les ressources en eau et la santé (Shrestha *et al.*, 2015).



L'adaptation aux nouvelles réalités nécessitera aussi des interventions face à l'accumulation de contaminants transportés sur de longues distances et dont la concentration augmente dans les régions polaires. En dépit de la rareté des sources industrielles locales, certains contaminants persistants de l'environnement détectés depuis plusieurs décennies dans ces endroits reculés font planer une lourde menace sur les populations et les écosystèmes locaux, par le biais des chaînes alimentaires polaires (Andrew, 2014). La fonte des banquises entraînera l'échange air-eau de polluants organiques persistants dans les secteurs de l'Arctique qui ne sont plus recouverts de glace. De même, la fonte des glaciers polaires et alpins, des inlandsis, des plateformes glaciaires et du pergélisol entraînera également le perçage de polluants organiques persistants et de mercure, ce qui stimulera l'échange air-sol de ces composés délétères (Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique [PSEA], 2015 ; Sun *et al.*, 2017). En raison des nouvelles réglementations, les concentrations de nombreux polluants organiques persistants sont désormais en baisse, mais de nouveaux produits chimiques tels que les retardateurs de flamme organophosphorés, les phtalates, certains siloxanes et certains pesticides actuellement utilisés, constituent une source de préoccupation accrue (PSEA, 2017). De même, des microplastiques ont désormais été détectés dans tous les océans du monde (Thompson *et al.*, 2004 ; Browne *et al.*, 2011), notamment dans les sédiments des grands fonds (Barnes, Walters et Gonçalves, 2010) et même dans la banquise arctique (Thompson *et al.*, 2004 ; Browne *et al.*, 2011 ; Ivar do Sul et Costa, 2014 ; Obbard *et al.*, 2014 ; Isobe *et al.*, 2017 ; Waller *et al.*, 2017). D'autres travaux de recherche seront nécessaires pour retracer la distribution et l'incidence des microplastiques dans l'Antarctique, mais leur existence dans l'océan Antarctique (Isobe *et al.*, 2017 ; Waller *et al.*, 2017) et dans la mer de Ross (Cincinelli *et al.*, 2017) a déjà été confirmée.

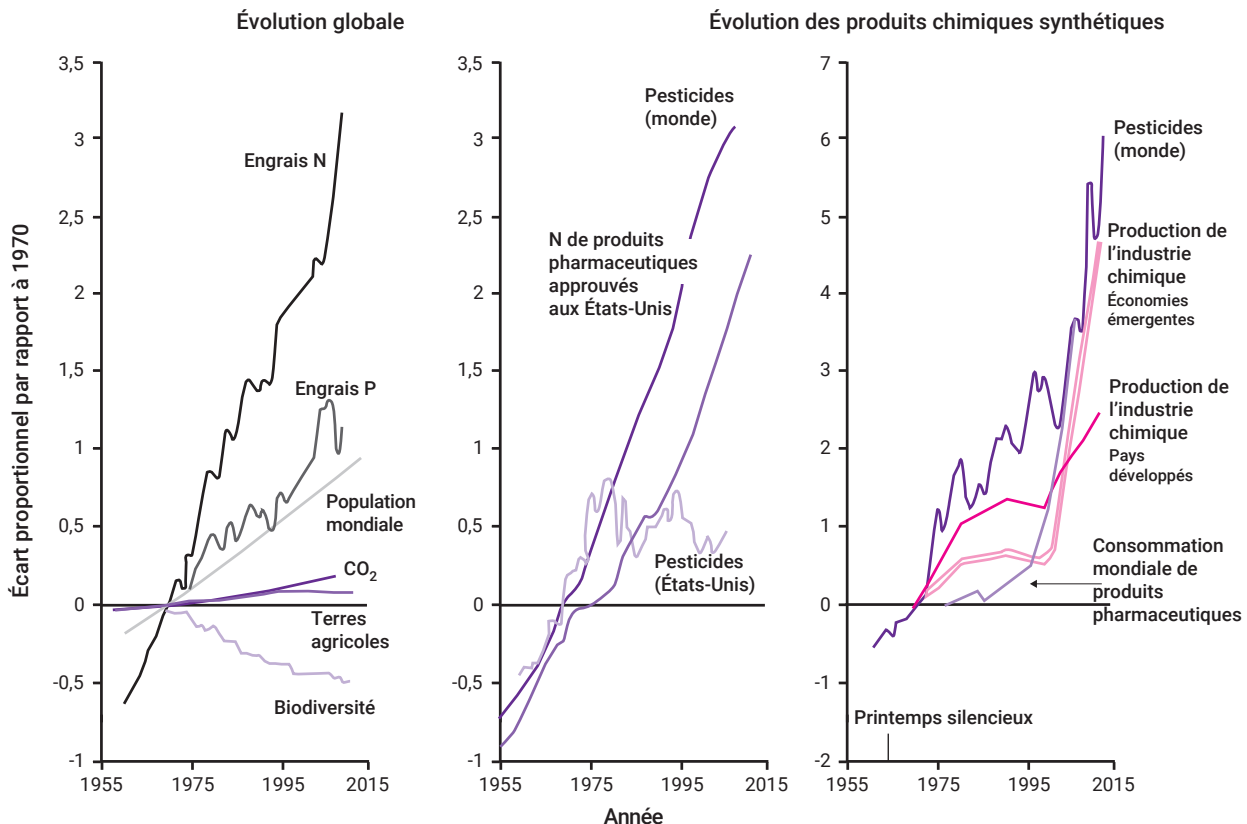
Les personnes qui vivent à haute altitude et dans des régions montagneuses sont vulnérables aux effets conjugués de la pollution atmosphérique, des changements d'utilisation et d'autres facteurs, ainsi qu'aux menaces résultant du changement climatique. Toutefois, les habitants de ces régions, en particulier les peuples autochtones qui vivent dans les régions arctiques et montagneuses depuis des millénaires, ont une connaissance approfondie de leur environnement qui leur fournit des informations essentielles pour des stratégies d'adaptation efficaces (Magga *et al.*, 2009 ; Nakashima *et al.*, 2012).

4.3.3 Les produits chimiques

Les sociétés modernes produisent et habitent l'environnement le plus dépendant des produits chimiques que l'humanité ait jamais connu – on estime aujourd'hui à plus de 100 000 le nombre de produits chimiques sur le marché de la société moderne (Agence européenne des produits chimiques, 2018) – et la pollution chimique est désormais considérée comme une menace mondiale (Barrows, Cathey et Petersen, 2018). Les catégories les plus courantes de produits chimiques sont les produits pharmaceutiques et vétérinaires, les pesticides, les antibiotiques, les retardateurs de flamme, les plastifiants et les nanomatériaux (Tijani *et al.*, 2016). Même les produits chimiques les plus courants, utilisés depuis des générations dans l'agriculture et l'industrie, font désormais l'objet d'une consommation si intensive et de telles concentrations qu'ils nécessitent des programmes de suivi et d'évaluation responsables (figure 4.7) (Bernhardt, Rossi et Gessner, 2017).

La pollution chimique mondiale est considérée comme un problème qui nécessite des mesures pressantes : toutes les études pertinentes comportent des appels à un engagement

Figure 4.7 : Intensification de l'utilisation des produits chimiques, 1955-2015



Source : Bernhardt, Rossi et Gessner (2017).



actif des gouvernements et de l'industrie et à d'autres travaux de recherche. L'existence de ce problème est reconnue dans toutes les évaluations et tous les appels à l'action portant sur les changements mondiaux (PNUE, 2012 ; Stehle et Schulz, 2015 ; Bernhardt, Rossi et Gessner, 2017). Toutefois, la capacité d'assimilation des charges chimiques est le plus souvent considérée comme indéterminée, puis ignorée, même dans le cadre d'efforts de sensibilisation aux problèmes environnementaux planétaires (Diamond *et al.*, 2015 ; Steffen *et al.*, 2015). La dimension mondiale de la pollution chimique se manifeste dans la mesure où ces substances se répandent dans les environnements les plus reculés de la planète, y compris les régions polaires (Andrew, 2014), les hauts sommets des montagnes (Ferrario, Finizio et Villa, 2017) et les océans les plus profonds. En effet, des polluants organiques persistants ont été détectés dans la faune trouvée à plus de 10 000 mètres de profondeur dans la fosse des Mariannes, dans l'océan Pacifique (Jamieson *et al.*, 2017). Toutefois, des efforts sont en cours dans les pays développés pour mettre en œuvre des programmes de surveillance régulière, afin d'atténuer l'impact des produits chimiques, en particulier les pesticides, sur la santé humaine et l'environnement (Brouwer, 2018).

Certains produits chimiques persistants, toxiques, bioaccumulables et susceptibles de parcourir de longues distances sont répertoriés dans le cadre de conventions internationales telles la Convention de Stockholm (les polluants organiques persistants) et la Convention de Minamata (le mercure), mais les données scientifiques montrent que d'autres produits chimiques largement disponibles dans le commerce présentent les mêmes propriétés que les polluants organiques persistants réglementés (Stempel *et al.*, 2012). D'innombrables produits chimiques nouveaux, ainsi que des produits plus anciens aux propriétés méconnues, ne font l'objet d'aucune réglementation même si on les soupçonne d'avoir des effets néfastes (Petrie, Barden et Kasprzyk-Hordern, 2015 ; Ferrario, Finizio et Villa, 2017).

Les produits pharmaceutiques sont généralement mal gérés « du berceau à la tombe » : plus de 200 substances différentes ont été signalées dans des cours d'eau du monde entier (Petrie, Barden et Kasprzyk-Hordern, 2015). Des bactéries résistantes aux antibiotiques ont évolué et se sont répandues du fait d'une mauvaise gestion des médicaments antibactériens (Marti, Variatza et Balcazar, 2014 ; Grenni, Ancona et Caracciolo, 2017). Des recherches récentes révèlent que le développement de la résistance aux antimicrobiens chez les agents pathogènes s'accélère et se produit à des niveaux d'exposition plus faibles, en présence de métaux lourds et d'autres contaminants qui se retrouvent couramment dans les mêmes réservoirs contaminés (*The Lancet Planetary Health*, 2018). La présence de ces contaminants dans l'environnement naturel résulte du rejet d'eaux usées provenant de stations d'épuration qui ne sont pas équipées pour éliminer efficacement ces composés dangereux (Petrie, Barden et Kasprzyk-Hordern, 2015) et d'une mauvaise gestion de leur utilisation pour la production agricole et plus particulièrement pour l'élevage (Hamscher et Bachour, 2018).

Les effets de certains produits chimiques perturbateurs du système endocrinien sont particulièrement préoccupants en raison des effets multigénérationnels possibles sur la santé humaine et celle de la faune (Gore *et al.*, 2015). L'activité ou la perturbation du système endocrinien a été liée à une grande variété de composés, y compris des polluants organiques persistants (Kabir, Rahman et Rahman, 2015) et des produits chimiques industriels (PNUE et OMS, 2013). Ils sont présents dans de nombreux pesticides conçus pour perturber le cycle de vie des organismes, une propriété pour laquelle ils sont fort prisés (Gore *et al.*, 2015). Certains produits chimiques intégrés aux matières plastiques manufacturées se sont également vu attribuer un potentiel de perturbation endocrinienne (Schug *et al.*, 2016).

Plusieurs produits d'usage courant – allant des cosmétiques aux pesticides en passant par les récipients en plastique et les produits d'entretien ménager – pourraient renfermer des composés toxiques néfastes pour la santé humaine et pour l'environnement. S'attaquer à la question des substances chimiques intégrées à ces produits pourrait ouvrir de nouvelles perspectives d'innovation par la chimie verte et durable et représenterait une occasion en or de rendre les modes de consommation et de production plus durables et d'alimenter la réflexion sur leur cycle de vie. L'application du modèle de l'économie circulaire à la production et à la consommation de produits chimiques permettrait d'établir une certaine mesure de contrôle des substances et produits d'usage courant pendant tout leur cycle de vie, de l'extraction des matières premières à l'élimination définitive, en passant par la conception, la formulation, la production, et l'utilisation (Roschangar, Sheldon et Senanayake, 2015). Les produits chimiques contenus dans les produits d'usage courant, ainsi que les perturbateurs endocriniens et les nanomatériaux, sont reconnus comme des domaines stratégiques émergents dans le cadre de l'Approche stratégique de la gestion internationale des produits chimiques (SAICM) (PNUE, 2013b). La SAICM traite aussi le problème des pesticides hautement dangereux associés aux pratiques agricoles dans les pays en développement : les nouvelles approches reposent sur des pratiques agroécologiques favorisant le remplacement des pesticides dangereux par des produits et des méthodes moins risqués pour la lutte contre les nuisibles (FAO et OMS, 2016), ainsi que la réduction de la demande et les solutions sans produits chimiques.

La nanotechnologie, qui réduit la taille des particules des matériaux et en accroît la réactivité, peut donner à une substance certaines propriétés intéressantes, qui risquent cependant d'être toxiques (Schulte *et al.*, 2016). Il subsiste un certain nombre de questions concernant la toxicité des nanoparticules pour les êtres humains et l'environnement, mais la comparaison de nanomatériaux d'une certaine taille et d'une certaine forme avec l'amiante indique un potentiel toxicologique similaire (Nagai et Toyokuni, 2012 ; Allegri *et al.*, 2016).

Même les substances considérées comme contrôlées dans certaines régions sont parfois distribuées dans des pays en développement sans aucune directive sur les questions de santé et de sécurité et sur leur utilisation appropriée. Selon les estimations des Perspectives mondiales en matière de produits chimiques (PNUE, 2013b ; PNUE, 2013c), le coût sanitaire total de l'utilisation des pesticides – le coût de l'inaction – pour les petits exploitants agricoles d'Afrique subsaharienne, de 2015 à 2020, s'éleverait à 90 milliards de dollars É.-U. si la capacité à gérer les pesticides demeurerait inadéquate.

Il est essentiel de mener d'autres études pour évaluer les effets combinés des mélanges de produits chimiques et de comprendre les effets cumulés des produits chimiques au fil du temps. De même, il est nécessaire d'enrichir l'information sur les liens de causalité entre l'exposition à certains produits chimiques et ses effets sur la santé (*The Lancet Planetary Health*, 2018). Il est également essentiel de promouvoir les solutions de rechange sûres et durables aux produits chimiques – en particulier le remplacement des matières plastiques par des produits biodégradables – et une gestion saine des produits chimiques, de la fabrication à l'élimination. Des institutions et instruments sont disponibles, et la coordination par l'entremise des agences des Nations Unies est un objectif de la SAICM. Le coût de l'inaction pour la société mondiale sera élevé si aucune mesure n'est prise pour détoxifier l'environnement et instaurer un monde sans produits chimiques dangereux dans les prochaines décennies (PNUE, 2013c).



4.3.4 Les déchets et les eaux usées

Le rapport du PNUE sur les perspectives mondiales en matière de gestion des déchets (PNUE, 2015) estime la production totale de déchets « urbains » à environ sept à dix milliards de tonnes par an, y compris les déchets solides municipaux, les déchets commerciaux et industriels et les déchets de construction et de démolition. Les taux de production de déchets se stabilisent dans les régions développées. Toutefois, l'Asie et l'Afrique devraient contribuer de manière significative à la production mondiale de déchets au cours du prochain siècle (PNUE, 2015).

Le rapport GEO-6 met en évidence les principaux défis de la gestion des déchets à l'échelle mondiale, qui concordent dans toutes les évaluations régionales préparatoires du rapport et qui sont classés par ordre de priorité dans le rapport sur les perspectives mondiales en matière de gestion des déchets (PNUE, 2015) : les déchets alimentaires, les déchets marins, le trafic et la criminalité en lien avec les déchets, ainsi que la disparité croissante entre les pays développés et en développement en matière de gestion des déchets.

Environ le tiers des aliments produits pour la consommation humaine est gaspillé ou perdu chaque année, ce qui représente un coût financier de 750 à 1 000 milliards de dollars É.-U. (FAO, 2013 ; FAO, 2015 ; PNUE, 2015). Cette nourriture gaspillée pourrait nourrir plus de deux milliards de personnes, soit plus du double du nombre de personnes souffrant de malnutrition selon les estimations mondiales (FAO, 2013). Les pertes et le gaspillage alimentaire entraînent des émissions évitables de GES estimées en 2007 à 3,3 gigatonnes d'équivalent de dioxyde de carbone (Gt eq. CO₂), soit environ 9 % des émissions mondiales de GES de la même année (PNUE, 2015). Cette estimation ne prend pas en compte les émissions de GES résultant des changements d'affectation des terres. Compte tenu des changements d'affectation des terres, les émissions de GES émanant des déchets alimentaires seraient de 25 à 40 % plus élevées. Même en faisant abstraction du changement d'affectation des terres, si les pertes et le gaspillage alimentaire se produisaient tous dans un seul pays, celui-ci occuperait le troisième rang mondial en termes d'émissions de CO₂ (FAO, 2013).

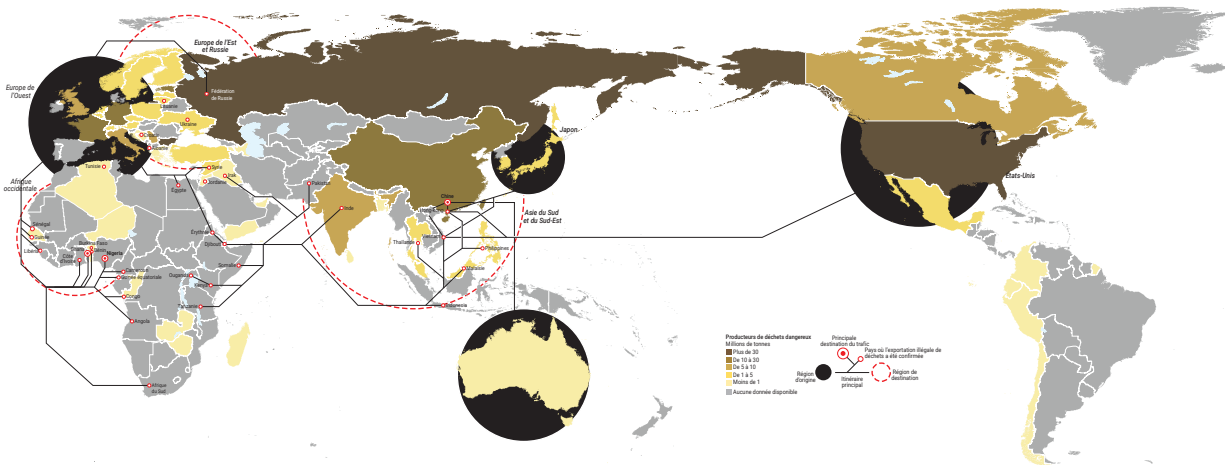
Avec la hausse de la demande mondiale de ressources, le marché des déchets – de la collecte au recyclage – est devenu un secteur économique viable, d'une valeur estimée à 410 milliards de dollars É.-U. par an. Dans un contexte marqué par l'augmentation des coûts de l'élimination sans risque des déchets dangereux, par la faiblesse des réglementations environnementales et de leur

application ainsi que par la rareté croissante des ressources, ce marché ouvre des perspectives au trafic de déchets et à d'autres activités illégales. En témoigne notamment l'exportation illégale vers les pays en développement de grandes quantités de déchets souvent dangereux, ayant le potentiel d'avoir d'importantes répercussions avec de nombreuses ramifications (figure 4.8) (Rucevska et al., 2015). Le trafic illégal d'équipements électriques et électroniques en fin de vie utile est devenu un enjeu d'intérêt mondial (PNUE, 2015 ; PNUE, 2016b).



© Shutterstock/Fabian Ploock

Figure 4.8 : Le trafic illicite mondial de déchets



Source : Pravettoni (2015).



Les pays développés ont perfectionné leurs systèmes de gestion des déchets au point de pouvoir envisager des stratégies permettant d'intégrer des types de déchets nouveaux et complexes, de favoriser une consommation et une production durables, de s'orienter vers des systèmes d'élimination quasi totale des déchets et vers une économie circulaire, et d'adopter des technologies émergentes et potentiellement perturbatrices en matière de gestion des déchets. Les pays en développement sont toujours confrontés à des défis fondamentaux en matière de gestion des déchets, notamment le déversement incontrôlé, la combustion à ciel ouvert et l'accès inadéquat aux services de gestion des déchets. Selon les estimations de l'ONU, à l'échelle mondiale, trois milliards de personnes n'ont pas accès à des installations contrôlées d'élimination des déchets, une situation qui ouvre la porte aux incidences environnementales, sociales et économiques de la piètre gestion des déchets (PNUE, 2015). On estime que 750 personnes ont perdu la vie au cours des sept premiers mois de 2016 du fait de la mauvaise gestion des déchets dans les décharges (Association internationale des déchets solides [ISWA], 2016). Au début de 2017, quelque 115 personnes ont perdu la vie lors d'un glissement de terrain à Addis-Abeba, en Éthiopie (Gardner, 2017), et 16 personnes ont trouvé la mort dans l'effondrement de la décharge de Hulene en février 2018 à Maputo, au Mozambique. Une forte proportion de ces victimes étaient des femmes. Dans les pays en développement, des millions de ramasseurs de déchets informels vivent dans ces décharges (ISWA, 2016 ; Duan, Li et Liu, 2017). Certes, les pays développés poursuivent les idéaux de la réduction des déchets, de l'économie circulaire et de l'utilisation efficace des ressources, mais les pays en développement ne doivent pas être laissés pour compte.

La conception d'un plan d'économie circulaire prend toujours en compte les eaux usées, soit les eaux usées d'origine humaine, les effluents industriels et les eaux de ruissellement d'origine agricole ou urbaine (Mateo-Sagasta *et al.*, 2013). La principale source, l'agriculture, représente 79 % des eaux usées produites dans les zones arides d'Asie occidentale, où elles sont directement rejetées dans l'environnement (figure 4.9) (AbuZeid

et Elrawady, 2014). En 2015, selon certaines estimations, 68 % de la population mondiale utilisait au moins une forme de service d'assainissement de base (OMS et UNICEF, 2017). Toutefois, 34 % des services d'assainissement et d'évacuation des eaux usées en milieu rural et seulement 26 % des services en milieu urbain empêchent effectivement et efficacement le contact humain avec les excréments tout au long de la chaîne d'assainissement (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau [WWAP], 2017). De même, 80 % de toutes les eaux usées produites dans le monde sont rejetées dans l'environnement sans aucun traitement – des eaux contaminées par des matières fécales humaines et par tous les produits pharmaceutiques et les perturbateurs endocriniens qui constituent de nouvelles menaces pour la santé humaine et les écosystèmes (WWAP, 2017). Bien que les eaux usées constituent une ressource considérable en eau et en nutriments, elles présentent des risques pour la santé publique et l'intégrité de l'environnement si leur gestion est inadéquate. Les flambées importantes de maladies et de mortalité connexe (Saxena, Kaushik et Krishna Mohan, 2015 ; Prüss-Ustün *et al.*, 2016), l'eutrophisation (Lewandowski *et al.*, 2015) et la salinisation des sols dans les terres arides (Qadir *et al.*, 2014) sont présentées comme les principaux problèmes associés à une mauvaise gestion des eaux usées.

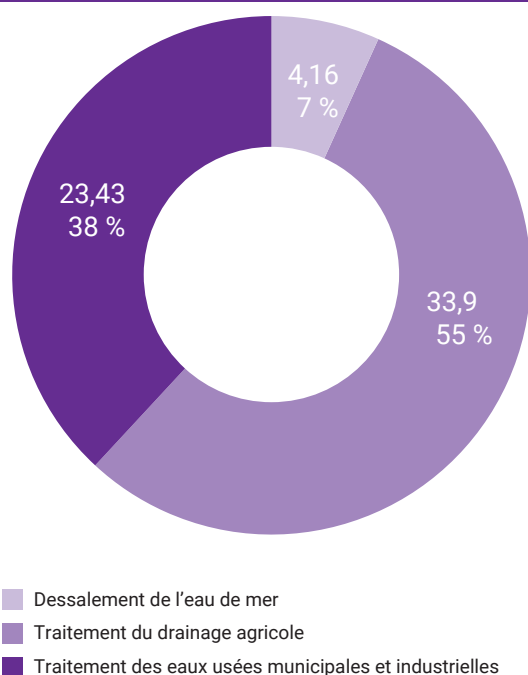
4.4 Les ressources et les matières

4.4.1 L'utilisation des ressources

L'utilisation durable des ressources exige une gestion saine des ressources renouvelables et vise à recycler les ressources non renouvelables, ce qui conduit au concept d'économie circulaire, où un déchet, le sous-produit d'un processus, devient une matière première pour un autre processus. L'économie circulaire a pour principe fondamental l'utilisation efficace des ressources tout au long de leur cycle de vie : à l'extraction, la fabrication, la consommation et l'utilisation, le recyclage et la réutilisation (Ellen MacArthur Foundation, 2012 ; Commission européenne, 2015).

À partir du XX^e siècle, l'exploitation des ressources s'est considérablement accrue, en particulier celle des métaux tels que le fer et le cuivre, et celle des minéraux tels que le sable et le calcaire, pour la fabrication du ciment. À en croire certaines sources, l'exploration, l'extraction et la consommation des combustibles fossiles illustrent les progrès importants de la société moderne. Toutefois, l'exploitation des combustibles fossiles cause également des problèmes de taille. La dynamique de la consommation conduit à une exploitation croissante des ressources, ce qui suscite des préoccupations quant aux conséquences cumulées et mondiales de ces activités et aux dommages qu'elles causent à l'échelle locale (Rockström *et al.*, 2009).

Figure 4.9 : Ressources annuelles en eaux non conventionnelles de l'Asie occidentale



Source : Abuzeid *et al.* (2014).





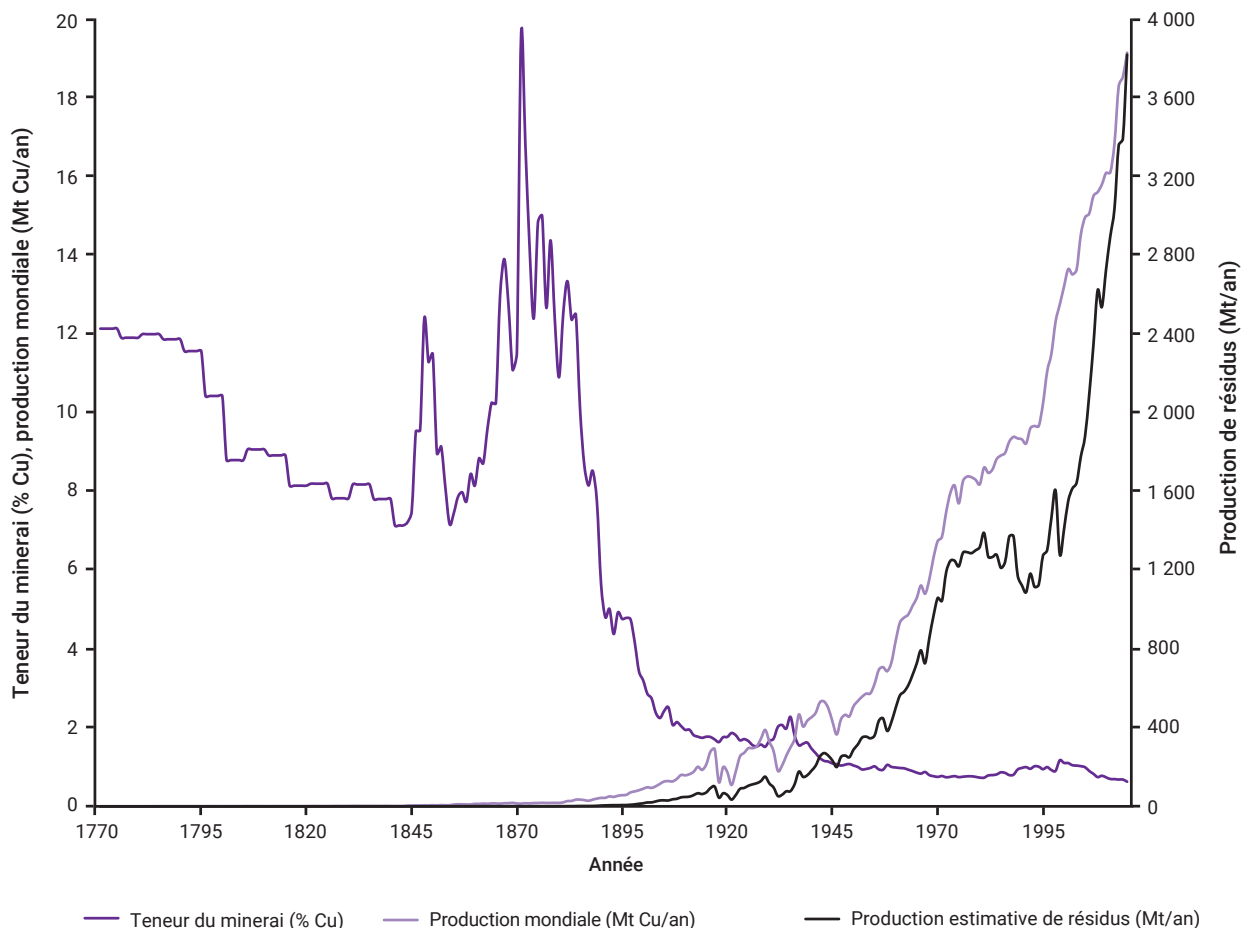
Auparavant, la découverte de gisements nouveaux et accessibles de ressources non renouvelables se faisait à un rythme égal ou supérieur à celui de la croissance de l'extraction, de sorte que la perspective de l'épuisement de ces ressources ne suscitait aucune inquiétude importante (Mudd, Weng et Jowitt, 2013 ; Mudd et Jowitt, 2014 ; Weng *et al.*, 2015 ; Mudd et Jowitt, 2017). Toutefois, en tant que mesure de leur qualité, les teneurs de la plupart des minerais exploités sont en déclin progressif, ce qui signifie que les minerais raffinés le plus facilement et le plus économiquement ont déjà été exploités (Ruth, 1995 ; Mudd, 2010). Il faut extraire et transformer de plus grandes quantités de minerai à faible teneur pour répondre à la demande mondiale, comme le montre l'historique de l'exploitation des gisements de minerai de cuivre (figure 4.10).

La baisse des teneurs en minerai, combinée à l'envergure accrue des projets requis pour extraire suffisamment de minerai pour répondre à la demande du marché, fait peser des risques de plus en plus graves sur l'environnement naturel. Les terres sont davantage défrichées, ou simplement extraites et acheminées ailleurs, comme l'illustre la méthode du déplacement du sommet des montagnes. Les déchets miniers s'accumulent de plus en plus, les métaux lourds et les agents réactifs se recombinaient en composés nocifs. Les risques de pollution des eaux, en particulier par le drainage acide et métallifère, augmentent. Les menaces pour la biodiversité se complexifient. La demande d'énergie s'intensifie, de même que les émissions de GES connexes (Norgate et Haque,

2010). En 2014, pour répondre à la demande mondiale, l'industrie mondiale des métaux et mines a produit environ 90 Mt de déchets miniers, sans compter les matériaux de construction (Mudd et Jowitt, 2016). Cette exploitation minière à très grande échelle exige de porter une attention particulière à l'évaluation, au suivi et à la gestion de l'environnement dans le cadre de l'extraction des ressources primaires (Hudson-Edwards, 2016 ; Mudd et Jowitt, 2016). Actuellement, une grande partie des déchets miniers est stockée et exposée à des conditions environnementales et de gestion variables. La rupture de la digue à stériles de Samarco, au Brésil, en 2015 a démontré, entre autres, à quel point les stratégies de stockage à long terme ne sont pas des solutions (Philips, 2016 ; Roche, Thygesen et Baker, 2017).

Certaines ressources minières, tels le sable, l'or, le cuivre et le plomb-zinc, sont largement réparties dans le monde. D'autres, tels le nickel, les terres rares et le phosphore, sont concentrées dans un petit nombre de pays. Étant donné l'apport fondamental des ressources minérales aux systèmes sociaux, aux technologies et aux infrastructures modernes, il convient d'évaluer le rôle de ces matières dans la société moderne. Cette approche, l'analyse de criticité, consiste à examiner les conséquences potentielles associées à la perturbation de l'approvisionnement, à la substitution des ressources, au potentiel de recyclage et aux incidences sur l'environnement (Graedel *et al.*, 2015). À titre d'exemple, de nombreux métaux tels que le fer, le cuivre, l'or et le plomb sont recyclables. D'autres minéraux, tel le phosphore,

Figure 4.10 : Exemple de la baisse de la teneur du minerai de cuivre au fil du temps, illustrée par la production annuelle mondiale de cuivre et l'estimation de la production annuelle de résidus



Source : Ruth (1995); Crowson (2012); Mudd, Weng et Jowitt (2013); Mudd et Jowitt (2016).



se dispersent dans les sols et les plans d'eau et sont finalement charriés et, à toutes fins utiles, perdus. Ce genre de dispersion des matières soulève des préoccupations quant à l'épuisement éventuel de la ressource essentielle (Ciacci *et al.*, 2015 ; Nassar, Graedel et Harper, 2015).

En revanche, lorsqu'un métal est recyclé, les risques pour l'environnement sont en général beaucoup plus faibles. À titre d'exemple, la fabrication d'un produit à partir d'aluminium recyclé consomme vingt fois moins d'énergie que sa fabrication à partir d'aluminium primaire. Dans le cadre de l'économie circulaire, il s'ensuit que le recyclage devrait entraîner une réduction des pressions et risques environnementaux, principalement en raison de la réduction des besoins en énergie et en matières premières (Wernick *et al.*, 1996 ; Wernick et Ausubel, 1997 ; Balke *et al.*, 2017). L'économie circulaire met l'accent sur une conception judicieuse des produits ou des infrastructures, ainsi que sur la mise en place de systèmes de suivi de l'utilisation des ressources, de la production de déchets et des répercussions sur l'environnement (Ghisellini, Cialani et Ulgiati, 2016). D'autres stratégies pourraient intégrer des variantes du suprarécyclage (ou recyclage valorisant) ou du recyclage proprement dit : refuser, repenser, réduire, réutiliser, réparer, remettre à neuf, refabriquer, réadapter. Ici, l'éducation à l'environnement et au développement durable a une fonction essentielle.

Une question importante découlant de l'utilisation des ressources tient au fait que les coûts environnementaux et sociaux sont généralement plus élevés pendant l'extraction, lorsqu'on défriche les terres ou que les populations sont déplacées, alors que les avantages les plus importants se manifestent à l'autre bout de la chaîne d'approvisionnement. Pour apprécier pleinement le rapport coût-avantage et la valeur réelle d'un produit, il importe de prendre en compte les conséquences environnementales du commerce mondial des ressources, notamment les répercussions sur les communautés locales dans les zones d'extraction. On s'intéresse de plus en plus à la traçabilité des origines et des valeurs ajoutées des ressources, assurée au moyen d'une gestion durable de la chaîne d'approvisionnement. Cette traçabilité soutient l'action sur des enjeux tels que les minéraux provenant de zones de conflit, les déchets chimiques et pharmaceutiques, la contamination des aliments et le commerce illégal des espèces menacées (Mundy et Sant, 2015 ; Paunescu, Stark et Grass, 2016 ; Tijani *et al.*, 2016 ; Sauer et Seuring, 2017). La disponibilité et la distribution de ce type d'information définissent un lien entre le fournisseur et le consommateur et encouragent les choix durables en matière d'utilisation des ressources. Des travaux de recherche récents indiquent toutefois que l'humanité a outrepassé les limites d'exploitation sûre de certains systèmes planétaires, notamment en ce qui concerne le changement climatique, le taux de perte de la biodiversité et le flux biogéochimique du cycle de l'azote (Rockström *et al.*, 2009 ; Steffen *et al.*, 2015). Certaines analyses actualisées ajouteraient le phosphore à cette liste de dépassements (Carpenter et Bennett, 2011 ; Cordell et Neset, 2014).

Les pressions qui pèsent sur notre planète ont donc conduit la société mondiale face à un dilemme décisif : soit la poursuite d'un modèle de procédure conventionnelle consistant à « extraire, fabriquer, utiliser et jeter » dans le cadre d'une économie linéaire, soit sa transformation en une économie circulaire où la société a le souci de l'ensemble du cycle de vie de l'utilisation et de la gestion des ressources. Certains penseurs considèrent qu'il est peut-être déjà trop tard (Urry, 2010 ; Scheffer, 2016). D'autres avancent que la transition d'une économie linéaire, caractérisée par la gestion gaspilleuse des ressources, vers une économie circulaire marquée par une gestion durable des ressources est réalisable, mais qu'elle passe par de nouveaux concepts de la décroissance et par une vision économique post-capitaliste (Jackson et Senker, 2011 ; Kosoy *et al.*, 2012 ; Krausmann *et al.*, 2017).

La transition vers une économie circulaire ouvrira de larges perspectives d'innovation et de déploiement technologiques, qui présentent également de nombreux débouchés commerciaux inédits. En substance, l'économie circulaire exige des politiques judicieuses de comptabilisation des ressources et de gestion des déchets, qui génèrent une demande de ressources recyclées et favorisent la mise en œuvre d'une économie écoefficace et durable (Ghisellini, Cialani et Ulgiati, 2016 ; Balke *et al.*, 2017). L'utilisation des ressources a également des liens étroits avec les technologies et les politiques énergétiques, tels que les matières nécessaires aux diverses technologies d'énergie renouvelable, ce qui fait ressortir la nécessité de tenir compte des liens entre les ressources matérielles, l'énergie et les résultats environnementaux (Akenji *et al.*, 2016 ; McLellan, 2017).

Les 17 objectifs de développement durable évoquent tous la concurrence que suscitent les ressources naturelles, et bon nombre d'entre eux prônent une utilisation efficace et durable des ressources et la réduction au minimum des incidences connexes – en particulier en ce qui concerne les métaux considérés comme essentiels pour les énergies renouvelables et, partant, pour le progrès en matière de solutions au changement climatique (Arrobas *et al.*, 2017 ; International Resource Panel, 2017).

4.4.2 L'énergie

En 2015, la consommation mondiale d'énergie s'établissait à quelque 13,5 Gt d'équivalent pétrole (Agence internationale de l'énergie [AIE], 2018). Ce chiffre devrait passer à environ 19 Gt à l'horizon 2040 (AIE, 2016). Une grande partie de cette hausse est imputable à la consommation prévue dans les économies en développement qui sont actuellement largement tributaires des sources d'énergie fossiles. Cette situation fait de l'accélération de l'efficacité une stratégie essentielle pour atténuer les incidences liées à l'énergie. Parallèlement, près de 1,2 milliard de personnes n'ont toujours pas accès à l'électricité et 2,7 milliards de personnes utilisent encore des combustibles traditionnels pour la cuisine et le chauffage et sont exposées à une pollution concentrée de l'air intérieur (AIE, 2016). L'amélioration de l'accès aux services énergétiques modernes a des liens étroits avec tous les objectifs et indicateurs de développement durable, notamment la sécurité alimentaire, la santé et l'éducation de qualité ; en outre, le recours aux formes d'énergie propres et efficaces renforce l'autonomie des femmes et d'autres groupes marginalisés qui ont la charge de collecter et de brûler les combustibles solides primitifs (Conseil mondial de l'énergie, 2016).

La demande énergétique entraîne également une concurrence pour les ressources limitées de l'eau, de la terre et même de l'atmosphère, une répartition inéquitable de ces ensembles de capital naturel et d'autres ensembles tels que les ressources minérales et l'accès aux écosystèmes sensibles, de même que divers processus impliquant des approches qui provoquent parfois des litiges et des conflits de niveaux et d'ampleurs variés (Rodríguez *et al.*, 2013 ; Jägerskog *et al.*, 2014 ; McLellan, 2017).

La concurrence entre les biocarburants et l'alimentation fait de nouveau ressortir la nécessité de comprendre le lien entre l'énergie, l'alimentation, l'eau et l'affectation des terres (voir le chapitre 8). Popp *et al.* (2014), qui ont examiné l'incidence de la production de biocarburants sur l'approvisionnement alimentaire, l'hygiène du milieu et les besoins en terres, insistent sur la nécessité de mettre en place des politiques intégrées pour gérer les diverses composantes de l'interaction entre l'énergie, l'alimentation, l'eau et l'affectation des terres.

La hausse de la demande en eau – alors que les réserves d'eau utilisables s'amenuisent – accentue l'urgence d'examiner les relations entre l'eau et l'énergie dans le contexte d'une demande énergétique croissante. Jägerskog *et al.* (2014) décrivent les

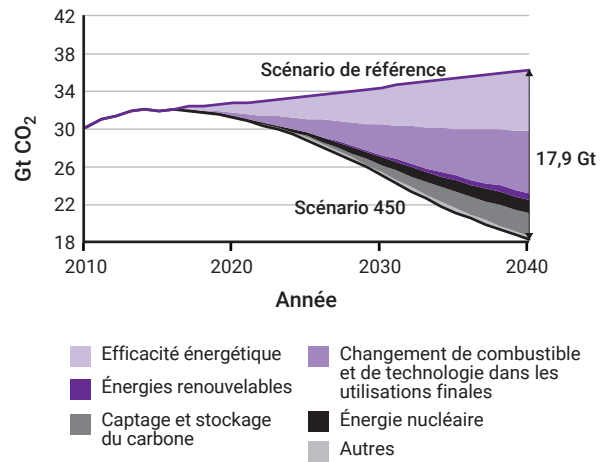


corrélations négatives entre l'énergie et l'environnement liées à l'hydroélectricité. Rodriguez *et al.* (2013) donnent également un aperçu des besoins en eau pour la production d'électricité, en particulier dans le cas des centrales thermiques. Copeland et Carter (2017) traitent des besoins en énergie associés à l'acheminement de l'eau aux utilisateurs finaux et à l'élimination des eaux usées aux États-Unis.

À l'échelle mondiale, les émissions de gaz à effet de serre s'élevaient à 33 Gt éq. CO₂ en 2014 et pourraient atteindre 38 Gt éq. CO₂ en 2040, principalement du fait de la combustion de combustibles fossiles (AIE, 2015). Les données historiques révèlent des tendances à la dissociation par la décarbonisation et à l'amélioration de l'efficacité, mais la tendance actuelle indique toujours une hausse de la température mondiale au-delà de la cible de 2 °C fixée par l'Accord de Paris (**figure 4.11**) (AIE, 2015 ; ONU, 2015b ; AIE, 2016). Ce dépassement probable justifie des mesures plus rigoureuses.

Les aspects économiques de la transition vers des sources d'énergie à faible teneur en carbone sont fortement facilités par une réduction spectaculaire du coût des énergies renouvelables, en particulier les systèmes éoliens et photovoltaïques solaires. Le prix des systèmes photovoltaïques solaires a fléchi de 23 % pour chaque doublement cumulé de la production depuis 35 ans. Dans bien des cas, ces coûts sont désormais inférieurs à ceux des technologies classiques de production d'électricité à partir de combustibles fossiles (Agence internationale pour les énergies renouvelables [IRENA], 2015).

Figure 4.11 : Les « coins technologiques » pour atteindre la cible de 2 °C

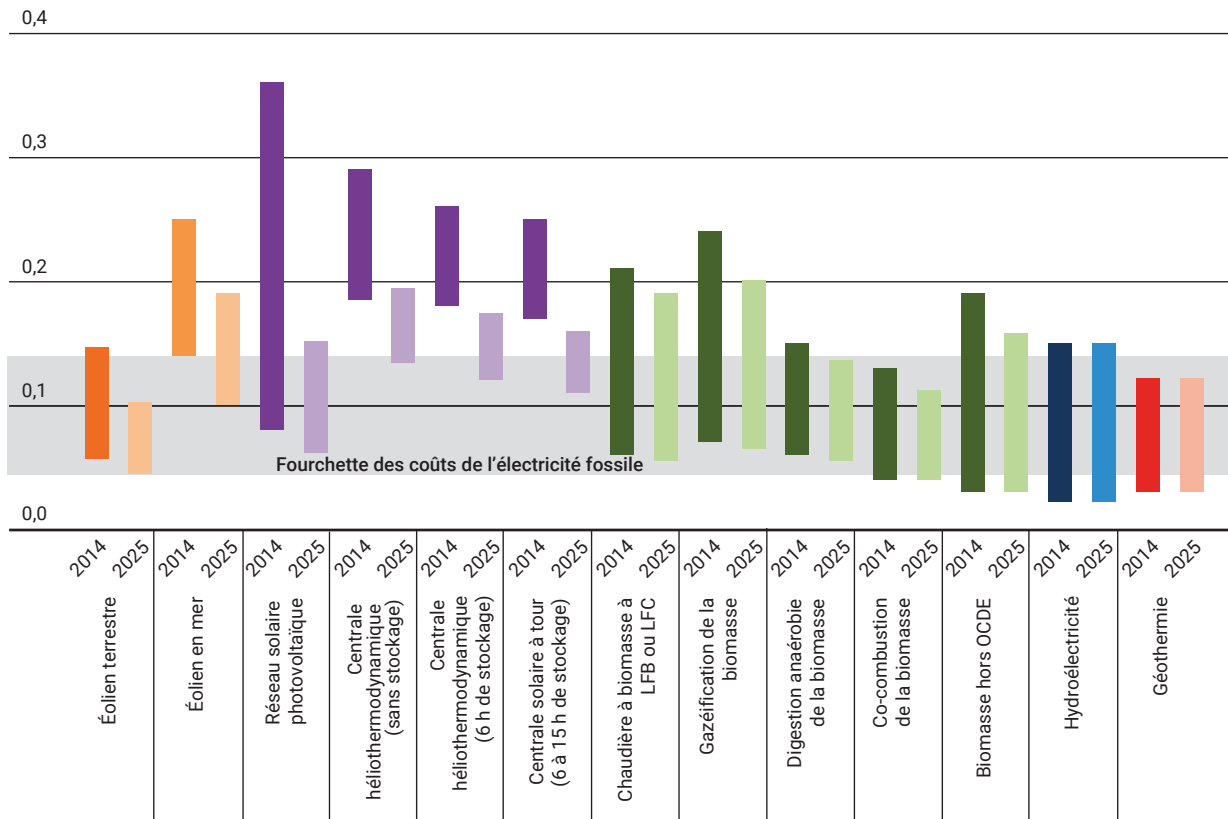


Source : AIE (2015).

D'autres réductions sont attendues, ce qui pourrait faire de ces systèmes la meilleure option économique et environnementale dans la quasi-totalité des pays du monde avant 2025 (**figure 4.12**).

Figure 4.12 : Fourchettes des coûts nivelés de l'électricité pour différentes technologies de production d'énergie renouvelable, 2014 et 2025

Coût du kilowattheure (\$ É.-U. de 2014)



LFB : lit fluidisé bouillonnant; LFC : lit fluidisé circulant.

Source : IRENA (2015).



L'éducation est essentielle à l'acquisition des connaissances sur l'énergie. Du point de vue des ODD, elle permet à chaque personne d'appliquer et d'évaluer des mesures visant à accroître l'efficacité et la suffisance énergétiques dans sa propre vie. Elle influence également les politiques publiques liées à la production, à la fourniture et à l'utilisation de l'énergie (Aguirre-Bielschowsky *et al.*, 2015 ; UNESCO, 2017a).

4.4.3 Les systèmes alimentaires

Le système alimentaire mondial est au cœur du développement durable et de plusieurs ODD. À travers les interactions complexes entre des activités telles que l'agriculture, la pêche, la transformation des aliments, la vente au détail, la préparation et la consommation, et les multiples acteurs qui les exécutent, le système alimentaire et les dynamiques économiques, environnementales et sociales exercent des influences réciproques significatives (PNUE, 2016c). L'agriculture fournit des emplois à plus de 30 % de la main-d'œuvre mondiale, dont la majorité se trouve dans les pays en développement, où 40 % des petits exploitants et ouvriers agricoles sont des femmes (FAO, 2011 ; FAO, 2017a). Les systèmes dominés par les petits exploitants dans les pays en développement produisent plus de la moitié de toutes les calories alimentaires mondiales (Samberg *et al.*, 2016) et contribuent substantiellement à la production de micronutriments (Herrero *et al.*, 2017). Cinquante-sept millions de personnes travaillent dans le secteur des pêches et de l'aquaculture, où leur rôle est souvent invisible et peu reconnu (Koralagama, Gupta et Pouw, 2017). Elles sont encore plus nombreuses à travailler dans la fabrication et la vente au détail des produits alimentaires (FAO, 2016). Un grand nombre de ces femmes et hommes vivent dans la pauvreté.

Certes, le système alimentaire produit plus qu'il n'en faut pour nourrir convenablement la population mondiale, mais sa production est mal distribuée. Plus de 800 millions de personnes sont sous-alimentées (FAO, 2017a) et plus de deux milliards de personnes souffrent de carences en micronutriments (Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition, 2016). Toutefois, plus de 2,3 milliards de personnes – environ le tiers de la population humaine – souffrent d'obésité et de surpoids (Abarca-Gómez *et al.*, 2017). Les maladies liées au régime alimentaire sont omniprésentes à l'échelle mondiale et bon nombre d'entre elles sont liées à la consommation excessive de gras saturés et d'aliments transformés ; c'est notamment le cas du diabète de type 2, du cancer colorectal et des maladies cardiovasculaires (Monteiro *et al.*, 2013 ; Tilman et Clark, 2014 ; PNUE, 2016c). Ces maladies sont de plus en plus répandues dans les pays à faible revenu et à revenu moyen, à mesure que s'élargit l'offre de protéines animales et de produits à forte teneur en lipides et en glucides (Popkin, 2006 ; McMichael *et al.*, 2007).

Le système alimentaire mondial a une immense empreinte écologique. On estime qu'il représente de 19 à 29 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (Vermeulen, Campbell et Ingram, 2012). L'agriculture occupe 38 % de la superficie terrestre mondiale, ce qui en fait l'activité humaine la plus étendue au monde, et elle est la principale consommatrice d'eau douce, à l'origine de 70 % des prélèvements d'eau (FAO, 2017a ; FAO, 2017b). La production alimentaire est la principale force motrice de la perte de biodiversité (Kok *et al.*, 2014). Elle est un important pollueur de l'air, de l'eau douce et de l'eau de mer, en particulier dans les systèmes agricoles qui font un usage intensif ou une mauvaise gestion des pesticides et engrais chimiques (Popp, Petö et Nagy, 2013 ; Sutton *et al.*, 2013 ; Zhang, Zeiss et Geng, 2015). Les systèmes de production alimentaire constituent également une source importante de dégradation des sols et de déforestation (Amundson *et al.*, 2015 ; Vanwalleghem *et al.*, 2017 ; FAO, 2017a). Pourtant, on estime que le système alimentaire mondial ne convertit que 38 % de l'énergie produite et 28 % des protéines obtenues dans la consommation alimentaire requise, compte tenu des pertes dues au gaspillage

alimentaire, des pertes trophiques dues au bétail et de la surconsommation humaine (Alexander *et al.*, 2017).

Le secteur de l'élevage a une incidence disproportionnée sur l'empreinte écologique du système alimentaire mondial. Bien qu'il ne fournisse que 18 % des calories et 40 % des protéines à l'approvisionnement alimentaire mondial, environ la moitié des émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole lui sont attribuables (Gerber *et al.*, 2013 ; FAO, 2017a), tout comme près de 80 % de l'utilisation des terres agricoles – le tiers de toutes les terres cultivées sert à la production de cultures fourragères (FAO, 2009). Du fait de l'élevage, la production alimentaire constitue la principale cause de destruction des habitats (Machovina, Feeley et Ripple, 2015) et le principal élément perturbateur des cycles de l'azote et du phosphore qui sont à l'origine de la majeure partie de la pollution due à l'agriculture (Bouwman *et al.*, 2013 ; Sutton *et al.*, 2013). À l'instar de nombreuses activités d'extraction de ressources, le fardeau environnemental de la production alimentaire est localisé et souvent géographiquement dissocié de la consommation qui alimente la demande. Environ 20 % des terres cultivées et de l'eau utilisée à des fins agricoles sont consacrés à des produits agricoles consommés dans d'autres pays (MacDonald *et al.*, 2015). De même, la surexploitation des stocks de poisson





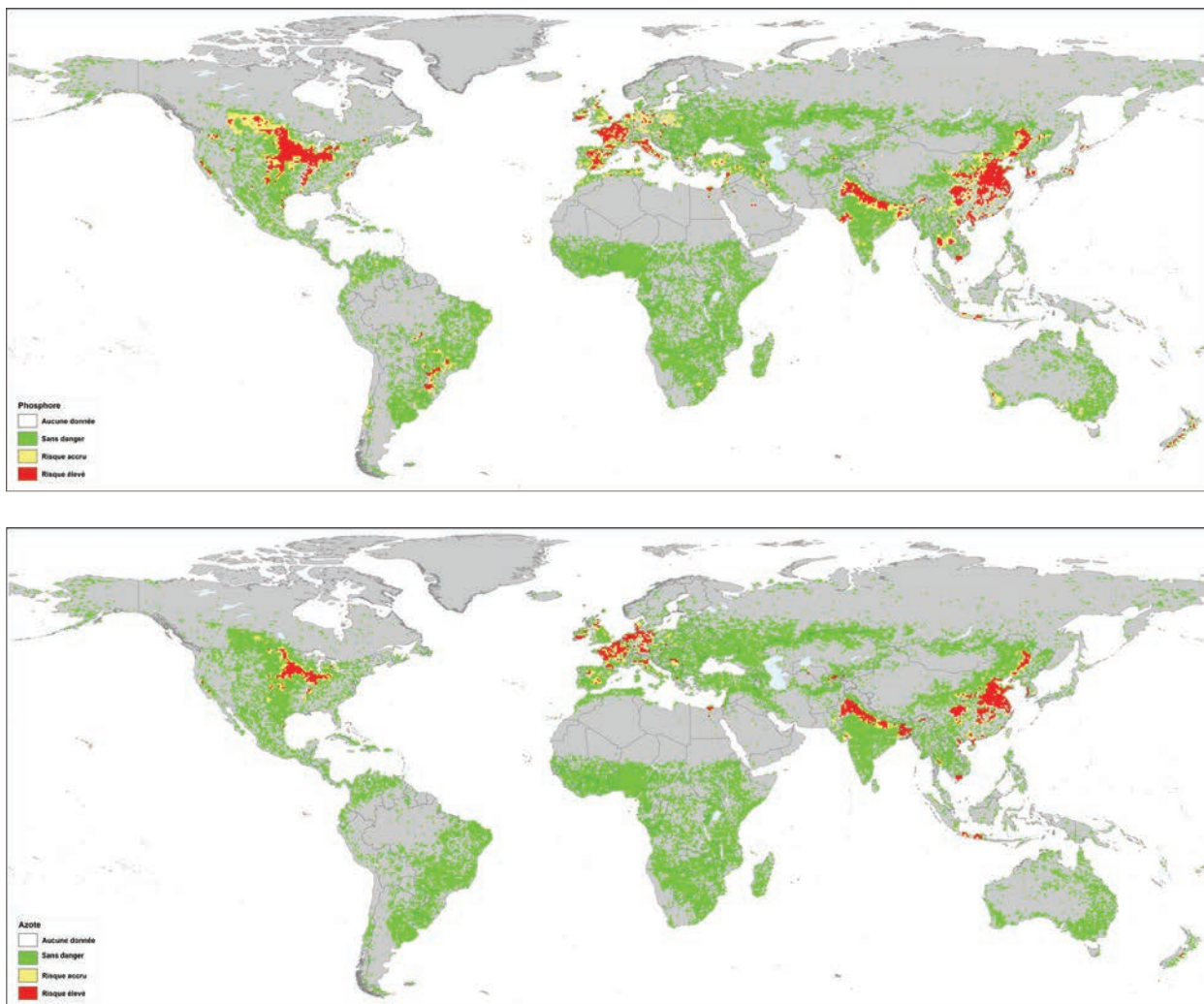
sauvage et l'aquaculture intensive ont des effets néfastes sur les écosystèmes marins et terrestres (voir le chapitre 7).

Les pressions actuelles du système alimentaire mondial sur l'environnement sont insoutenables, mais pour répondre à la demande prévue en 2050, avec les niveaux d'efficacité actuels, la production agricole mondiale devrait croître de 50 % par rapport à 2013 (FAO, 2017a), alors qu'on prévoit un taux de croissance de 100 à 110 % de la demande mondiale de cultures au cours de la même période (Tilman *et al.*, 2011). Les flux d'azote et de phosphore dans la biosphère et les océans excèdent déjà les niveaux mondiaux durables (figure 4.13) (Steffen *et al.*, 2015). En ce qui concerne les trajectoires actuelles, les émissions agricoles sont incompatibles avec une cible de 2 °C. Des mesures visant à réduire le volume et l'intensité des émissions agricoles, la quantité de déchets alimentaires et, surtout, la part des produits animaux dans les régimes alimentaires seront nécessaires pour réaliser l'objectif de l'Accord de Paris (Bajželj *et al.*, 2014 ; Hedenus, Wirsenius et Johansson, 2014 ; ONU, 2015b). À l'échelle mondiale, des régimes alimentaires à faible teneur en produits animaux et à forte teneur en fruits, en légumes, en légumineuses, en céréales complètes et en noix sont nécessaires pour réaliser les objectifs environnementaux et nutritionnels (Springmann *et al.*, 2018), bien que les exigences

particulières en matière de changement de régime alimentaire varient selon le contexte national.

Le système alimentaire est très vulnérable aux pressions qu'il exerce sur les services écosystémiques. La perte d'habitat porte atteinte aux services des pollinisateurs, ce qui a des implications pour des cultures importantes pour la nutrition humaine (Vanbergen, 2013 ; Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques, 2016). La dégradation des sols fait baisser le rendement des cultures, et les taux d'abandon des terres agricoles découlant de cette dégradation semblent avoir augmenté (Gibbs et Salmon, 2015 ; Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, 2017). L'on estime que les températures contribuent à la baisse des rendements des cultures plutôt qu'à leur amélioration dans certaines régions, en particulier en ce qui concerne le blé et le maïs (Asseng *et al.*, 2014 ; Porter *et al.*, 2014 ; Moore et Lobell, 2015 ; Schauberg *et al.*, 2017). Cette tendance est susceptible d'avoir un effet néfaste croissant sur l'agriculture, en particulier dans les pays en développement situés à faible latitude, bien que certaines régions tempérées puissent bénéficier à moyen terme de la hausse des températures et de l'allongement des saisons de culture, si les caractéristiques des

Figure 4.13 : Répartition régionale et état actuel des variables de contrôle des flux biogéochimiques : A) de phosphore; B) d'azote



Source : Steffen *et al.* (2015).

sols et de l'eau sont idoines (Deryng *et al.*, 2014 ; Porter *et al.*, 2014 ; Zhao *et al.*, 2017). La rareté de l'eau pourrait limiter la capacité de l'expansion de l'irrigation à contrer les menaces climatiques qui pèsent sur le rendement des cultures. En fait, d'ici la fin du siècle, elle pourrait provoquer un retour à l'agriculture pluviale dans un certain nombre de régions productrices de cultures importantes, entraînant d'autres conséquences pour la production agricole (Elliott *et al.*, 2013). La surexploitation met en péril les eaux souterraines dans plusieurs grands aquifères essentiels à l'agriculture (Gleeson *et al.*, 2012).

4.5 Conclusions

La présente évaluation GEO-6 offre la possibilité d'identifier des questions transversales servant de points d'entrée pour mieux comprendre l'état de l'environnement mondial. En explorant les 12 questions transversales et leurs corrélations avec les thèmes du système terrestre, le rapport GEO peut montrer en quoi les recoupements et les interactions entre les enjeux nécessiteront des solutions synergiques pour parvenir à un véritable changement en profondeur.





Références

- Abarca-Gómez, L., Abdeen, Z.A., Hamid, Z.A., Abu-Rmeileh, N.M., Acosta-Cazares, B., Acuin, C. et al. (2017). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: A pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *The Lancet* 390(10113), 2627-2642. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32129-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32129-3)
- AbuZaid, K., Elrawady, M., CEDARE et Conseil arabe de l'eau (2014). *2nd Arab State of the Water Report 2012*. http://www.arabwatercouncil.org/images/Publications/Arab_state/2nd_Arab_State_of_the_Water_Report.pdf
- Achterberg, E.P. (2014). Grand challenges in marine biogeochemistry. *Frontiers in Marine Science* 1(7), 1-5. <https://doi.org/10.3389/fmars.2014.00007>
- Adger, W.N., Pulhin, J.M., Barnett, J., Dabelko, G.D., Hovelsrud, G.K., Levy, M. et al. (2014). Human security. Dans Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Billir, T.E. et al. (dir.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. Chapitre 12. 755-791. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap12_FINAL.pdf
- Administration nationale des océans et de l'atmosphère (2017). *2016 Marks Three Consecutive Years of Record Warmth for the Globe*. Administration nationale des océans et de l'atmosphère. <http://www.noaa.gov/stories/2016-marks-three-consecutive-years-of-record-warmth-for-globe>
- Administration nationale des océans et de l'atmosphère (2018). *2017 Was 3rd Warmest Year on Record for the Globe*. <http://www.noaa.gov/news/noaa-2017-was-3rd-warmest-year-on-record-for-globe>
- Agarwal, B. (2010). *Gender and Green Governance: The Political Economy of Women's Presence within and beyond Community Forestry*. Oxford: Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/gender-and-green-governance-9780199569687?cc-ke&lang=en&#>
- Agarwal, B. (2015). The power of numbers in gender dynamics: Illustrations from community forestry groups. *The Journal of Peasant Studies* 42(1), 1-20. <https://doi.org/10.1080/03066150.2014.936007>
- Agence européenne des produits chimiques (2018). *Substance Register*. <https://echa.europa.eu/it/information-on-chemicals/registered-substances>
- Agence internationale de l'énergie (2015). *World Energy Outlook 2015*. Paris. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2015>
- Agence internationale de l'énergie (2016). *World Energy Outlook 2016*. Paris. <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2016>
- Agence internationale de l'énergie (2018). *Statistics*. <https://www.iea.org/statistics/?country=WORLD&year=2016&category=Key%20indicators&indicator=TPEStySource&mode=chart&categoryBrowse=false&dataTable=ANALCES&showDataTable=false>
- Agence internationale pour les énergies renouvelables (2015). *Renewable Power Generation Costs in 2014*. Abou Dhabi. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf
- Aguilar, L., Granat, M. et Owren, C. (2015). *Roots for the Future: The Landscape and Way Forward on Gender and Climate Change*. Washington: International Union for Conservation of Nature and Global Gender Office. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2015-039.pdf>
- Aguirre-Bielschowsky, I., Lawson, R., Stephenson, J. et Todd, S. (2015). Energy literacy and agency of New Zealand children. *Environmental Education Research* 23(6), 832-854. <https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1054267>
- Akenji, L., Bengtsson, M., Bleischwitz, R., Tukker, A. et Schandl, H. (2016). Ossified materialism: Introduction to the special volume on absolute reductions in materials throughput and emissions. *Journal of Cleaner Production* 132, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.071>
- Alexander, P., Brown, C., Armeth, A., Finnigan, J., Moran, D. et Rounsevell, M.D.A. (2017). Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agricultural Systems* 153, 190-200. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.014>
- Allegrì, M., Bianchi, M.G., Chiu, M., Varet, J., Costa, A.L., Ortelli, S. et al. (2016). Shape-related toxicity of titanium dioxide nanofibres. *PLoS One* 11(3), e0151365. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151365>
- Alsos, I.G., Ehrlich, D., Seidenkrantz, M.S., Bennike, O., Kirchhefer, A.J. et Geirsdottir, A. (2016). The role of sea ice for vascular plant dispersal in the Arctic. *Biological Letters* 12(9). <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2016.0264>
- Amundson, R., Berhe, A.A., Hopmans, J.W., Olson, C., Sztein, A.E. et Sparks, D.L. (2015). Soil and human security in the 21st century. *Science* 348(6235), 1261071. <https://doi.org/10.1126/science.1261071>
- Andrew, R. (2014). *Socio-economic Drivers of Change in the Arctic. AMAP Technical Report No. 9*. Oslo: Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique. <https://www.amap.no/documents/download/3011>
- Angelsen, A. et Dokken, T. (2018). Climate exposure, vulnerability and environmental reliance: A cross-section analysis of structural and stochastic poverty. *Environment and Development Economics* 23(3), 257-278. <https://doi.org/10.1017/S1355770X18000013>
- Armeth, A., Sitch, S., Pongratz, J., Stocker, B.D., Ciais, P., Poulter, B. et al. (2017). Historical carbon dioxide emissions caused by land-use changes are possibly larger than assumed. *Nature Geoscience* 10(2), 79-84. <https://doi.org/10.1038/ngeo2882>
- Arrobas, D., Hund, K., McCormick, M., Ningthoujam, J. et Drexhage, J. (2017). *The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future*. Washington: Groupe de la Banque mondiale. <http://documents.banquemondiale.org/curated/fr/207371500386458722/pdf/117581-WP-P159838-PUBLIC-ClimateSmartMining-July.pdf>
- Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R.P., Lobell, D.B., Cammarano, D. et al. (2014). Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change* 5(2), 143-147. <https://www.nature.com/articles/nclimate2470>
- Association internationale des déchets solides (2016). *A Roadmap for Closing Waste Dumpsites: The World's Most Polluted Places*. Vienne. https://www.iswa.org/fileadmin/galleries/About%20ISWA/ISWA_Roadmap_Report.pdf
- Ayres, J.G., Harrison, R.M., Nichols, G.L. et Maynard, R.L. (dir.) (2010). *Environmental Medicine*. Londres: CRC Press. <https://www.crcpress.com/Environmental-Medicine/Ayres-Harrison-Nichols-Maynard-CBE/p/book/9780340946565>
- Bajželj, B., Richards, K.S., Allwood, J.M., Smith, P., Dennis, J.S., Curmi, E. et al. (2014). Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change* 4, 924-929. <https://doi.org/10.1038/nclimate2353>
- Balke, V., Evans, S., Rabbiosi, L. et Monnery, A. et al. (2017). Promoting circular economies. Dans Altenburg, T. et Assmann, C. (dir.). *Green Industrial Policy: Concept, Policies, Country Experiences*. Nairobi: Programme des Nations Unies pour l'environnement. Chapitre 8. 120-133. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22277/Green_industrial_policy.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bamber, J.L., Westaway, R.M., Marzeion, B. et Wouters, B. (2018). The land ice contribution to sea level during the satellite era. *Environmental Research Letters* 13(6), 063008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac210>
- Barnes, D.K., Walters, A. et Gonçalves, L. (2010). Macroplastics at sea around Antarctica. *Marine Environmental Research* 70(2), 250-252. <https://www.doi.org/10.1016/j.marenvres.2010.05.006>
- Barrows, A.P.W., Cathey, S.E. et Petersen, C.W. (2018). Marine environment microfiber contamination: Global patterns and the diversity of microparticle origins. *Environmental Pollution* 237, 275-284. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.062>
- Barth, M. et Rieckmann, M. (2016). State of the art in research on higher education for sustainable development. Dans Barth, M., Michelsen, G., Thomas, I. et Rieckmann, R. (dir.). *Routledge Handbook of Higher Education for Sustainable Development*. Londres: Routledge. Chapitre 7. 100-113. <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781317918110/chapters/10.4324%2F9781315852249-18>
- Bernhardt, E.S., Rossi, E.J. et Gessner, M.O. (2017). Synthetic chemicals as agents of global change. *Frontiers in Ecology and the Environment* 15(2), 84-90. <https://doi.org/10.1002/fee.1450>
- Bettencourt, L.M.A. (2013). The origins of scaling in cities. *Science* 340(6139), 1438-1441. <https://doi.org/10.1126/science.1235823>
- Biberhofer, P., Lintner, C., Bernhardt, J. et Rieckmann, M. (2018). Facilitating work performance of sustainability-driven entrepreneurs through higher education: The relevance of competencies, values, worldviews and opportunities. *The International Journal of Entrepreneurship and Innovation*. <https://doi.org/10.1177/1465750318755881>
- Bliss, A., Hock, R. et Radić, V. (2014). Global response of glacier runoff to twenty-first century climate change. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 119(4), 717-730. <https://doi.org/10.1002/2013.JF002931>
- Bouwman, L., Goldewijk, K.K., Van Der Hoek, K.W., Beusen, A.H.W., Van Vuuren, D.P., Willems, J. et al. (2013). Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900-2050 period. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(52), 21195-21196. <https://doi.org/10.1073/pnas.101287108>
- Bradshaw, S. et Fordham, M. (2015). Double disaster: Disaster through a gender lens. In *Hazards, Risks and Disasters in Society*. Londres: Elsevier. 233-251. <http://nrl.northumbria.ac.uk/21075/>
- Brouwer M. (2018). *Progress in Pesticide Exposure Assessment: The Case of Parkinson's Disease in the Netherlands*. Université D'Utrecht. <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/361292>
- Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. et al. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks. *Environmental Science & Technology* 45(21), 9175-9179. <https://www.doi.org/10.1021/es201811s>
- Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe (2014). *The Economic and Human Impact of Disasters in the Last Ten Years*. <https://www.unisdr.org/files/42862economichumanimpact20052014unisdr.pdf>
- Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. http://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf
- Government Office for Science (Royaume-Uni) (2011). *Migration and Global Environmental Change: Future Challenges and Opportunities*. Londres. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/288793/11-117-migration-global-environmental-change-scenarios.pdf
- Buse, C.G., Oestreicher, J.S., Ellis, N.R., Patrick, R., Brisbois, B., Jenkins, A.P. et al. (2018). Public health guide to field developments linking ecosystems, environments and health in the Anthropocene. *Journal of Epidemiology and Community Health* 72(5), 420-425. <http://dx.doi.org/10.1136/jech-2017-210082>
- Caldeira, K. et Wickett, M.E. (2003). Oceanography: Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature* 425(6956), 365. <https://doi.org/10.1038/425365a>
- Carpenter, S.R. et Bennett, E.M. (2011). Reconsideration of the planetary boundary for phosphorus. *Environmental Research Letters* 6(1), 014009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/1/014009>
- Centre de recherche sur l'épidémiologie des catastrophes (2017). *EM-DAT: The International Disaster Database*. Centre for Research on the Epidemiology of Disaster. <http://www.emdat.be/database>
- Centre de suivi des déplacements internes (2017). *GRID 2017: Global Report on Internal Displacement*. Centre de suivi des déplacements internes et Conseil norvégien pour les réfugiés. <http://www.internal-displacement.org/global-report/grid2017/pdfs/2017-GRID.pdf>
- Centre national de données sur la neige et la glace (États-Unis) (2017). *Arctic Sea Ice 2017: Tapping the Brakes in September*. *National Snow and Ice Data Center*. <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2017/10/>
- Challinor, A.J., Watson, J., Lobell, D.B., Howden, S.M., Smith, D.R. et Chhetri, N. (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change* 4, 287-291. <https://doi.org/10.1038/nclimate2153>
- Chang, K.M., Hess, J.J., Balbus, J.M., Buonocore, J.J., Cleveland, D.A., Grabow, M.L. et al. (2017). Ancillary health effects of climate mitigation scenarios as drivers of policy uptake: A review of air quality, transportation and diet co-benefits modeling studies. *Environmental Research Letters* 12(11), 113001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aab87b>
- Chattopadhyay, R. et Dufo, E. (2004). Women as policy makers: Evidence from a randomized policy experiment in India. *Econometrica* 72(5), 1409-1443. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2004.00539.x>
- Chiwona-Karltun, L., Kimanzi, N., Clendenning, J., Lodin, J.B., Ellingson, C., Lidestav, G. et al. (2017). What is the evidence that gender affects access to and use of forest assets for food security? A systematic map protocol. *Environmental Evidence* 6(2). <https://doi.org/10.1186/s13750-016-0080-9>
- Ciacci, L., Reck, B.K., Nassar, N.T. et Graedel, T.E. (2015). Lost by design. *Environmental Science & Technology* 49(16), 9443-9451. <https://doi.org/10.1021/es505515z>
- Cincinelli, A., Scopetani, C., Chelazzi, D., Lombardini, E., Martellini, T., Katsyoniannis, A. et al. (2017). Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): Occurrence, distribution and characterization by FTIR. *Chemosphere* 175, 391-400. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.024>
- Cohen, A.J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H.R., Frostad, J., Estep, K. et al. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet* 389(10082), 1907-1918. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6)



Commission européenne (2015). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Closing the loop – An EU action plan for the circular economy. COM/2015/0614 Final. Bruxelles. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>.

Conseil mondial de l'énergie (2016). *World Energy Trilemma 2016: Defining Measures to Accelerate the Energy Transition*. Londres. <https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-trilemma-2016-defining-measures-to-accelerate-the-energy-transition>.

Conservation de la flore et de la faune arctiques et Groupe de travail sur la protection de l'environnement marin arctique (2017). *Arctic Invasive Alien Species: Strategy and Action Plan 2017*. Akureyn. https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/uploads/arias-27april2017_web.pdf.

Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (2017). *Regards et perspectives sur les terres du monde*. Bonn. https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/GLO%20French_Full_Report_rev1.pdf.

Cook, B.I., Smerdon, J.E., Seager, R. et Coats, S. (2014). Global warming and 21st century drying. *Climate Dynamics* 43(9-10), 2607-2627. <https://doi.org/10.1007/s00382-014-2075-y>.

Copeland, C. et Carter, N.T. (2017). *Energy-Water Nexus: The Water Sector's Energy Use*. Congressional Research Service. <https://fas.org/sgp/crs/misc/R43200.pdf>.

Cordell, D. et Niset, T. (2014). Phosphorus vulnerability: A qualitative framework for assessing the vulnerability of national and regional food systems to the multi-dimensional stressors of phosphorus scarcity. *Global Environmental Change* 24, 108-122. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.11.005>.

Coutts, C. et Hahn, M. (2015). Green infrastructure, ecosystem services, and human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12(8), 9768-9798. <https://doi.org/10.3390/ijerph12089768>.

Crowson, P. (2012). Some observations on copper yields and ore grades. *Resources Policy* 37(1), 59-72. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2011.12.004>.

Dankelman, I. (2016). *Action Not Words: Confronting Gender Equality through Climate Change Action and Disaster Risk Reduction in Asia. An Overview of Progress in Asia with Evidence from Bangladesh, Cambodia and Viet Nam*. Aipira, C., Kidd, A., Reggers, A., Fordham, M., Shreve, C. et Burnett, A. (dir.) Entité des Nations Unies pour l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes. http://www2.unwomen.org/-/media/field%20office%20asia/docs/publications/2017/04/ccdr_130317_s.pdf?la=en&vs=5239.

Dankelman, I. et Davidson, J. (1988). *Women and the Environment in the Third World: Alliance for the Future*. 1^{re} éd. Londres: Earthscan.

Deng, H.-M., Liang, Q.-M., Liu, L.-J. et Anadon, L.D. (2018). Co-benefits of greenhouse gas mitigation: A review and classification by type, mitigation sector, and geography. *Environmental Research Letters* 12(12), 123001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa98d2>.

Deryng, D., Conway, D., Ramankutty, N., Price, J. et Warren, R. (2014). Global crop yield response to extreme heat stress under near multiple climate change futures. *Environmental Research Letters* 9(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/034011>.

Diamond, M.L., de Wit, C.A., Molander, S., Scheringer, M., Backhaus, T., Lohmann, R. et al. (2015). Exploring the planetary boundary for chemical pollution. *Environment International* 78, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.02.001>.

Disaster Displacement (2017). *Platform on Disaster Displacement*. <https://disasterdisplacement.org/>.

Dodds, K. (2010). A polar Mediterranean? Accessibility, resources and sovereignty in the Arctic Ocean. *Global Policy* 1(3), 303-311. <https://doi.org/10.1111/j.1758-5899.2010.00038.x>.

Doney, S.C., Fabry, V.J., Feely, R.A. et Kleypas, J.A. (2009). Ocean acidification: The other CO₂ problem. *Annual Review of Marine Science* 1, 169-192. <https://doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163834>.

Doss, C. (2014). Data needs for gender analysis in agriculture. Dans Quisumbing, A.R., Meinzen-Dick, R., Raney, T.L., Croppenstedt, A., Behrman, J.A. et Peterman, A. (dir.). *Gender in Agriculture: Closing the Knowledge Gap*. Dordrecht: Springer. 55-68. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-017-8616-4>.

Duan, H., Li, J. et Liu, G. (2017). Developing countries: Growing threat of urban waste dumps. *Nature* 546(7660), 599-599. <https://doi.org/10.1038/546599b>.

Dunne, J.P., Stouffer, R.J. et John, J.G. (2013). Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming. *Nature Climate Change* 3(3), 563-566. <https://doi.org/10.1038/nclimate1827>.

Eastin, J. (2016). Hell and high water: Precipitation shocks and conflict violence in the Philippines. *Political Geography* 63, 116-134. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2016.12.001>.

Ellen MacArthur Foundation (2012). *Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol-1.pdf>.

Elliott, J., Deryng, D., Müller, C., Frieler, K., Konzmann, M., Gerten, D. et al. (2013). Constraints and potentials of future irrigation water availability on agricultural production under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(9), 3239-3244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222471110>.

Entité des Nations Unies pour l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes (2014). *World Survey on the Role of Women in Development 2014: Gender Equality and Sustainable Development*. New York. <https://gest.unu.edu/static/files/world-survey-on-the-role-of-women-in-development-2014.pdf>.

Entité des Nations Unies pour l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes (2015). *Progress of the World's Women 2015-2016: Transforming Economies, Realizing Rights*. New York. http://progress.unwomen.org/en/2015/pdf/UNW_progressreport.pdf.

Fabry, V.J., Seibel, B.A., Feely, R.A. et Orr, J.C. (2008). Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Journal of Marine Science* 65(3), 414-432. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn048>.

Fehr, R., Mekel O.C.L., Hurley, J.F. et Mackenbach, J.P. (2016). Health impact assessment: A survey of quantifying tools. *Environmental Impact Assessment Review* 57, 178-186. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2016.01.001>.

Feng, H. et Zhang, M. (2015). Global land moisture trends: Drier in dry and wetter in wet over land. *Scientific Reports* 5(18018), 1-6. <https://doi.org/10.1038/srep18018>.

Ferrario, C., Finizio, A. et Villa, S. (2017). Legacy and emerging contaminants in meltwater of three Alpine glaciers. *Science of the Total Environment* 574, 350-357. <https://www.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.067>.

Finley, R.L., Collignon, P., Larsson, D.G.J., McEwen, S.A., Li, X.Z., Gaze, W.H. et al. (2013). The scourge of antibiotic resistance: The important role of the environment. *Clinical Infectious Diseases* 57(5), 704-710. <https://doi.org/10.1093/cid/cit355>.

Floro, M.S. et Willoughby, J. (2016). Feminist economics and the analysis of the global economy: The challenge that awaits us. *The Fletcher Forum of World Affairs* 40(2), 15-27. https://static1.squarespace.com/static/579fc2ad725e253a86230610/157ec6a1d5016e1636a21dcad/1475111454239/FletcherForum_Sum16_40-2_15-27_Floro_WILLOUGHBY.pdf.

Fonds des Nations Unies pour l'enfance (2018). *Primary Education*. <https://data.unicef.org/topic/education/primary-education/>.

Fonds des Nations Unies pour l'enfance et Organisation mondiale de la Santé (2017). *Safely Managed Drinking Water*. Genève. https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2017/03/safely-managed-drinking-water_JMP-2017-1.pdf.

Francis, J.A., Vavrus, S.J. et Cohen, J. (2017). Amplified Arctic warming and mid-latitude weather: New perspectives on emerging connections. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 8(5), e474. <https://doi.org/10.1002/wcc.474>.

Frey, K.E., Comiso, J.C., Cooper, L.W., Gradinger, R.R., Grebmeier, J.M. et Tremblay, J.-F. (2016). Arctic Ocean primary productivity. *Arctic Report Card: Update for 2016*. Arctic Program. <http://arctic.noaa.gov/Report-Card/Report-Card-2016/ArtMid/5022/ArticleID/284/Arctic-Ocean-Primary-Productivity>.

Gardner, T. (2017). Ethiopia's deadly rubbish dump landslides sparks landrights battle. *Reuters*, 3 mai. <https://www.reuters.com/article/us-ethiopia-landslide-landrights/ethiopias-deadly-rubbish-dump-landslide-sparks-landrights-battle-idUSKBN177106>.

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J. et al. (2013). *Tackling Climate Change through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities*. Rome: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf>.

Ghisellini, P., Cialani, C. et Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production* 114, 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.

Gibbs, H.K. et Salmon, J.M. (2015). Mapping the world's degraded lands. *Applied Geography* 57, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.024>.

Glasser, H. et Hirsh, J. (2016). Toward the development of robust learning for sustainability core competencies. *Sustainability: The Journal of Record* 9(3), 121-134. <https://doi.org/10.1089/SUS.2016.29054.hg>.

Glatzer, W., Camfield, L., Møller, V. et Rojas, M. (dir.) (2015). *Global Handbook of Quality of Life: Exploration of Well-Being of Nations and Continents*. Dordrecht: Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9789401791779>.

Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M.F.P. et van Beek, L.P.H. (2012). Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Nature* 488(7410), 197-200. <https://doi.org/10.1038/nature11295>.

Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition (2016). *Food Systems and Diets: Facing the Challenges of the 21st Century*. Londres. <http://glopan.org/sites/default/files/ForesightReport.pdf>.

Gore, A.C., Chappell, V.A., Fenton, S.E., Flaws, J.A., Nadal, A., Prins, G.S. et al. (2015). Executive summary to EDC-2: The Endocrine Society's second scientific statement on endocrine-disrupting chemicals. *Endocrine Reviews* 36(6), 593-602. <https://doi.org/10.1210/er.2015-1093>.

Graedel, T.E., Harper, E.M., Nassar, N.T. et Reck, B.K. (2015). On the materials basis of modern society. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(20), 6295-6300. <https://www.doi.org/10.1073/pnas.1312752110>.

Greiller, J., White, M.P., Albin, M., Bell, S., Elliott, L.R., Gascón, M. et al. (2017). BlueHealth: A study programme protocol for mapping and quantifying the potential benefits to public health and well-being from Europe's blue spaces. *BMJ Open* 7(6), e016188. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016188>.

Grenni, P., Ancona, V. et Caracciolo, A.B. (2018). Ecological effects of antibiotics on natural ecosystems: A review. *Microchemical Journal* 136, 25-39. <https://www.doi.org/10.1016/j.microc.2017.02.006>.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M.M.B., Allen, S.K., Boschung, J. et al. (dir.). Cambridge: Cambridge University Press. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_FINAL_FULL.pdf.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bliir, T.E., Chatterjee, M. et al. (dir.). Cambridge: Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2018). *Global Warming of 1.5°C*. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>.

Haines, A. (2017). Health co-benefits of climate action. *The Lancet Planetary Health* 1(1), e4-e5. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30003-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30003-7).

Hamscher, G. et Bachour, G. (2018). Veterinary drugs in the environment: Current knowledge and challenges for the future. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 66(4), 751-752. <https://www.doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05601>.

Hanjra, M.A. et Qureshi, M.E. (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy* 35(5), 365-377. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.05.006>.

Harcourt, W. et Nelson, I.L. (dir.) (2015). *Practising Feminist Political Ecologies: Moving beyond the «Green Economy»*. Chicago: University of Chicago Press. <http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/distributed/P/bo20504936.html>.

Harper, S., Grubb, C., Stiles, M. et Sumaila, U.R. (2017). Contributions by women to fisheries economies: Insights from five maritime countries. *Coastal Management* 45(2), 91-106. <https://doi.org/10.1080/08920753.2017.1278143>.

Harper, S., Zeller, D., Hauzer, M., Pauly, D. et Sumaila, U.R. (2013). Women and fisheries: Contribution to food security and local economies. *Marine Policy* 39, 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.10.018>.

Harris, G.L.A. (2011). The quest for gender equity. *Public Administration Review* 71(1), 123-126. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2010.02315.x>.

Hassell, J.M., Begon, M., Ward, M.J. et Fèvre, E.M. (2017). Urbanization and disease emergence: Dynamics at the wildlife-livestock-human interface. *Trends in Ecology & Evolution* 32(1), 55-67. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.09.012>.

Haustein, K., Allen, M.R., Forster, P.M., Otto, F.E.L., Mitchell, D.M., Matthews, H.D. et al. (2017). A real-time global warming index. *Scientific Reports* 7(15417). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14828-5>.

Hedenus, F., Wirsén, S. et Johansson, D.J.A. (2014). The importance of reduced meat and dairy consumption for meeting stringent climate change targets. *Climatic Change* 124(1-2), 79-91. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1104-5>.

Herrero, M., Thornton, P.K., Power, B., Bogard, J.R., Remans, R., Fritz, S. et al. (2017). Farming and the geography of nutrient production for human use: A transdisciplinary analysis. *The Lancet Planetary Health* 1(1), e33-e42. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30007-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30007-4).

Hopkins, C. (2015). Beyond the decade: The global action program for education for sustainable development. *Applied Environmental Education and Communication* 14(2), 132-136. <https://doi.org/10.1080/1533015X.2015.1016860>.



- Horton, B.P., Rahmstorf, S., Engelhart, S.E. et Kemp, A.C. (2014). Expert assessment of sea-level rise by AD 2100 and AD 2300. *Quaternary Science Reviews* 84, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.11.002>.
- Hudson-Edwards, K. (2016). Tackling mine wastes. *Science* 35(6283), 288-290. <https://doi.org/10.1126/science.aaf3354>.
- International Resource Panel (2017). *Green Technology Choices: The Environmental and Resource Implications of Low-Carbon Technologies. A Report of the International Resource Panel*. Suh, S., Bergesen, J., Gibon, T.J., Hertwich, E. et Taptich M. (dir.). Nairobi: Programme des Nations Unies pour l'environnement. <http://www.resourcepanel.org/reports/green-technology-choices>.
- Isobe, A., Uchiyama-Matsumoto, K., Uchida, K. et Tokai, T. (2017). Microplastics in the southern ocean. *Marine Pollution Bulletin* 114(1), 623-626. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.037>.
- Ivar do Sul, J.A. et Costa, M.F. (2013). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution* 185, 352-364. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036>.
- Jackson, T. et Senker, P. (2011). Prosperity without growth: Economics for a finite planet. *Energy & Environment* 22(7), 1013-1016. <https://doi.org/10.1260/0958-305X.22.7.1013>.
- Jägerskog, A., Clausen, T.J., Holmgren, T. et Lexén, K. (2014). *Energy and Water: The Vital Link for a Sustainable Future*. Stockholm: Stockholm International Water Institute. <https://www.swwi.org/publications/energy-and-water-the-vital-link-for-a-sustainable-future/>.
- Jamieson, A.J., Malkocs, T., Piertney, S.B., Fujii, T. et Zhang, Z. (2017). Bioaccumulation of persistent organic pollutants in the deepest ocean fauna. *Nature Ecology & Evolution* 1. <https://doi.org/10.1038/s41559-016-0051>.
- Jerneck, A. (2018). What about gender in climate change? Twelve feminist lessons from development. *Sustainability* 10(3), 627. <https://doi.org/10.3390/su10030627>.
- Jiménez Cisneros, B.E., Oki, T., Arnell, N.W., Benito, G., Cogley, J.G., Döll, P. et al. (2014). Freshwater resources. Dans Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bliir, T.E. et al. (dir.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. Chapitre 3, 229-269. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/07/WGIAR5-Chap3_FINAL.pdf.
- Kabir, E.R., Rahman, M.S. et Rahman, I. (2015). A review on endocrine disruptors and their possible impacts on human health. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 40(1), 241-258. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.06.009>.
- Kaltenborn, B.P., Nellemann, C. et Vistnes, I.I. (dir.) (2010). *High Mountain Glaciers and Climate Change: Challenges to Human Livelihoods and Adaptation*. Programme des Nations Unies pour l'environnement et GRID-Arendal. <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8101/-/High%20mountain%20glaciers%20and%20climate%20change%20-%20%20Challenges%20to%20human%20livelihoods%20and%20adaptation%20101128.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- Karatzoglou, B. (2013). An in-depth literature review of the evolving roles and contributions of universities to education for sustainable development. *Journal of Cleaner Production* 49, 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.043>.
- Khatiwala, S., Tanhua, T., Fletcher, S.M., Gerber, M., Doney, S.C., Graven, H.D. et al. (2013). Global ocean storage of anthropogenic carbon. *Biogeosciences* 10 (4), 2169-2191. <https://doi.org/10.5194/bg-10-2169-2013>.
- Kok, M., Alkemade, R., Bakkenes, M., Boelee, E., Christensen, V., van Eerd, M. et al. (2014). *How Sectors Can Contribute to Sustainable Use and Conservation of Biodiversity*. CBD Technical Series No 79. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-79-en.pdf>.
- Koralagama, D., Gupta, J. et Pouw, N. (2017). Inclusive development from a gender perspective in small scale fisheries. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 24, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.coesust.2016.09.002>.
- Kosoy, N., Brown, P.G., Bosselmann, K., Duraipappah, A., Mackey, B., Martinez-Alier, J. et al. (2012). Pillars for a flourishing Earth: Planetary boundaries, economic growth delusion and green economy. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4(1), 74-79. <https://doi.org/10.1016/j.coesust.2012.02.002>.
- Krausmann, F., Schandl, H., Eisenmenger, N., Giljum, S. et Jackson, T. (2017). Material flow accounting: Global material use for sustainable development. *Annual Review of Environment and Resources* 42, 647-675. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060726>.
- Kundzewicz, Z.W., Kanae, S., Seneviratne, S.I., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P. et al. (2014). Flood risk and climate change: Global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal* 59(1), 1-28. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.857411>.
- Lafferty, K.D. (2009). The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology* 90(4), 888-900. <https://doi.org/10.1890/08-0079.1>.
- Lambeth, L., Hanchard, B., Aslin, H., Fay-Sauni, L., Tuara, P., Rochers, K.D. et al. (2014). An overview of the involvement of women in fisheries activities in Oceania. Dans Williams, M.J., Chao, N.H., Choo, P.S., Matics, K., Nandeesha, M.C., Shariff, M. et al. (dir.). *Global Symposium on Women in Fisheries*. Penang: ICLARM – The World Fish Center. 127-142. http://pubs.iclarm.net/Pubs/Wif/wifglobal/wifg_oceania.pdf.
- Landrihan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, N.N., Baldé, A.B. et al. (2017). The Lancet Commission on Pollution and Health. *The Lancet* 391(10119), 1-57. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0).
- Leach, N.J., Millar, R.J., Haustein, K., Jenkins, S., Graham, E. et Allen, M.R. (2018). Current level and rate of warming determine emissions budgets under ambitious mitigation. *Nature Geoscience* 11(8), 574-579. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0156-y>.
- Legere, L. (2016). State seismic network helps tell fracking quakes from natural ones. *Pittsburgh Post-Gazette*, 25 juin. <http://powersource.post-gazette.com/powersource/policy/powersource/2016/06/26/State-seismic-network-helps-tell-fracking-quakes-from-natural-ones/stories/201606210014>.
- Leoni, B. (2012). *Japan Quake Took Toll on Women and Elderly*. Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe. <https://www.unisdr.org/archive/25598>.
- Levitus, S., Antonov, J.I., Boyer, T.P., Baranova, O.K., Garcia, H.E., Locarnini, R.A. et al. (2012). World ocean heat content and thermocline sea level change (0-2000 m), 1955-2010. *Geophysical Research Letters* 39(10), 1-5. <https://doi.org/10.1029/2012GL051106>.
- Lewandowski, J., Meinikmann, K., Nützmann, G. et Rosenberry, O. (2015). Groundwater: The disregarded component in lake water and nutrient budgets. Part 2: Effects of groundwater on nutrients. *Hydrological Processes* 29(13), 2922-2955. <https://doi.org/10.1002/hyp.10384>.
- Lindahl, J.F. et Grace, D. (2015). The consequences of human actions on risks for infectious diseases: A review. *Infection Ecology & Epidemiology* 5(1). <https://doi.org/10.3402/iee.v5.30048>.
- Loebel, D.B. et Gourdji, S.M. (2012). The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiology* 160(4), 1686-1697. <https://doi.org/10.1104/pp.112.208298>.
- Loebel, D.B., Schlenker, W. et Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science* 333(6042), 616-620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>.
- Lotz-Sisitka, H., Wals, A.E.J., Kronlid, D. et McGarry, D. (2015). Transformative, transgressive social learning: Rethinking higher education pedagogy in times of systemic global dysfunction. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 16, 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.coesust.2015.07.018>.
- Lozano, R., Ceulemans, K., Alonso-Almeida, M., Huisings, D., Lozano, F.J., Waas, T. et al. (2015). A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: Results from a worldwide survey. *Journal of Cleaner Production* 108(Part A), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.048>.
- Lucard, M., Jaquemot, I. et Carpentier, B. (2011). Out of sight, out of mind. *The Magazine of the International Red Cross and Red Crescent Movement*. http://www.redcross.int/EN/mag/magazine2011_2/18-23.html.
- MacDonald, G.K., Brauman, K.A., Sun, S., Carlson, K.M., Cassidy, E.S., Gerber, J.S. et al. (2015). Rethinking agricultural trade relationships in an era of globalization. *BioScience* 65(3), 275-289. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu225>.
- Machovina, B., Feeley, K.J. et Ripple, W.J. (2015). Biodiversity conservation: The key is reducing meat consumption. *Science of the Total Environment* 536, 419-431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.022>.
- Magga, O.H., Mathiesen, S.D., Corell, R.W. et Oskal, A. (2009). *Reindeer Herding, Traditional Knowledge, Adaptation to Climate Change and Loss of Grazing Land*. Arctic Council. <https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/43>.
- Maggio, F. (2015). Assessing the subjective wellbeing of nations. Dans Glatzer, W., Camfield, L., Möller, V. et Rojas M. (dir.). *Global Handbook of Quality of Life*. Springer, 803-822. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-9178-6_37.
- Marti, E., Variatza, E. et Balcazar, J.L. (2014). The role of aquatic ecosystems as reservoirs of antibiotic resistance. *Trends in Microbiology* 22(1), 36-41. <https://www.doi.org/10.1016/j.tim.2013.11.001>.
- Mateo-Sagasta, J., Medicott, K., Qadir, M., Q., Raschid-Sally, L., Drechsel, P. et Liebe, J. (2013). *Proceedings of the UN-Water Project on the Safe Use of Wastewater in Agriculture*. Liebe, J. et Ardakanian, R. (dir.). Bonn: UN-Water Decade Programme on Capacity Development (UNW-DPC). http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/62/course/section/29/proceedings-no-11_WEB.pdf.
- McDonald, R.I., Weber, K., Padowski, J., Flörke, M., Schneider, C., Green, P.A. et al. (2014). Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. *Global Environmental Change* 27, 96-105. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.022>.
- McGrath, J.M. et Lobell, D.B. (2013). Regional disparities in the CO₂ fertilization effect and implications for crop yields. *Environmental Research Letters* 8(1), 1-9. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/014054>.
- McKeown, R. (2015). What happened during the UN decade of education for sustainable development? *Applied Environmental Education and Communication* 14(2), 67-69. <https://doi.org/10.1080/1533015X.2014.971979>.
- McLellan, B.C. (2017). The minerals-energy nexus: Past, present and future. Dans Matsumoto, M., Masui, K., Fukushima, S. et Kondoh, S. (dir.). *Sustainability through Innovation in Product Life Cycle Design*. Singapore: Springer, 619-631. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-0471-1_42.
- McMichael, A.J., Powles, J.W., Butler, C.D. et Uauy, R. (2007). Food, livestock production, energy, climate change, and health. *The Lancet* 370(9594), 1253-1263. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61256-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61256-2).
- Met Office (Royaume-Uni) (2018). *Global Surface Temperatures in 2017*. <https://www.metoffice.gov.uk/research/news/2018/global-surface-temperatures-in-2017>.
- Mickelson, M., Kronlid, D.O. et Lotz-Sisitka, H. (2018). Consider the unexpected: Scaling ESD as a matter of learning. *Environmental Education Research*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1429572>.
- Mills, J.E. et Cumming, O. (2016). *The Impact of Water, Sanitation and Hygiene on Key Health and Social Outcomes: Review of Evidence*. Barahman, V. et Poirier, P. (dir.). Sanitation and Hygiene Applied Research for Equity. https://www.unicef.org/wash/files/The_Impact_of_WASH_on_Key_Social_and_Health_Outcomes_Review_of_Evidence.pdf.
- Mindt, L. et Rieckmann, M. (2017). Desarrollo de las competencias para el emprendimiento orientado a la sostenibilidad en la educación superior: una revisión bibliográfica de los métodos de enseñanza y aprendizaje. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria* 29(1), 129-159. <https://www.torrossa.com/en/resources/an/4146380>.
- Monteiro, C.A., Moubarac, J.-C., Cannon, G., Ng, S.W. et Popkin, B. (2013). Ultra-processed products are becoming dominant in the global food system. *Obesity Reviews* 14(2), 21-28. <https://doi.org/10.1111/obr.12107>.
- Moore, F.C. et Lobell, D.B. (2015). The fingerprint of climate trends on European crop yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(9), 2670-2675. <https://doi.org/10.1073/pnas.1409606112>.
- Mudd, G.M. (2010). The environmental sustainability of mining in Australia: Key mega-trends and looming constraints. *Resources Policy* 35(2), 98-115. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2009.12.001>.
- Mudd, G.M. et Jowitt, S.M. (2014). A detailed assessment of global nickel resource trends and endowments. *Economic Geology* 109(7), 1813-1841. <https://doi.org/10.2113/econgeo.109.7.1813>.
- Mudd, G.M. et Jowitt, S.M. (2016). From mineral resources to sustainable mining: The key trends to unlock the holy grail? In *Proceedings of the Third AusIMM International Geometallurgy Conference (GeoMet)* 2016. Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 37-54. <https://ausimm.com/product-from-mineral-resources-to-sustainable-mining-the-key-trends-to-unlock-the-holy-grail/>.
- Mudd, G.M. et Jowitt, S.M. (2017). Global resource assessments of primary metals: An optimistic reality check. *Natural Resources Research* 27(2), 229-240. <https://doi.org/10.1007/s11053-017-9349-0>.
- Mudd, G.M., Weng, Z. et Jowitt, S.M. (2013). A detailed assessment of global Cu resource trends and endowments. *Economic Geology* 108(5), 1163-1183. <http://dx.doi.org/10.2113/econgeo.108.5.1163>.
- Mundy, V. et Sant, G. (2015). *Traceability Systems in the CITES Context: A Review of Experiences, Best Practices and Lessons Learned for the Traceability of Commodities of CITES-Listed Shark Species*. Genève: Secrétariat de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction. <https://cites.org/sites/default/files/eng/prog/shark/docs/Bodyofinf12.pdf>.
- Nagai, H. et Toyokuni, S. (2012). Differences and similarities between carbon nanotubes and asbestos fibers during mesothelial carcinogenesis: Shedding light on fiber entry mechanism. *Cancer Science* 103(8), 1378-1390. <https://www.doi.org/10.1111/j.1349-7006.2012.02326.x>.
- Nakashima, D.J., Galloway McLean, K., Thulstrup, H.D., Ramos Castillo, A. et Rubis, J.T. (2012). *Weathering Uncertainty: Traditional Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation*. Paris: Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture et Université des Nations Unies. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002166/216613e.pdf>.
- Nassar, N.T., Graedel, T.E. et Harper, E.M. (2015). By-product metals are technologically essential but have problematic supply. *Science Advances* 1(3), e1400180. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400180>.



Norby, R.J., De Kauwe, M.G., Domingues, T.F., Duursma, R.A., Ellsworth, D.S., Goll, D.S. et al. (2016). Model-data synthesis for the next generation of forest free-air CO₂ enrichment (FACE) experiments. *New Phytologist* 209(1), 17-28. <https://doi.org/10.1111/nph.13593>.

Norgate, T.E. et Haque, N. (2010). Energy and greenhouse gas impacts of mining and mineral processing operations. *Journal of Cleaner Production* 18(3), 266-274. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.09.020>.

ontaminants in a warming world. *Environment International* 35(6), 971-986. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.02.006>.

Obbard, R.W., Sadri, S., Wong, Y.Q., Khitun, A.A., Baker, I. et Thompson, R.C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future* 2(6), 315-320. <https://doi.org/10.1002/2014EF00240>.

Organisation des Nations Unies (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights*. ST/ESA/SER.A/352. New York. <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf>.

Organisation des Nations Unies (2015a). *Transformer notre monde: le Programme de développement durable à l'horizon 2030*. New York: Organisation des Nations Unies. https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&lang=fr.

Organisation des Nations Unies (2015b). *Les femmes dans le monde, 2015. des chiffres et des idées*. New York. https://unstats.un.org/unsd/gender/downloads/WorldsWomen2015_French.pdf.

Organisation des Nations Unies (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. New York. <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2009). *The State of Food and Agriculture 2009: Livestock in the Balance*. Rome. <http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf>.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2011). *The State of Food and Agriculture 2010-11: Women in Agriculture. Closing the Gender Gap for Development*. Rome. <http://www.fao.org/docrep/013/i2050e/i2050e.pdf>.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2013). *Food Waste Footprint: Impacts on Natural Resources*. Rome. <http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2015). *Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i4068e.pdf>.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016: Contributing to Food Security and Nutrition for All*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2017a). *The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2017b). *FAOStat*. <http://www.faostat.org/en>.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et Organisation mondiale de la Santé (2016). *International Code of Conduct on Pesticide Management: Guidelines on Highly Hazardous Pesticides*. Rome. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/205561/9789241510417_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2014). *Façonner l'avenir que nous voulons: Décennie des Nations Unies pour l'éducation au service du développement durable (2005-2014); rapport final*. Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246786>.

Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2017a). *Rapport mondial de suivi sur l'éducation 2017/8. Rendre des comptes en matière d'éducation: tenir nos engagements*. Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000260772>.

Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2017b). *L'éducation en vue des objectifs de développement durable : objectifs d'apprentissage*. Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>.

Organisation internationale pour les migrations (2015). *World Migration Report 2015. Migrants and Cities: New Partnerships to Manage Mobility*. Genève. http://publications.iom.int/system/files/wmr2015_en.pdf.

Organisation mondiale de la Santé (1948). *Constitution de l'Organisation mondiale de la Santé*. Genève. http://www.who.int/governance/eb/who_constitution_fr.pdf.

Organisation mondiale de la Santé (2008). *Closing the Gap in a Generation: Health Equity through Action on the Social Determinants of Health*. Genève. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43943/1/9789241563703_eng.pdf.

Organisation mondiale de la Santé (2014). *Health in All Policies: Helsinki Statement. Framework for Country Action*. The 8th Global Conference on Health Promotion, Helsinki, 10-14 juin 2013. Genève. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112636/1/9789241506908_eng.pdf?ua=1.

Organisation mondiale de la Santé et Fonds des Nations Unies pour l'enfance (2017). *Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines*. Genève. https://www.unicef.org/publications/files/Progress_on_Drinking_Water_Sanitation_and_Hygiene_2017.pdf.

Ostfeld, R.S. (2009). Biodiversity loss and the rise of zoonotic pathogens. *Clinical Microbiology and Infection* 15(1), 40-43. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2008.02691.x>.

Park, J., Bangalore, M., Hallegette, S. et Sandhoefer, E. (2018). Households and heat stress: Estimating the distributional consequences of climate change. *Environment and Development Economics* 23(3), 349-368. <https://doi.org/10.1017/S1355770X1800013X>.

Patt, A., Dazé, A. et Suarez, P. (2009). Gender and climate change vulnerability: What's the problem, what's the solution? Dans Ruth, M. and Ibararan, M.E. (dir.). *Distributional Impacts of Climate Change and Disasters: Concepts and Cases*. Cheltenham: Edward Elgar. Chapitre 5.

Paunescu, D., Stark, W.J. et Grass, R.N. (2016). Particles with an identity: Tracking and tracing in commodity products. *Powder Technology* 291, 344-350. <https://www.doi.org/10.1016/j.powtec.2015.12.035>.

Pepin, N., Bradley, R.S., Diaz, H.F., Baraër, M., Caceres, E.B., Forsythe, N. et al. (2015). Elevation-dependent warming in mountain regions of the world. *Nature Climate Change* 5(5), 424-430. <https://doi.org/10.1038/nclimate2563>.

Petrie, B., Barden, R. et Kasprzyk-Hordern, B. (2015). A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. *Water Research* 72, 3-27. <http://doi.org/10.1016/j.watres.2014.08.053>.

Phillips, D. (2016). Samarco dam collapse: One year on from Brazil's worst environmental disaster. *The Guardian*, Guardian News and Media Limited. <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/oct/15/samarco-dam-collapse-brazil-worst-environmental-disaster-bhp-billion-vale-mining>.

Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2016). *The Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production*. Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V.L. et Ngo, H.T. (dir.). Bonn. https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/pdf/individual_chapters_pollination_20170305.pdf.

Popkin, B.M. (2006). Global nutrition dynamics: The world is shifting rapidly toward a diet linked with noncommunicable diseases. *American Journal of Clinical Nutrition* 84(2), 289-298. <https://doi.org/10.1093/ajcn/84.2.289>.

Popp, J., Lakner, Z., Harangi-Rákos, M. et Fari, M. (2014). The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 32, 559-578. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.056>.

Popp, J., Pető, K. et Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33(1), 243-255. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x>.

Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A.J., Cochran, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M. et al. (2014). Food security and food production systems. Dans Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Billir, T.E. et al. (dir.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. Chapitre 7. 485-533. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap7_FINAL.pdf.

Pravettoni, R. (2015). *Global Illegal Waste Traffic*. Arendal: GRID-Arendal. <http://www.grida.no/resources/8061>.

Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (2015). *Summary for Policy-Makers: Arctic Pollution Issues 2015. Persistent Organic Pollutants; Radioactivity in the Arctic; Human Health in the Arctic*. Oslo. <https://www.amap.no/documents/download/2222>.

Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (2017). *AMAP Assessment 2016: Chemicals of Emerging Arctic Concern*. Oslo. <https://www.amap.no/documents/download/3003>.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2012). *Rapport d'activités sur le projet concernant les substances chimiques incorporées dans des produits, y compris des propositions de recommandations pour de nouvelles mesures internationales concertées*. Conférence internationale sur la gestion des produits chimiques. Nairobi. <https://digitallibrary.un.org/record/734480>.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2013a). *City-Level Decoupling: Urban Resource Flows and the Governance of Infrastructure Transitions. A Report of the International Resource Panel*. Swilling, M., Robinson, B., Marvin, S. et Hodson, M. (dir.). Nairobi. <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8488>.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2013b). *Global Chemicals Outlook: Towards Sound Management of Chemicals*. Nairobi. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1966Global%20Chemical.pdf>.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2013c). *Costs of Inaction on the Sound Management of Chemicals*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8412/Costs%20of%20inaction%20on%20the%20sound%20management%20of%20chemicals-2013Report_Cost_of_inaction_Feb2013.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2015). *Global Waste Management Outlook*. Nairobi. http://apps.unep.org/publications/index.php?option=com_publication&task=download&file=011782_en.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016a). *Global Gender and Environment Outlook*. Nairobi. <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/14764/GLGEOI%20GENDER%20AND%20ENVIRONMENT%20OUTLOOK.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016b). *GEO-6 Regional Assessment for West Asia*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7668/GEO_West_Asia_2016111.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016c). *Food Systems and Natural Resources: A Report of the Working Group on Food Systems of the International Resource Panel*. Westhoek, H., Ingram, J., Van Berkum, S., Özay, L. et Hajer, M. (dir.). Nairobi. <http://www.resourcepanel.org/file/133/download?token=6dSyNtUv>.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2017). *Towards a Pollution-Free Planet: Background Report*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21800/UNEA_towardspollution_long%20version_Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Programme des Nations Unies pour l'environnement et Organisation mondiale de la Santé (2013). *State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals - 2012*. Bergman, A., Heindel, J.J., Jobling, S., Kidd, K.A. et Zoeller, R.T. (dir.). https://www.who.int/iris/bitstream/10665/78101/1/9789241505031_eng.pdf?ua=1.

Programme des Nations Unies pour l'environnement, Entité des Nations Unies pour l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes, Bureau d'appui des Nations Unies pour la consolidation de la paix et Programme des Nations Unies pour le développement (2013). *Women and Natural Resources: Unlocking the Peacebuilding Potential*. Nairobi. https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/UNEP_UNWomen_PBSO_UNDP_gender_NRM_peacebuilding_report%20pdf.pdf.

Programme des Nations Unies pour le développement (2016). *Human Development Report 2016: Human Development for Everyone*. New York. http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf.

Programme des Nations Unies pour les établissements humains (2011). *The Economic Role of Cities*. The Global Urban Economic Dialogue Series. Nairobi. <https://unhabitat.org/books/economic-role-of-cities/>.

Programme des Nations Unies pour les établissements humains (2014). *Sustainable Urban Development and Agenda 2030: UN-Habitat's Programme Framework*. PSUP, *Transforming the Lives of One Billion Slum Dwellers*. Nairobi. <https://unhabitat.org/sustainable-urban-development-and-agenda-2030-unhabitats-programme-framework-psup-transforming-the-lives-of-one-billion-slum-dwellers/>.

Programme des Nations Unies pour les établissements humains (2016a). *Urbanization and Development: Emerging Future*. *World Cities Report 2016*. Nairobi. <https://unhabitat.org/world-cities-report/>.

Programme des Nations Unies pour les établissements humains (2016b). *Pretoria Declaration for Habitat III: Informal Settlements*. Nairobi. <https://unhabitat.org/pretoria-declaration-on-informal-settlements/>.

Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau (2017). *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017: Les eaux usées: une ressource inexploitée*. Paris: Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247551>.

Prüss-Ustün, A., Bartram, J., Clasen, T., Colford, J.M., Cumming, O., Curtis, V. et al. (2014). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low- and middle-income settings: A retrospective analysis of data from 145 countries. *Tropical Medicine & International Health* 19(6), 894-905. <https://doi.org/10.1111/tmi.12329>.

Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R. et Neira, M. (2016). *Preventing Disease through Healthy Environments: A Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks*. Genève: Organisation mondiale de la Santé. <https://www.who.int/quantifying-ehimpacts/publications/preventing-disease/en/>.

Qadir, M., Quillero, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R.J. et al. (2014). Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum* 38(4), 282-295. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12054>.



- Quam, V.G.M., Rocklöv, J., Quam, M.B.M. et Lucas, R.A.I. (2017). Assessing greenhouse gas emissions and health co-benefits: A structured review of lifestyle-related climate change mitigation strategies. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(5), 468. <https://doi.org/10.3390/ijerph14050468>.
- Ramaswami, A., Boyer, D., Singh Nagpure, A., Fang, A., Bogra, S., Bakshi, B. et al. (2017). An urban systems framework to assess the trans-boundary food-energy-water nexus: Implementation in Delhi, India. *Environmental Research Letters* 12(2), 1-14. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5556>.
- Ranghieri, F. et Ishiwatari, M. (dir.) (2014). *Learning from Megadisasters: Lessons from the Great East Japan Earthquake*. Washington: Banque mondiale. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/18864/9781464801532.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Rieckmann, M. (2012). Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning? *Futures* 44(2), 127-135. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.09.005>.
- Rieckmann, M. (2018). Learning to transform the world: Key competencies in education for sustainable development. Dans Leicht, A., Heiss, J. and Byun, W.J. (dir.), *Issues and Trends in Education for Sustainable Development: Education on the Move*. Paris: Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. Chapitre 2. 39-59. <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261445E.pdf>.
- Roche, C., Thygesen, K. et Baker, E. (dir.) (2017). *Mine Tailings Storage: Safety Is No Accident. A UNEP Rapid Response Assessment*. Nairobi: Programme des Nations Unies pour l'environnement et GRID-Arendal. https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/s_document/371/original/RRA_MineTailings_lores.pdf?1510660693.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F. et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461(7263), 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>.
- Rodriguez, D.J., Delgado, A., DeLaquil, P. et Sohns, A. (2013). *Thirsty Energy*. World Bank working paper. Washington: Banque mondiale. <http://documents.worldbank.org/curated/en/835051468168842442/pdf/789230REPLACEM0st0y0Energy0204014web.pdf>.
- Roschangar, F., Sheldon, R.A. et Senanayake, C.H. (2015). Overcoming barriers to green chemistry in the pharmaceutical industry: The Green Aspiration Level™ concept. *Green Chemistry* 17(2), 752-768. <https://doi.org/10.1039/C4GC001563K>.
- Rucevska, I., Nellemann, C., Isarin, N., Yang, W., Liu, N., Yu, K. et al. (2015). *Waste Crime – Waste Risks: Gaps in Meeting the Global Waste Challenge. A Rapid Response Assessment*. Nairobi: Programme des Nations Unies pour l'environnement. http://apps.unep.org/publications/index.php?option=com_publictaskdownload&file=011703_en.
- Ruel, G.K. (2011). The Arctic show must go on: Natural resource craze and national identity in Arctic politics. *International Journal: Canada's Journal of Global Policy Analysis* 6(4), 825-833. <https://doi.org/10.1177/002070201106600411>.
- Ruth, M. (1995). Thermodynamic constraints on optimal depletion of copper and aluminum in the United States: A dynamic model of substitution and technical change. *Ecological Economics* 15(3), 197-213. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(95\)0053-4](https://doi.org/10.1016/0921-8009(95)0053-4).
- Samberg, L.H., Gerber, J.S., Ramankutty, N., Herrero, M. et West P.C. (2016). Subnational distribution of average farm size and smallholder contributions to global food production. *Environment Research Letters* 11(12). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/12/124010>.
- Sauer, P.C. et Seuring, S. (2017). Sustainable supply chain management for minerals. *Journal of Cleaner Production* 151, 235-249. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.049>.
- Saunders, L.E., Green, J.M., Petticrew, M.P., Steinbach, R. et Roberts, H. (2013). What are the health benefits of active travel? A systematic review of trials and cohort studies. *PLoS One* 8(8), e69912. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069912>.
- Saxena, T., Kaushik, P. et Krishna Mohan, M. (2015). Prevalence of *E coli* O157:H7 in water sources: An overview on associated diseases, outbreaks and detection methods. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 82(3), 249-264. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2015.03.015>.
- Schauberger, B., Archontoulis, S., Arneith, A., Balkovic, J., Ciaisi, P., Deryng, D. et al. (2017). Consistent negative response of US crops to high temperatures in observations and crop models. *Nature Communications* 8(13931). <https://doi.org/10.1038/ncomms13931>.
- Scheffer, M. (2016). Anticipating societal collapse: Hints from the stone age. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(39), 10733-10735. <https://doi.org/10.1073/pnas.1612728113>.
- Schellhuber, H.J., Rahmstorf, S. et Winkelmann, R. (2016). Why the right climate target was agreed in Paris. *Nature Climate Change* 6, 649-653. <https://doi.org/10.1038/nclimate3013>.
- Schewe, J., Levermann, A. et Meinshausen, M. (2011). Climate change under a scenario near 1.5 °C of global warming: Monsoon intensification, ocean warming and steric sea level rise. *Earth System Dynamics* 2, 25-35. <https://doi.org/10.5194/esd-2-25-2011>.
- Schilling, J., Nash, S.L., Ide, T., Scheffran, J., Froese, R. et von Prondzinski, P. (2017). Resilience and environmental security: Towards joint application in peacebuilding. *Global Change, Peace & Security* 29(2), 107-127. <https://doi.org/10.1080/14781158.2017.1305347>.
- Schlenker, W. et Roberts, M.J. (2009). Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(37), 15594-15598. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106>.
- Schug, T.T., Johnson, A.F., Birnbaum, L.S., Colborn, T., Guillette, L.J., Jr., Crews, D.P. et al. (2016). Minireview: Endocrine disruptors: Past lessons and future directions. *Molecular Endocrinology* 30(8), 833-847. <https://doi.org/10.1210/me.2016.1096>.
- Schulte, P.A., Roth, G., Hodson, L.L., Murashov, V., Hoover, M.D., Zumwalde, R. et al. (2016). Taking stock of the occupational safety and health challenges of nanotechnology. 2000-2015. *Journal of Nanoparticle Research* 18(159), 1-21. <https://doi.org/10.1007/s11051-016-3459-1>.
- Seager, J. (2014). Background and Methodology for Gender Global Environmental Outlook. *Global Gender and Environment Outlook Multi-stakeholder Consultation*. Bonn, Germany, 4-6 November 2014. Nairobi: Programme des Nations Unies pour l'environnement. <http://unep-live.unep.org/community/file/download/5562/ggeomulti-stakeholder-consultation-background-document-final>.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2012). *Global Biodiversity Outlook 4: A Mid-Term Assessment of Progress towards the Implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020*. Montréal. <https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-en.pdf>.
- Seneviratne, S.I., Nicholls, N., Easterling, D., Goodess, C.M., Kanae, S., Kossin, J. et al. (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment: An overview of the IPCC SREX report. *EGU General Assembly*. Vienne, 22-27 avril 2012. 12566. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2012EGUGA..14I2566S>.
- Seto, K.C., Davis, S.J., Mitchell, R.B., Stokes, E.C., Unruh, G. et Urge-Vorsatz, D. (2016). Carbon lock-in: Types, causes, and policy implications. *Annual Review of Environment and Resources* 41(1), 425-452. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085934>.
- Seto, K.C., Dhakal, S., Bigio, A., Blanco, H., Delgado, G.C., Dewar, D. et al. (2014). Human settlements, infrastructure, and spatial planning. Dans Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. et al. (dir.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge. Chapitre 12. 923-1000. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter12.pdf.
- Seto, K.C., Güneralp, B. et Hutyra, L.R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(40), 16083-16088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>.
- Sharma, B.M., Bharat, G.K., Tayal, S., Nizzetto, L., Čupr, P. et Larssen, T. (2014). Environment and human exposure to persistent organic pollutants (POPs) in India: A systematic review of recent and historical data. *Environment International* 66, 48-64. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.01.022>.
- Shrestha, A.B., Agrawal, N.K., Alfthan, B., Bajracharya, S.R., Maréchal, J. et van Oort, B. (dir.) (2015). *The Himalayan Climate and Water Atlas: Impact of Climate Change on Water Resources in Five of Asia's Major River Basins*. https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/s_document/20/original/HKHWaterAtlas2016_screen.pdf?1483646266.
- Singer-Brodowski, M., Brook, A., Etkorn, N. et Otte, I. (2018). Monitoring of education for sustainable development in Germany: Insights from early childhood education, school and higher education. *Environmental Education Research*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/101080113504622.2018.1440380>.
- Skinner, E. (2011). *Gender and Climate Change: Overview Report*. Brighton: Institute of Development Studies. <https://gdsr.org/document-library/gender-and-climate-change-overview-report/>.
- Smith, K.R., Bruce, N., Balakrishnan, K., Adair-Rohani, H., Balmes, J., Chafe, Z. et al. (2014b). Millions dead: How do we know and what does it mean? Methods used in the comparative risk assessment of household air pollution. *Annual Review of Public Health* 35, 185-206. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182356>.
- Smith, K.R., Woodward, A., Campbell-Lendrum, D., Chadee, D.D., Honda, Y., Liu, Q. et al. (2014a). Human health: Impacts, adaptation, and co-benefits. Dans Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E. et al. (dir.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. Chapitre 11. 709-754. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5_Chap11_FINAL.pdf.
- Solomon, G.M., Morello-Frosch, R., Zeise, L. et Faust, J.B. (2016). Cumulative environmental impacts: Science and policy to protect communities. *Annual Review of Public Health* 37, 83-96. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032315-021807>.
- Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B.L., Lassaletta, L. et al. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature* 562, 519-525. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0>.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M. et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223), 1259855. <https://www.doi.org/10.1126/science.1259855>.
- Stehle, S. et Schulz, R. (2015). Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(18), 5750-5755. <https://doi.org/10.1073/pnas.1500232112>.
- Strepel, S., Scheringer, M., Ng, C.A. et Hungerbühler, K. (2012). Screening for PBT chemicals among the «existing» and «new» chemicals of the EU. *Environmental Science and Technology* 46(11), 5680-5687. <https://doi.org/10.1021/es3007213>.
- Sun, L.G. (2016). Climate change and the narrative of disaster. Dans Peel, J. et Fisher, D. (dir.), *The Role of International Environmental Law in Disaster Risk Reduction*. Leiden: Brill. 27-48. http://booksandjournals.brillonline.com/content/books/9789004318816_003.
- Sun, X., Wang, K., Kang, S., Guo, J., Zhang, G., Huang, J. et al. (2017). The role of melting alpine glaciers in mercury export and transport: An intensive sampling campaign in the Qugaige Basin, inland Tibetan Plateau. *Environmental Pollution* 220, 936-945. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.079>.
- Sunderland, T., Achdiawan, R., Angelsen, A., Babigumira, R., Ickowitz, A., Paumgarten, F. et al. (2014). Challenging perceptions about men, women, and forest product use: A global comparative study. *World Development* 64, S56-S66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.03.003>.
- Sutton, M.A., Bleeker, A., Howard, C.M., Bekunda, M., Grizzetti, B., de Vries, W. et al. (2013). *Our Nutrient World: The Challenge to Produce More Food and Energy with Less Pollution*. Edimbourg: Centre for Ecology and Hydrology. <http://hora.nerc.ac.uk/id/eprint/500700/1/N500700BK.pdf>.
- Taylor, P.C., Cai, M., Hu, A., Meehl, J., Washington, W. et Zhang, G. J. (2013). A decomposition of feedback contributions to polar warming amplification. *American Meteorological Society: Journal of Climate* 26, 7023-7043. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00696.1>.
- The American Society of Human Genetics, The American Society for Reproductive Medicine, The Endocrine Society, The Genetics Society of America, The Society for Developmental Biology, The Society for Pediatric Urology et al. (2011). Assessing chemical risk: Societies offer expertise. *Science* 331(6021), 1136. <https://doi.org/10.1126/science.331.6021.1136-a>.
- The Lancet Planetary Health* (2018). The natural environment and emergence of antibiotic resistance. *The Lancet Planetary Health* 2(1). [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30182-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30182-1).
- Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G. et al. (2004). Lost at sea: Where is all the plastic? *Science* 304(5672), 838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>.
- Tijani, J.O., Fatoba, O.O., Babajide, O.O. et Petrik, L.F. (2016). Pharmaceuticals, endocrine disruptors, personal care products, nanomaterials and perfluorinated pollutants: A review. *Environmental Chemistry Letters* 14(1), 27-49. <https://doi.org/10.1007/s10311-015-0537-z>.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. et Belfort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(50), 20260-20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>.
- Tilman, D. et Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature* 515(7528), 518-522. <https://doi.org/10.1038/nature13959>.
- Trenberth, K.E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research* 47(1/2), 123-138. <https://doi.org/10.3354/cr00953>.
- Union africaine (2009). *Convention de l'Union africaine sur la protection et l'assistance aux personnes déplacées en Afrique* (Convention de Kampala). Kampala. <https://au.int/fr/treaties/convention-de-lunion-africaine-sur-la-protection-et-lassistance-aux-personnes-deplacées-en>.
- Urry, J. (2010). Consuming the planet to excess. *Theory, Culture & Society* 27(2-3), 191-212. <https://doi.org/10.1177/0263276409355999>.
- Vanbergen, A.J. (2013). Threats to an ecosystem service: Pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11(5), 251-259. <https://doi.org/10.1890/10120126>.
- Vanwalleghem, T., Gómez, J.A., Infante Amate, J., González de Molina, M., Vanderlinden, K., Guzmán, G. et al. (2017). Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. *Anthropocene* 17, 13-29. <https://www.doi.org/10.1016/j.ancene.2017.01.002>.



- Vaughan, D.G., Comiso, J.C., Allison, I., Carrasco, J., Kaser, G., Kwok, R. et al. (2013). Observations: Cryosphere. Dans Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. et al. (dir.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. Chapitre 4. 317-382. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.
- Vermoulen, S.J., Campbell, B.M. et Ingram, J.S.I. (2012). Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources* 37, 195-222. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130608>.
- Villasante, S., García-Negro, M.d.C., González-Laxe, F. et Rodríguez, G.R. (2011). Overfishing and the common fisheries policy: (Un)successful results from TAC regulation? *Fish and Fisheries* 12(1), 34-50. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2010.00373.x>.
- von Schneidemesser, E., Monks, P.S., Allan, J.D., Bruhwiler, L., Forster, P., Fowler, D. et al. (2015). Chemistry and the linkages between air quality and climate change. *Chemical Reviews* 115(10), 3856-3897. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00089>.
- Walker, C.L., Rudan, I., Liu, L., Nair, H., Theodoratou, E., Bhutta, Z.A. et al. (2013). Global burden of childhood pneumonia and diarrhoea. *Lancet* 381(9875), 1405-1416. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60222-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60222-6).
- Wall, B., Derham, J. et O'Mahony, T. (dir.) (2016). *Ireland's Environment 2016: An Assessment*. Wexford: Ireland Environmental Protection Agency. http://www.epa.ie/pubs/reports/indicators/SoE_Report_2016.pdf.
- Waller, C.L., Griffiths, H.J., Waluda, C.M., Thorpe, S.E., Loaiza, I., Moreno, B. et al. (2017). Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research. *Science of the Total Environment* 598, 220-227. <https://www.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.283>.
- Wallinga, D., Rayner, G. et Lang, T. (2015). Antimicrobial resistance and biological governance: Explanations for policy failure. *Public Health* 129(10), 1314-1325. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2015.08.012>.
- Wals, A.E.J. (2015). *Beyond Unreasonable Doubt: Education and Learning for Socio-ecological Sustainability in the Anthropocene*. Wageningen: Universiteit de Wageningen. https://arjenwals.files.wordpress.com/2016/02/8412100972_rvb_inauguratie-wals_oratieboekje_v02.pdf.
- Wals, A.E.J. et Lenglet, F. (2016). Sustainability citizens: Collaborative and disruptive social learning. Dans Horne, R., Fien, J., Beza, B.B. et Nelson, A. (dir.). *Sustainability Citizenship in Cities: Theory and Practice*. Londres: Routledge. Chapitre 5. <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781317391081/chapters/10.4324%2F9781315678405-14>.
- Watson, M. (2015). The UN decade of ESD: What was achieved in Scotland 2005-2014. *Applied Environmental Education & Communication* 14(2), 90-96. <https://doi.org/10.1080/1533015X.2014.971980>.
- Weng, Z., Jowitt, S.M., Mudd, G.M. et Haque, N. (2015). A detailed assessment of global rare earth element resources: Opportunities and challenges. *Economic Geology* 110(8), 1925-1952. <http://dx.doi.org/10.2113/econgeo.110.8.1925>.
- Wernick, I.K. et Ausubel, J.H. (1997). *Industrial Ecology: Some Directions for Research*. New York: The Rockefeller University. https://phe.rockefeller.edu/ie_agenda/.
- Wernick, I.K., Herman, R., Govind, S. et Ausubel, J.H. (1996). Materialization and dematerialization: Measures and trends. *Daedalus* 125(3), 171-198. <https://phe.rockefeller.edu/Daedalus/Demat/>.
- Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A.G., de Souza Dias, B.F. et al. (2015). Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of The Rockefeller Foundation – Lancet Commission on Planetary Health. *The Lancet* 386(10007), 1973-2028. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1).
- Wiek, A., Bernstein, M.J., Foley, R.W., Cohen, M., Forrest, N., Kuzdas, C. et al. (2016). Operationalising competencies in higher education for sustainable development. Dans Barth, M., Michelsen, G., Thomas, I. et Rieckmann, M. (dir.). *Routledge Handbook of Higher Education for Sustainable Development*. Londres: Routledge. Chapitre 16. 241-260. <https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9781315852249.ch16>.
- Wiek, A., Withycombe, L. et Redman, C.L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science* 6(2), 203-218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>.
- Wigginton, N.S., Fahrenkamp-Uppenbrink, J., Wible, B. et Malakoff, D. (2016). Cities are the future. *Science* 352(6288), 904-905. <https://doi.org/10.1126/science.352.6288.904>.
- Williams, A.P., Allen, C.D., Macalady, A.K., Griffin, D., Woodhouse, C.A., Meko, D.M. et al. (2013). Temperature as a potent driver of regional forest drought stress and tree mortality. *Nature Climate Change* 3(3), 292-297. <https://doi.org/10.1038/nclimate1693>.
- Winsemius, H.C., Jongman, B., Veldkamp, T.I.E., Hallegatte, S., Bangalore, M. et Ward, P.J. (2018). Disaster risk, climate change, and poverty: Assessing the global exposure of poor people to floods and droughts. *Environment and Development Economics* 23(3), 328-348. <https://doi.org/10.1017/S1355770X17000444>.
- Wolf, K.L. et Robbins, A.S.T. (2015). Metro nature, environmental health, and economic value. *Environmental Health Perspectives* 123(5), 390-398. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408216>.
- Wolk, A. (2017). Potential health hazards of eating red meat. *Journal of Internal Medicine* 281(2), 106-122. <https://doi.org/10.1111/joim.12543>.
- Wunder, S., Noack, F. et Angelsen, A. (2018). Climate, crops, and forests: A pan-tropical analysis of household income generation. *Environment and Development Economics* 23(3), 279-297. <https://doi.org/10.1017/S1355770X18000116>.
- Yao, T., Thompson, L., Yang, W., Yu, W., Gao, Y., Guo, X. et al. (2012). Different glacier status with atmospheric circulations in Tibetan Plateau and surroundings. *Nature Climate Change* 2, 663-667. <https://doi.org/10.1038/nclimate1580>.
- Yin, J., Overpeck, J., Peysner, C. et Stouffer, R. (2018). Big jump of record warm global mean surface temperature in 2014-2016 related to unusually large oceanic heat releases. *Geophysical Research Letters* 45(2), 1069-1078. <https://doi.org/10.1002/2017GL076500>.
- Zhang, M., Zeiss, M.R. et Geng, S. (2015). Agricultural pesticide use and food safety: California's model. *Journal of Integrative Agriculture* 14(11), 2340-2357. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61126-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61126-1).
- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D.B., Huang, Y. et al. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(35), 9326-9331. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114>.
- Ziska, L.H. et Dukes, J.S. (dir.) (2014). *Invasive Species and Global Climate Change*. CABI Invasive Species Series. <https://www.cabi.org/bookshop/book/9781780641645>.



Partie A

L'état de l'environnement mondial



5. L'air



6. La biodiversité



7. Les océans et les côtes



8. Les terres



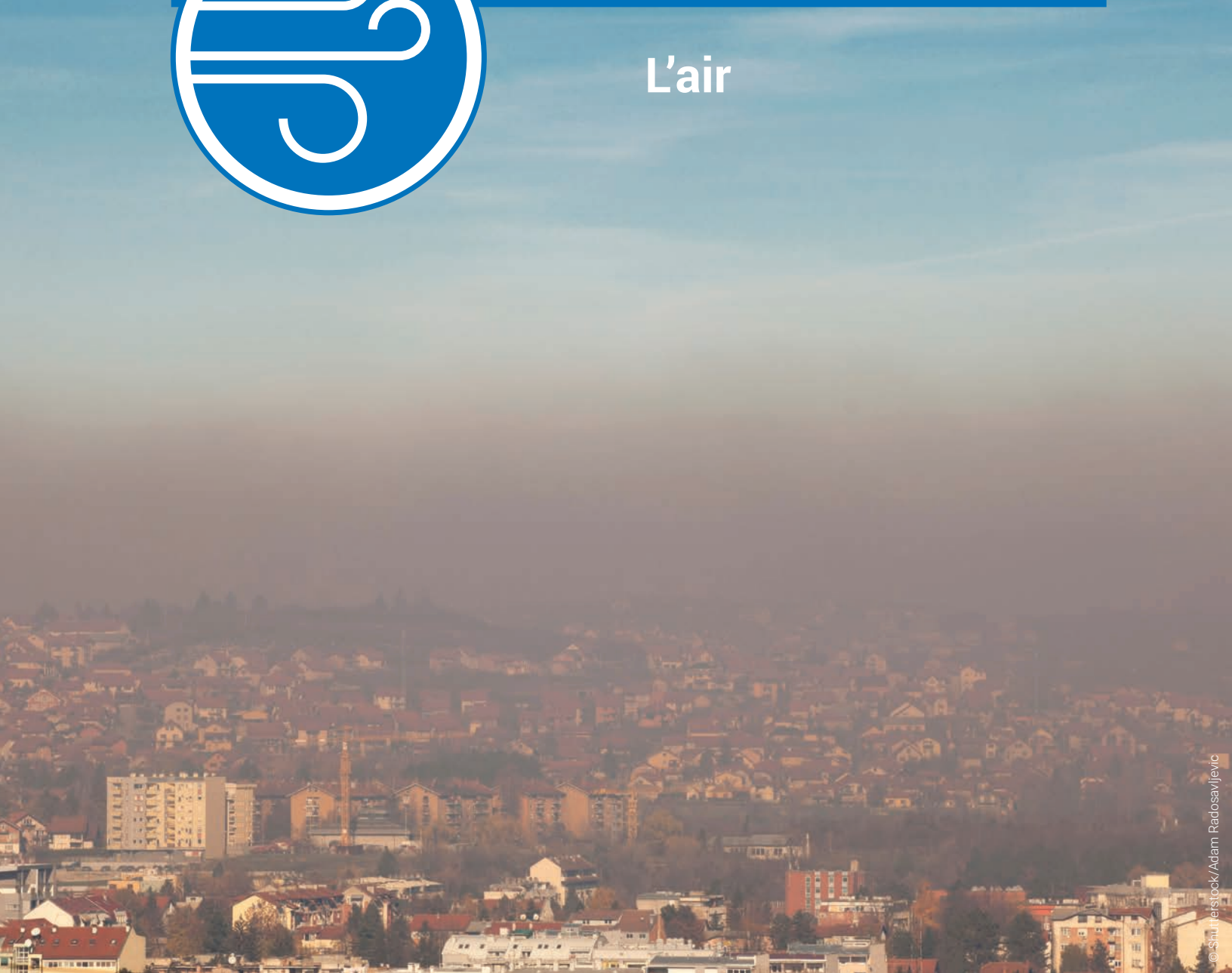
9. L'eau douce







L'air



Auteurs coordonnateurs : Phillip Dickerson (Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis), Cristina Guerreiro (Institut norvégien pour la recherche atmosphérique), Terry Keating (Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis) et John Muthama Nzioka (université de Nairobi)

Auteurs principaux : Serena H. Chung (Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis) et Stefan Reis (Centre for Ecology and Hydrology)

Auteurs collaborateurs : Babatunde Joseph Abiodun (université du Cap), Kathryn Jennifer Bowen (université nationale australienne), Riyanti Djalante (université des Nations Unies – Institut pour l'étude avancée de la durabilité), James Grellier (Centre européen de l'environnement et de la santé, université d'Exeter), Fintan Hurley (Institut de médecine du travail), Andrei P. Kirilenko (université de la Floride), Robyn Lucas (Centre national d'épidémiologie et de santé des populations – université nationale d'Australie) et Caradee Y. Wright (Conseil médical de la recherche de l'Afrique du Sud)

Membre honoraire de GEO : Chenmin He (université de Beijing)



Synthèse

Les concentrations de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre (GES) à longue durée de vie continuent de s'accroître, principalement du fait de l'utilisation de combustibles fossiles pour satisfaire une demande énergétique qui augmente constamment (*bien établi*). {5.2.4}

Étant donné les concentrations actuelles de GES et leur durée de vie dans l'atmosphère, un changement marqué du climat et du niveau des mers est inévitable, ce qui aura des conséquences étendues pour les populations et l'environnement (*bien établi*). Des données probantes solides attestent que le changement climatique et la variabilité accrue du climat accentuent la pauvreté existante, exacerbent les inégalités et déclenchent de nouvelles vulnérabilités. Toutefois, on s'attend à des changements encore plus importants si aucune mesure n'est prise rapidement pour freiner les émissions de GES. {5.3.4}

Les principales répercussions du changement climatique sont l'accroissement de la fréquence et de l'ampleur des vagues de chaleur et des tempêtes (*établi, mais incomplet*), l'évolution de la distribution des vecteurs de maladies, l'exacerbation des épisodes de pollution atmosphérique, ainsi que la baisse des approvisionnements en eau et son impact sur le rendement des cultures et le prix des produits alimentaires. {5.3.4}

Les efforts visant à réduire les émissions de polluants climatiques à courte durée de vie (SLCP), en particulier le carbone noir (CN), le méthane (CH₄), l'ozone (O₃) troposphérique et les hydrofluorocarbures (HFC), sont une composante essentielle d'un programme intégré d'atténuation du changement climatique et de gestion de la qualité de l'air (*bien établi*). Parallèlement à l'atténuation rapide des émissions de GES à longue durée de vie, la baisse des émissions de SLCP permet de réaliser les objectifs de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). {5.2.4}

La pollution atmosphérique constitue le facteur environnemental le plus important de la charge mondiale de morbidité, entraînant, selon les estimations, de six à sept millions de décès prématurés par an et des pertes économiques importantes (*établi, mais incomplet*). De 2,6 à 3,8 millions de ces décès ont été attribués à la combustion de bois, de charbon, de résidus de culture, de fumier et de pétrole pour la cuisine, le chauffage et l'éclairage. Une autre tranche de 3,2 à 3,5 millions de décès est attribuable à d'autres sources de pollution de l'air ambiant. La valeur monétaire des pertes de bien-être collectif dans le monde a été estimée à 5,1 billions de dollars des États-Unis (soit 6,6 % du produit mondial). {5.3.1}

Les personnes âgées, très jeunes, malades ou démunies sont plus exposées à la pollution atmosphérique, qui peut exacerber des maladies ou affections préexistantes (*bien établi*). Les expositions touchent surtout les personnes vivant dans les zones urbaines des pays à faible revenu et à revenu moyen et les quelque trois milliards de personnes qui dépendent de la combustion de combustibles solides ou de pétrole pour satisfaire les besoins énergétiques de leur ménage. {5.3.1}

À l'échelle mondiale, la tendance à la baisse des émissions dans certains secteurs et certaines régions a été annulée par la tendance à la hausse des émissions dans les économies en développement rapide et émergentes et dans les zones à urbanisation rapide (*bien établi*). {5.2}

C'est en Asie de l'Est et en Asie du Sud que le nombre total de décès dus à la pollution atmosphérique est le plus élevé, du fait de la taille des populations et du fort niveau de pollution des villes (*bien établi*). Ces régions supportent également la plus grande charge pour la santé causée par la production de biens consommés dans d'autres régions du monde, principalement en Europe de l'Ouest et en Amérique du Nord. {5.3.1}

Depuis l'imposition de contrôles aux centrales électriques, aux grandes installations industrielles et aux véhicules, les contributions relatives des autres sources ont gagné en importance (*bien établi*). Les sources de pollution dont la pertinence s'accroît pour la réalisation des objectifs de qualité de l'air comprennent l'agriculture, les combustibles domestiques, les équipements de construction et autres équipements portatifs, la fabrication artisanale et les incendies. La contribution relative de ces sources aux problèmes de qualité de l'air varie d'une région à une autre, de sorte que les priorités en matière de lutte contre la pollution atmosphérique ne sont pas les mêmes partout. {5.2.1}

Les émissions de substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO) ont fortement baissé depuis l'adoption du Protocole de Montréal (*bien établi*). Les preuves solides présentées dans de nouvelles études attestent que la couche d'ozone stratosphérique au-dessus de l'Antarctique a commencé à se rétablir. Contrairement aux attentes, même si les concentrations d'ozone stratosphérique ont augmenté dans d'autres régions depuis 2000, la hausse de la concentration totale d'ozone dans la colonne atmosphérique et la diminution du rayonnement ultraviolet (UV) atteignant la surface de la Terre n'ont pas été observées ailleurs qu'en Antarctique, en raison de la variabilité naturelle, de la hausse des émissions de GES et de l'atténuation changeante du rayonnement UV par l'ozone troposphérique, les nuages et les aérosols. {5.2.3}

Les accords internationaux ont permis de régler les problèmes causés par certains produits chimiques, mais de nouveaux risques chimiques se font jour (*établi, mais incomplet*). Les concentrations environnementales de polluants organiques persistants (POP) ont diminué en Europe, en Amérique du Nord, en Asie-Pacifique et dans l'Arctique. {5.2.2}

Le développement et l'urbanisation rapides, conjugués avec une gouvernance environnementale insuffisante dans plusieurs régions, laissent penser que sans interventions stratégiques supplémentaires, le changement climatique et la pollution atmosphérique sont susceptibles de s'exacerber avant de s'améliorer (*bien établi*). Toutefois, les efforts stratégiques futurs peuvent s'appuyer sur l'attention renouvelée accordée à ces questions dans les forums internationaux et sur des décennies d'expérience de diverses stratégies de gouvernance dans différents pays. {5.4}

5.1 Introduction

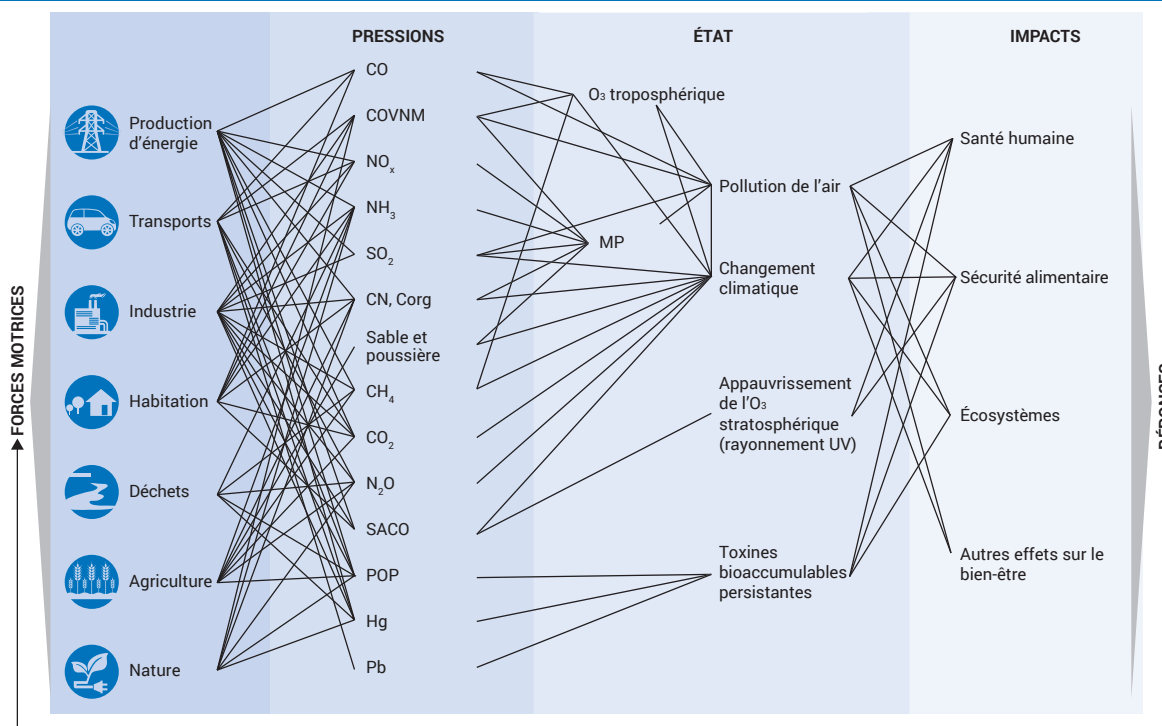
Les émissions générées par l'activité humaine ont modifié la composition de l'atmosphère terrestre, entraînant des conséquences sur la santé des populations et de la planète. Les répercussions de l'activité humaine sur l'atmosphère sont souvent présentées sous la forme de quatre défis distincts : la pollution atmosphérique, le changement climatique, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique et les substances persistantes, bioaccumulables et toxiques (PBT) (Abelkop, Graham et Royer, 2017). Les causes de ces quatre défis, leurs incidences sur la composition de l'atmosphère et les processus météorologiques, ainsi que leurs répercussions sur les êtres humains et les écosystèmes, sont étroitement liées (**figure 5.1**). Les solutions à ces défis sont également interdépendantes, car l'évolution des modes de vie, de la technologie et des politiques influe simultanément sur les émissions de multiples polluants, avec diverses implications interdépendantes. Dans le présent chapitre, ces quatre défis sont décrits conjointement, selon le cadre Forces motrices–Pressions–État–Impact–Réponse (DPSIR) (voir la section 1.6).

Depuis la publication du cinquième rapport *L'avenir de l'environnement mondial* (GEO-5) en 2012, un certain nombre de développements ont attiré l'attention de la communauté internationale sur le changement de la composition de l'atmosphère. Selon les estimations, la charge mondiale de morbidité due à la pollution atmosphérique a doublé (sur la base des évaluations publiées en 2004, 2012 et 2017), principalement en raison des nouvelles estimations de l'exposition obtenues au moyen d'instruments embarqués à bord de satellites (Lim *et al.*, 2012 ; Cohen *et al.*, 2017). L'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement (ANUE) du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) (2014 ; 2017) et l'Assemblée mondiale de la santé de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) (2015) ont réagi en adoptant des résolutions visant à encourager les mesures nationales de lutte contre la pollution atmosphérique. Les

Tableau 5.1 : Quelques composants chimiques de l'atmosphère

BPC	biphényles polychlorés
CFC	chlorofluorocarbures
CH ₄	méthane
CN	carbone noir
CO	monoxyde de carbone
CO ₂	dioxyde de carbone
Corg	carbone organique
COVNM	composés organiques volatils non méthaniques
EDPB	éthers diphényliques polybromés
GES	gaz à effet de serre
HAP	hydrocarbures aromatiques polycycliques
HCFC	hydrochlorofluorocarbures
HFC	hydrofluorocarbures
Hg	mercure
MP	matières particulaires
MP ₁₀	MP de moins de 10 µm de diamètre
MP _{2,5}	MP de moins de 2,5 µm de diamètre
N ₂ O	oxyde nitreux
NH ₃	ammoniac
NO	oxyde nitrique
NO ₂	dioxyde d'azote
NO _x	oxydes d'azote
O ₃	ozone (troposphérique ou stratosphérique)
Pb	plomb
PBT	[substances] persistantes, bioaccumulables et toxiques (POP, métaux)
PFAS	polyfluoroalkyles et perfluoroalkyles
POP	polluants organiques persistants (définis dans les accords internationaux)
SACO	substances appauvrissant la couche d'ozone
SO ₂	dioxyde de soufre

Figure 5.1 : Principaux liens entre la pression, l'état et l'impact des changements atmosphériques



Cette figure se veut un guide présentant au lecteur les relations entre les principaux thèmes et les polluants abordés dans ce chapitre. Les symboles chimiques et les abréviations sont définis dans le tableau 5.1.



concentrations des principaux GES continuent de croître fortement (Organisation météorologique mondiale [OMM], 2017a) et les indicateurs de changement climatique continuent de s'accumuler. Les cibles du Protocole de Kyoto de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) sont échues, mais elles ont été remplacées par de nouvelles cibles en vertu de l'amendement de Doha et des nouveaux engagements pris dans le cadre de l'Accord de Paris (CCNUCC, 2016). En complément des travaux de la CCNUCC, de nouveaux efforts ont ciblé la réduction des polluants climatiques à courte durée de vie (SLCP) provenant de secteurs spécifiques, procurant des avantages pour l'atténuation du changement climatique et la santé humaine (Coalition pour le climat et l'air pur [CCAP], 2015). Alors que l'ozone (O₃) stratosphérique poursuit sa régénération, l'Amendement de Kigali au Protocole de Montréal (Organisation des Nations Unies [ONU], 2016a) a mis à profit cet accord international fructueux pour aider à atténuer les impacts des hydrofluorocarbures (HFC) sur le climat, initialement introduits comme substituts aux substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO). Les émissions de mercure (Hg) ont baissé dans certaines régions et se sont accrues dans d'autres. Les émissions de certains polluants organiques persistants (POP) interdits ont baissé, en raison de la mise en œuvre d'accords internationaux. Toutefois, la charge atmosphérique d'autres POP et de substances PBT demeure préoccupante, et de nouveaux risques chimiques ont été identifiés (PNUE, 2017a).

Les efforts visant à réaliser chacun des objectifs de développement durable (ODD) sont liés directement ou indirectement à l'atténuation des émissions atmosphériques et des changements dans la composition de l'atmosphère, comme le montre la **figure 5.2**.

Dans les évaluations régionales de GEO-6, la pollution atmosphérique, le changement climatique et le développement énergétique, ainsi que le recoupement de ces trois problèmes, sont considérés comme des priorités absolues dans toutes les régions. La croissance des villes et de la demande en énergie et en transports figurent systématiquement parmi les questions préoccupantes. La pollution atmosphérique intérieure et l'accès à une énergie domestique propre font partie des priorités en

Afrique et en Asie. D'autres priorités régionales font ressortir les différences quant au niveau des capacités institutionnelles des gouvernements dans les différentes régions : l'amélioration des réseaux d'observation (Afrique, Amérique latine et Caraïbes, Asie occidentale), le renforcement de la gouvernance (Asie, Amérique latine et Caraïbes) et la compréhension des coûts et avantages des mesures d'atténuation (Asie). Les sections ci-après s'appuient sur les évaluations régionales de GEO-6 pour étudier l'état de ces défis dans une perspective mondiale.

5.2 Pressions : les émissions

Les gens modifient l'atmosphère principalement en générant des émissions. Les tendances des émissions anthropiques sont tirées par l'évolution de la démographie, de l'urbanisation, de l'activité économique, de la technologie et du climat (les « forces motrices »), ainsi que par les choix de comportement – notamment quant au mode de vie – et les conflits. Ces forces motrices subissent à leur tour l'influence des politiques (les « réponses »). Les sources d'émissions naturelles, notamment la végétation, les sols, les incendies de forêt, et le sable et la poussière éoliens, contribuent également aux émissions, mais elles peuvent être affectées par les populations (par exemple, par le changement d'affectation des terres).

Bien qu'une quantité croissante d'informations sur les émissions dans certaines régions du GEO soit accessible au public, il n'existe ni programme mondial d'établissement de rapport applicable à toutes les sources et à tous les polluants, ni dépôt de données exhaustives sur les émissions. La Convention d'Aarhus et son Protocole sur les registres de rejets et de transferts de polluants (RRTP) aspirent à créer un réseau mondial, en s'appuyant sur les travaux de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) et de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (voir <https://prtr.eea.europa.eu>). Actuellement, la compilation d'un inventaire cohérent des émissions mondiales nécessite un effort de recherche. La présente évaluation s'appuie sur les données les plus récentes sur les émissions anthropiques élaborées à l'aide du Community Emissions Data System (CEDS), un système mondial à code

Figure 5.2 : Liens entre les changements de la composition de l'atmosphère et la réalisation des objectifs de développement durable



Les liens directs sont indiqués par des flèches en gras et les liens indirects par des flèches fines.



© Shutterstock/WithayaP

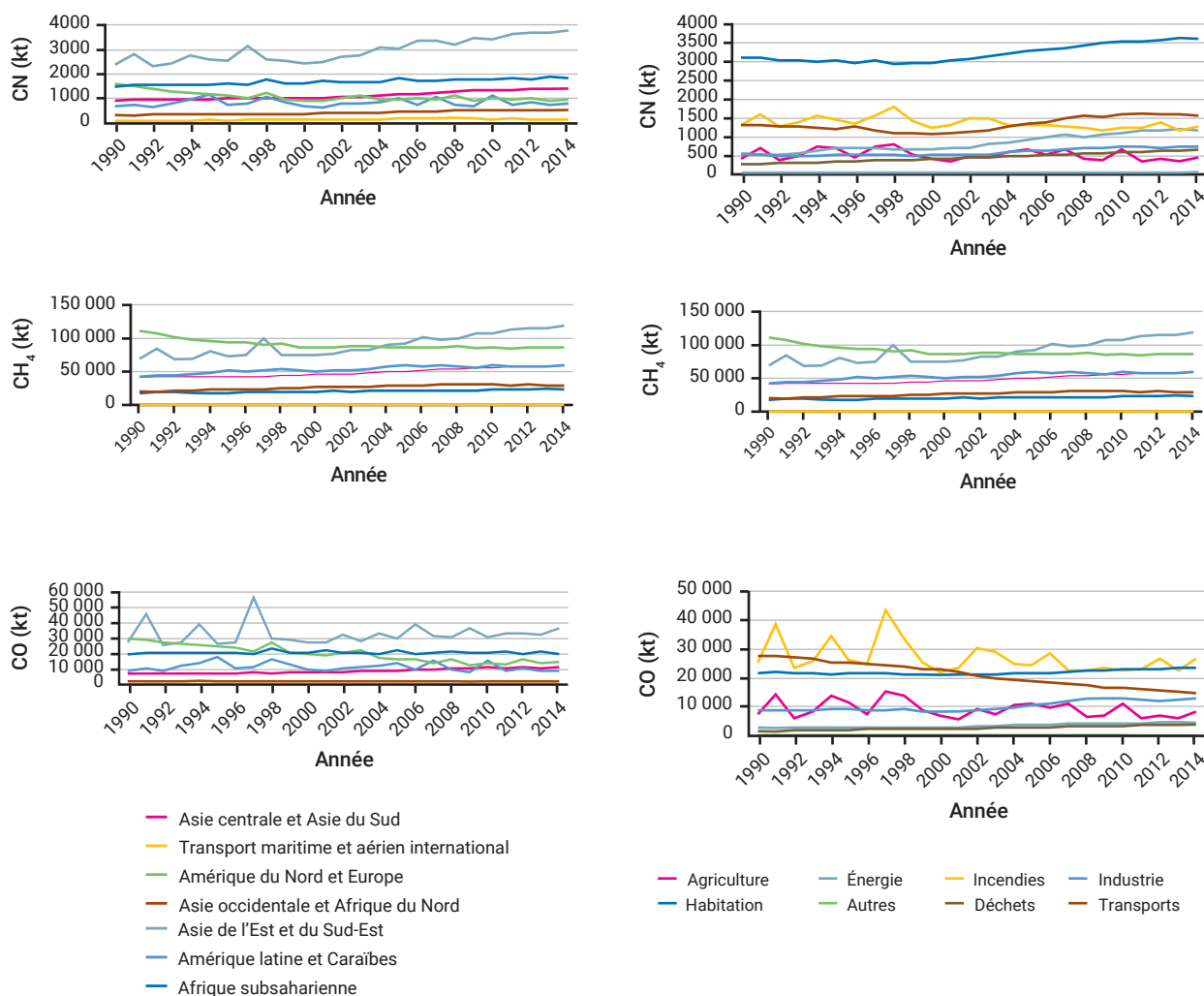
source libre de données sur l'inventaire des émissions qui a été élaboré afin de produire des tendances cohérentes à long terme des émissions, utilisables dans les initiatives mondiales de modélisation atmosphérique comme celles qui sous-tendent la préparation du sixième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur le changement du climat (GIEC) (Hoesly *et al.*, 2018). Les émissions provenant de la combustion à ciel ouvert de la biomasse, qu'elles soient anthropiques ou naturelles, sont tirées d'un inventaire distinct créé aux fins des initiatives de modélisation à l'échelle mondiale en fusionnant les informations provenant d'estimations satellitaires, de relevés du charbon sédimentaire, de relevés historiques de la visibilité et de plusieurs modèles d'incendies (van Marle *et al.*, 2017). Collectivement, ces ensembles de données constituent une base actualisée et uniforme pour l'examen des tendances touchant la plupart des polluants atmosphériques et des gaz à effet de serre (GES) (**figure 5.3**).

À l'échelle mondiale, les émissions anthropiques de dioxyde de carbone (CO₂) se sont accrues de plus de 40 % de 1990 à 2014, sous l'effet de fortes hausses enregistrées en Asie, compensées en partie par de légères baisses en Amérique du Nord et en Europe. Les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) sont les seules à avoir diminué à l'échelle mondiale au cours de cette période, la hausse de plus de 50 % observée en Asie étant compensée par une baisse de plus de 75 % en Amérique du Nord et en Europe.

Ces dernières années, les émissions de SO₂ et d'oxydes d'azote (NO_x) ont commencé à diminuer en Asie de l'Est. La prise en compte des incendies de forêt et de la culture sur brûlis accroît considérablement la variabilité interannuelle des émissions de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), de monoxyde de carbone (CO), de carbone noir (CN) et de carbone organique (Corg).

Les données sur les émissions présentées ici constituent les meilleures estimations, dont le degré d'incertitude varie selon le polluant, le secteur, la région et la période. Hoesly *et al.* (2018) constatent que les estimations du CEDS sont légèrement supérieures aux inventaires mondiaux antérieurs (par exemple, Lamarque *et al.*, 2010 ; Commission européenne, 2016). En général, les estimations des émissions de CO₂ et de SO₂ comportent un degré d'incertitude de l'ordre de ±10 % pour un intervalle de confiance de 5 à 95 %, alors que les émissions de CN et de Corg comportent des incertitudes de l'ordre d'un coefficient de 2. Les incertitudes relatives aux émissions de CO, de NO_x, de COVNM et d'ammoniac (NH₃) se situent entre ces deux paramètres (Hoesly *et al.*, 2018). L'incertitude varie également selon le secteur : les émissions des grandes centrales électriques sont bien caractérisées, tandis que celles qui génèrent les conflits militaires ne sont ni bien comprises ni généralement incluses dans les inventaires.

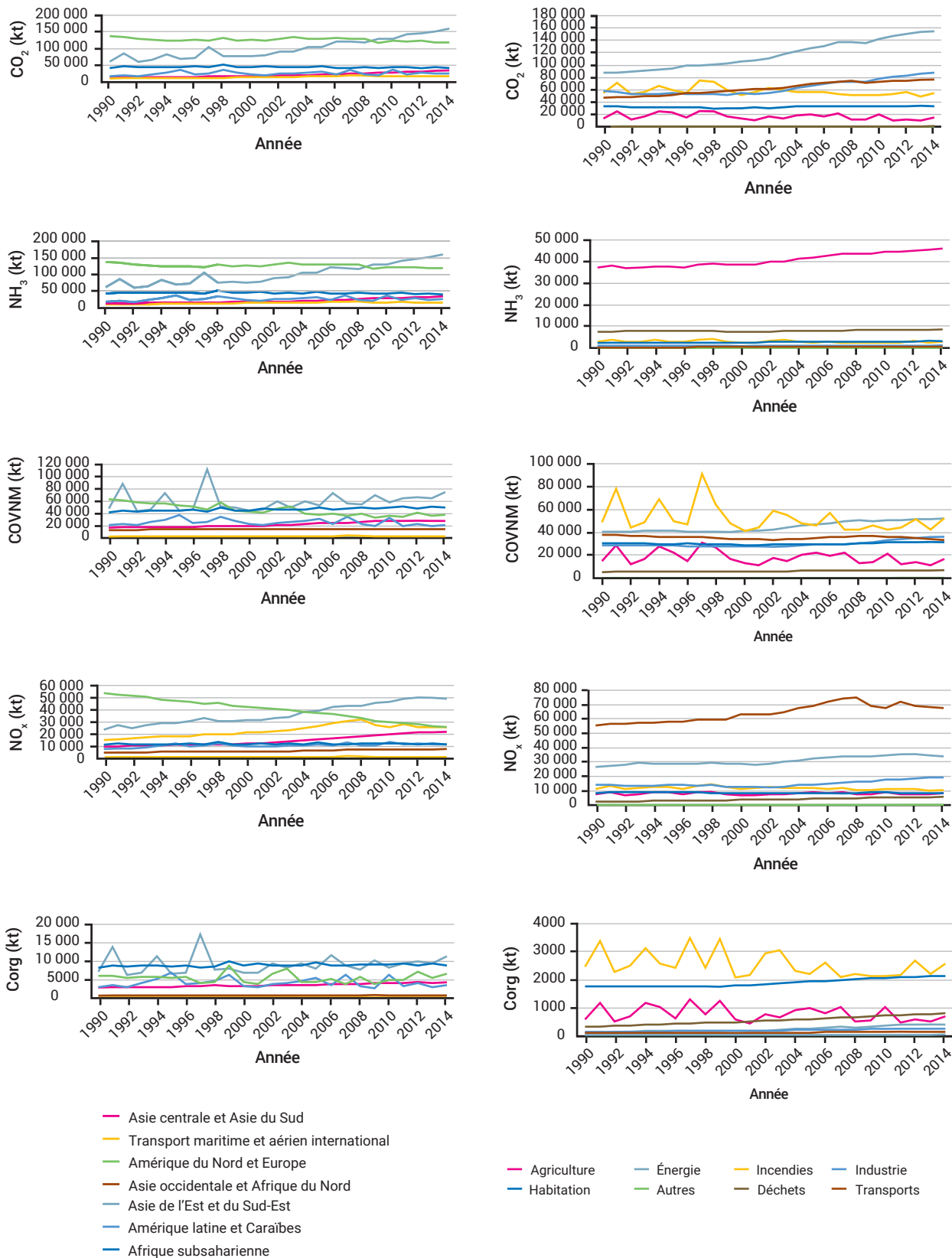
Figure 5.3 : Tendances des émissions annuelles, 1990-2014, en kilotonnes, selon le polluant, la région et le secteur



Source : Hoesly *et al.* (2018).

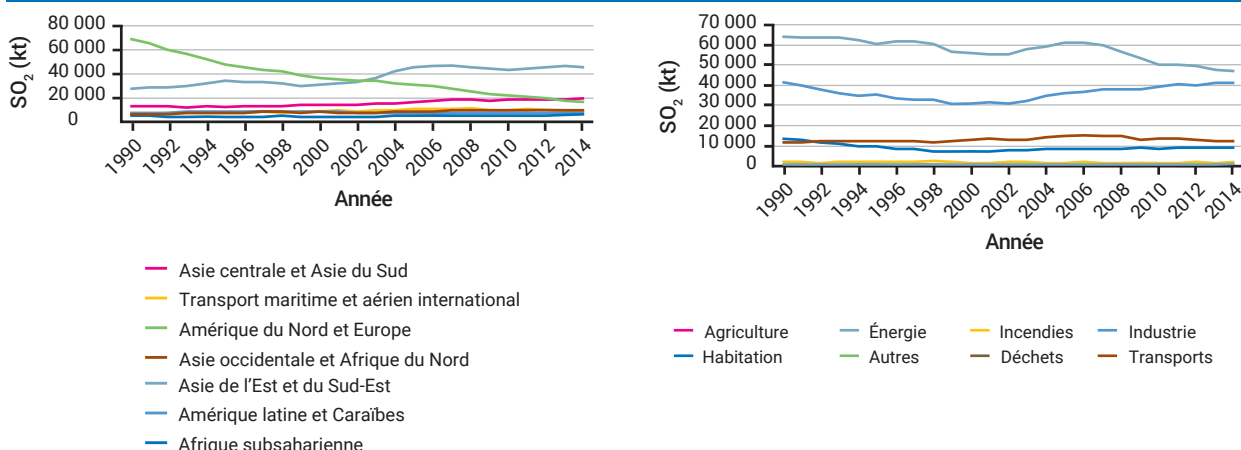


Figure 5.3 : Tendances des émissions annuelles, 1990-2014, en kilotonnes, selon le polluant, la région et le secteur



Source : Hoesly et al. (2018).

Figure 5.3 : Tendances des émissions annuelles, 1990-2014, en kilotonnes, selon le polluant, la région et le secteur



Source : Hoesly et al. (2018).

Il existe d'importants écarts dans les données disponibles sur les émissions de POP, qui englobent les pesticides, les produits chimiques industriels et les produits d'une combustion incomplète ou de réactions chimiques. Les données disponibles en Europe, en Amérique et en Asie centrale indiquent que les émissions ont considérablement diminué entre 1990 et 2012 pour les POP les plus souvent étudiés, en raison de la réglementation, notamment celle qui découle de la Convention de Stockholm (PNUE, 2014a ; PNUE, 2014b ; PNUE, 2015a ; PNUE, 2015b). Néanmoins, parallèlement au nombre croissant de POP inscrits et de substances candidates, il se peut que les émissions de POP non réglementés soient en train de s'accroître. Beaucoup de produits vendus dans le commerce contiennent des quantités et des types inconnus de POP non réglementés, dont les effets sont parfois inconnus (voir également la section 4.3.3).

Dans son évaluation mondiale du mercure, le PNUE (2013a) estime les émissions anthropiques de Hg dans l'atmosphère à 2 220 (de 2 000 à 2 820) tonnes (métriques) par an pour l'année 2015 (PNUE, 2013a). À l'échelle mondiale, l'exploitation minière artisanale et à petite échelle (EMAPE) de l'or était à l'origine d'environ 38 % du volume total des émissions anthropiques de Hg dans l'atmosphère en 2015, suivie de la combustion du charbon (environ 21 %), de la production de métaux non ferreux (environ 15 %) et de la production de ciment (environ 11 %). La principale région source est l'Asie, dont l'apport correspond à environ 49 % des émissions anthropiques mondiales de Hg en 2015 ; elle est suivie de l'Amérique du Sud (18 %) et de l'Afrique subsaharienne (16 %). Les sources anthropiques actuelles représentent environ 30 % des émissions annuelles de Hg dans l'atmosphère, tandis que les sources géologiques naturelles et contribuent à hauteur d'environ 10 %. Les 60 % restants proviennent de « réémissions » – principalement de sources anthropiques – de Hg précédemment libéré dans les sols et les océans (PNUE, 2013a).

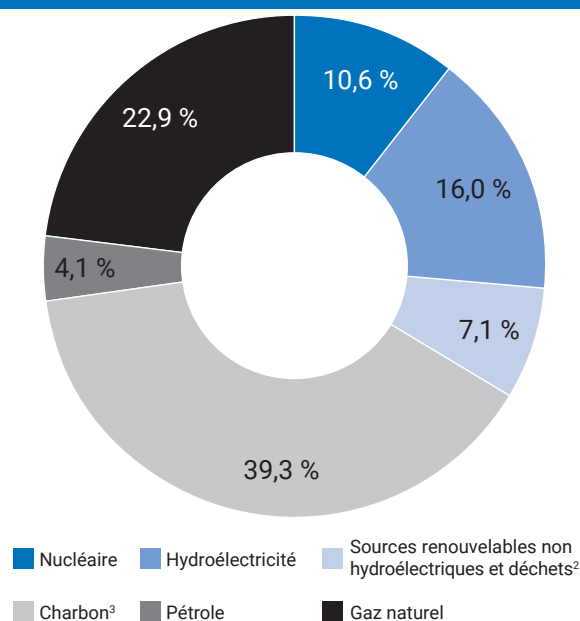
À l'échelle mondiale, la production, la consommation et, par conséquent, les émissions de SACO ont diminué de plus de 99 % entre 1990 et 2016 (PNUE, 2017b). Les chlorofluorocarbures (CFC) et les halons, les plus puissants destructeurs d'ozone, ont été remplacés par des hydrochlorofluorocarbures (HCFC) et des hydrofluorocarbures (HFC) à durée de vie plus courte, bien que des mesures récentes laissent entrevoir l'éventualité de nouvelles émissions de trichlorofluorométhane (CFC-11) (Montzka et al., 2018). Les HCFC, qui ont un effet moindre d'appauvrissement sur la couche d'ozone, sont en voie d'élimination progressive au profit de produits chimiques qui n'ont aucun effet appauvrissant. Des préoccupations concernant la contribution éventuelle des HFC au

changement climatique ont conduit à l'adoption de l'Amendement de Kigali au Protocole de Montréal de 2016, qui limitera les émissions futures de HFC.

5.2.1 La production d'électricité et de combustibles

La production d'électricité et de combustibles (regroupée sous la rubrique « énergie » dans la **figure 5.3**) représente le plus grand secteur d'émissions anthropiques de CO₂, de méthane (CH₄), de SO₂ et de COVNM, et le principal secteur d'émissions d'autres polluants atmosphériques. Dans ce secteur, la production d'électricité a contribué à environ 70 % des émissions de CO₂, à 71 % de celles de SO₂ et à 72 % des émissions de NO_x en 2014 (Hoesly et al., 2018).

Figure 5.4 : Parts mondiales des combustibles dans la production d'électricité en 2015¹



Notes : ¹Exclut la production d'électricité à partir d'énergie de pompage. ²Comprend la géothermie, le solaire, l'éolien, la chaleur, etc. ³La tourbe et les schistes bitumineux sont regroupés avec le charbon.

Source : AIE (2017).

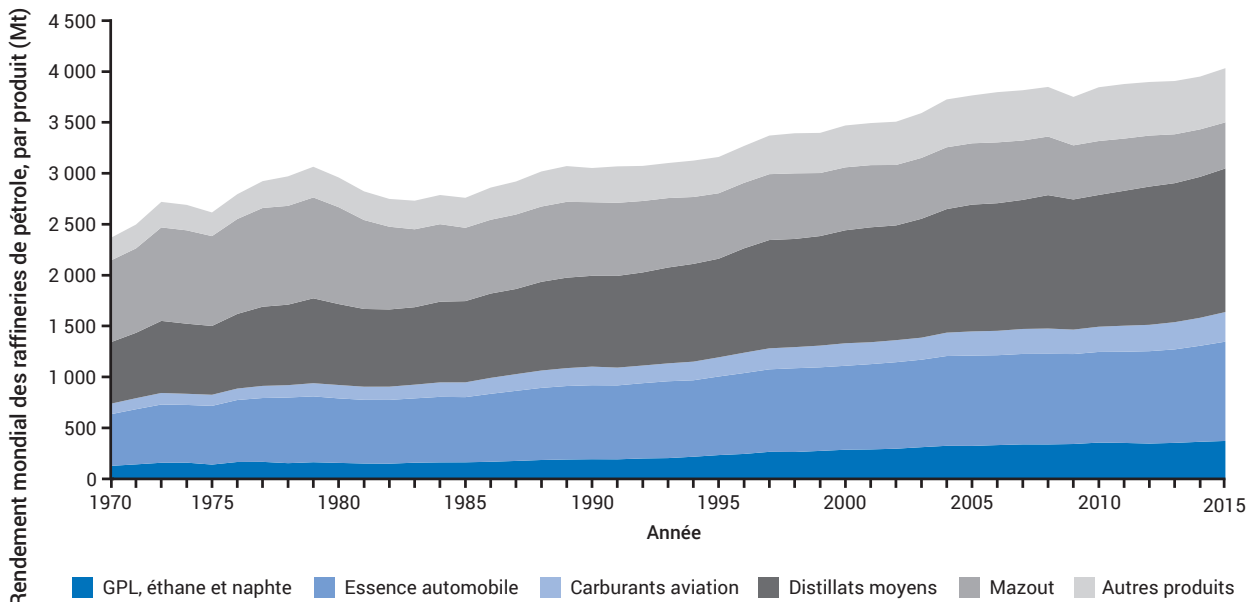


En dépit de la hausse de la capacité d'énergie renouvelable, les combustibles fossiles demeurent prédominants dans le réseau électrique mondial (figure 5.4). Les trois quarts des émissions de SO₂ du secteur, 70 % de ses émissions de NO_x et plus de 90 % de ses émissions de matières particulaires de moins de 2,5 µm de diamètre (MP_{2,5}) primaires proviennent de centrales alimentées au charbon. La combustion du charbon représente également la deuxième source en importance d'émissions anthropiques de Hg à l'échelle mondiale (Agence internationale de l'énergie [AIE], 2016a). En 2015, les centrales au gaz ont émis près de 20 % des NO_x

provenant de la production d'électricité, mais presque pas de SO₂ ni de MP_{2,5} primaires (AIE, 2016a).

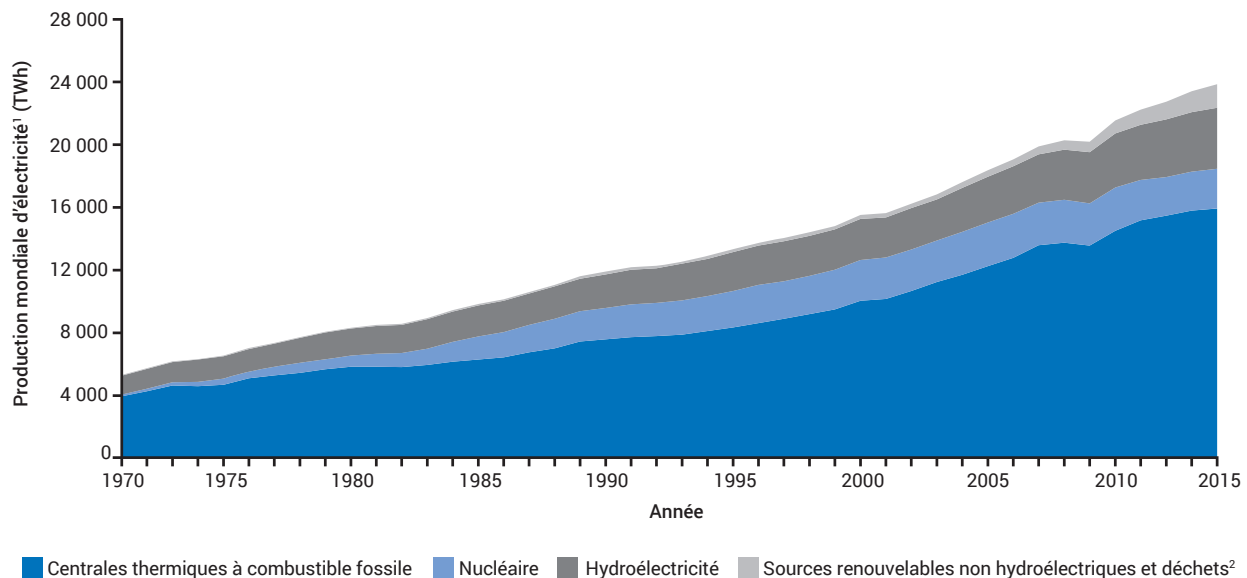
De 1990 à 2015, la production mondiale de combustibles pétroliers a connu une croissance lente, mais soutenue (figure 5.5). Les émissions de CH₄ et de COVNM résultant de la production de combustibles ont connu une hausse correspondante (figure 5.3). Toutefois, si la production d'électricité a doublé entre 1990 et 2015 (figure 5.6), les émissions de polluants atmosphériques ne se sont pas accrues au même rythme. Fait plus important, les émissions

Figure 5.5 : Production mondiale de produits dérivés des raffineries de pétrole, par produit¹



Source : IEA (2017).

Figure 5.6 : Production mondiale d'électricité, par combustible¹



Notes : ¹ Ne comprend pas la production d'électricité à partir d'énergie de pompage. ² Autres = Géothermie, solaire, vent, marées, vagues, océans, biocarburants, chaleur, etc.

Source : IEA (2017).

de SO₂ provenant de la production d'électricité ont diminué après 2006 (**figure 5.3**). Les principales raisons de cette dissociation sont les suivantes :

- 1 l'amélioration de l'efficacité énergétique ;
- 2 le resserrement des normes d'émission des centrales électriques et les progrès des technologies de dépollution au point de rejet ;
- 3 le développement du gaz naturel, des énergies renouvelables et du nucléaire (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2016).

Toutefois, en dépit des politiques existantes et des buts, cibles et intentions affichés, la demande d'électricité devrait s'accroître des deux tiers à l'horizon 2040 (AIE, 2016b). Les technologies de dépollution au point de rejet et le charbon à faible teneur en soufre pourraient contribuer à réduire les émissions de polluants atmosphériques.

5.2.2 Les transports

Dans toutes les régions du monde, le transport des personnes et des marchandises est une source importante d'émissions de polluants atmosphériques, de GES, de SACO (provenant des appareils de climatisation des automobiles) et de substances PBT (notamment le plomb [Pb] et d'autres métaux). Le transport routier, notamment les voitures automobiles fonctionnant à l'essence et au diesel et les poids lourds, représentent une fraction dominante des émissions de NO_x et une fraction importante des émissions de CO₂, de CO, de COVNM et de CN (**figure 5.3**; Hoesly *et al.*, 2018). La circulation routière contribue également aux émissions de matières particulaires primaires résultant de l'usure des pneumatiques et des freins et de la poussière des routes (non incluses dans la **figure 5.3**). Étant donné que les voitures et les camions circulent et émettent des polluants à proximité des lieux d'habitation et de travail des populations, leur impact sur l'exposition aux polluants atmosphériques et sur les incidences sur la santé est plus important que leur part des émissions totales.

L'activité totale du transport routier étant plus importante en Amérique du Nord et en Europe que dans les autres régions, elle est donc la source d'émissions de CO₂ plus élevées, mais ces émissions sont demeurées stables depuis dix ans, car les améliorations du rendement énergétique ont suivi le rythme de la demande de transport (Hoesly *et al.*, 2018). Les émissions d'autres polluants liés aux transports en Amérique du Nord et en Europe ont baissé grâce à l'instauration de normes sur les émissions des véhicules et les carburants (voir la section 12.2).

Dans les pays en développement, les émissions du transport routier continuent de croître, étant donné que l'utilisation des véhicules s'accroît plus rapidement que les améliorations technologiques, et ce, en dépit de l'instauration de normes d'émissions et de carburants, lesquelles sont à la traîne par rapport aux normes en vigueur en Amérique du Nord et en Europe. La mise en œuvre de technologies plus propres est ralentie par le commerce des véhicules d'occasion en provenance des pays les plus riches (CEE-ONU et PNUE, 2017). Toutefois, la poursuite des progrès en matière de réduction de la teneur en soufre des carburants permettra d'utiliser des systèmes avancés de contrôle des émissions dans tous les pays.

À mesure que les normes d'émission sont plus largement appliquées aux véhicules automobiles, la fraction relative des émissions provenant des véhicules non automobiles, tels que les engins de construction lourds, augmente. Ces véhicules parfois alimentés au diesel et ayant une longue durée de vie seraient de bons candidats pour les technologies de contrôle de la modernisation ou les carburants de substitution.

Le transport maritime touche 80 % des produits commerciaux dans le monde, mesurés au volume (Forum international des transports,

2017) ; il a connu une croissance de plus de 300 % entre 1990 et 2015, mesurée en tonnes-milles (Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement [CNUCED], 1997 ; CNUCED, 2017). Consommant généralement les produits pétroliers les plus lourds, les navires constituent une source importante d'émissions de SO₂ et de CO₂ à l'échelle mondiale et une source d'émissions de SO₂, de NO_x et de CN dans les régions côtières et les villes portuaires. Des zones de contrôle des émissions ont été instaurées en vertu du droit international (couvrant par exemple la mer du Nord, la mer Baltique et les eaux côtières d'Amérique du Nord) et national (par exemple, dans les ports et les eaux intérieures de la Chine). L'Organisation maritime internationale a annoncé de nouvelles normes d'émissions et de carburants qui devraient réduire considérablement les émissions des navires à partir de 2020.

Le transport aérien contribue modestement, mais de plus en plus, aux émissions mondiales : il représente moins de 2 % des émissions mondiales de CO₂ d'origine anthropique provenant de la combustion de combustibles (AIE, 2017). Entre 2000 et 2016, le transport aérien de passagers dans le monde (en passagers-km) s'est accru de 235 % et le fret aérien (en tonnes-km), de 174 % (AIE, 2017 ; Organisation de l'aviation civile internationale [OACI], 2016a). Les aéronefs émettent des polluants directement dans la haute atmosphère, où leur impact sur la formation d'ozone et le forçage climatique est plus important que s'ils étaient émis près de la surface. L'apport du CO₂ de l'aviation au forçage radiatif est bien quantifié, mais les aéronefs émettent aussi de la vapeur d'eau et d'autres gaz et aérosols à haute altitude qui déclenchent la formation de nuages, modifient les nuages naturels et altèrent les concentrations d'ozone et de méthane dans la haute troposphère et la basse stratosphère. Les effets de ces changements sur le forçage climatique ne sont pas bien quantifiés (Brasseur *et al.*, 2016 ; Fahey *et al.*, 2016). En 2016, l'OACI a adopté le Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA), un système de compensation et de réduction des émissions de carbone qui vise à limiter les émissions nettes de CO₂ de l'aviation internationale au niveau de celles de 2020 (OACI, 2016b).

5.2.3 L'industrie

Le secteur de l'industrie englobe le secteur manufacturier et le secteur minier. L'industrie émet des polluants atmosphériques, des GES, des SACO et des substances PBT, ce qui ouvre des perspectives de contrôle sur plusieurs polluants. Les émissions et les contrôles d'émissions sont parfois propres à une industrie, à un procédé ou même, dans certains cas, à une région.

Près des deux tiers des émissions historiques de CO₂ et de CH₄ peuvent être imputés à 90 sociétés appartenant à des investisseurs ou à des États et impliquées dans la production de combustibles fossiles et de ciment (Heede, 2014). De 1990 à 2014, les émissions mondiales générées par l'industrie se sont accrues pour tous les polluants sauf le SO₂ (**figure 5.3**), car la baisse des émissions observée en Europe et en Amérique du Nord a été moins marquée que la hausse constatée dans les autres continents. Les émissions industrielles mondiales de SO₂ ont chuté de 26 % de 1990 à 1999, eu égard à la baisse des émissions en Europe et en Amérique du Nord, et se sont accrues après 1999, en raison d'une augmentation considérable des émissions en Chine (jusqu'en 2012, suivie d'une baisse ; Zheng *et al.*, 2018) et dans d'autres pays asiatiques (Hoesly *et al.*, 2018).

Le grand nombre de produits industriels, de nanomatériaux et de produits chimiques créés récemment pose un défi de taille en termes de réglementation et de contrôle. Souvent, les émissions de ces produits ne sont ni réglementées ni quantifiées, de sorte que leurs effets sur l'environnement et la santé sont inconnus.

L'innovation technologique, le transfert de technologie et l'adoption d'une réglementation plus stricte en matière d'émissions afin



d'améliorer l'efficacité énergétique dans les secteurs manufacturier et minier sont essentiels à la réduction des émissions. On peut citer, entre autres exemples, une technologie plus propre des fours à briques, testée en Asie et en Amérique latine (Maitheil *et al.*, 2012 ; Centre pour les droits de l'homme et l'environnement et CCAP, 2015) ; des technologies et approches plus propres afin de réduire ou d'éliminer l'utilisation du mercure dans l'EMAPE, testées dans plusieurs pays (Agence de protection de l'environnement [US EPA], 2018a) ; et le mécanisme *Perform-Achieve-Trade* pour l'industrie à forte intensité énergétique en Inde (Kumar et Agarwala, 2013 ; Bhandari et Shrimali, 2018).

5.2.4 Le secteur résidentiel et commercial

Environ 3,1 milliards de personnes, soit environ 43 % de la population mondiale en 2014, dépendent de la combustion de combustibles tels que le bois, les résidus de culture, le fumier, le charbon et le pétrole pour la cuisson de leurs aliments et pour le chauffage et l'éclairage de leurs habitations (OMS, 2016a). Ces combustibles constituent la principale source d'émissions de CN et de Corg à l'échelle mondiale et une source importante d'émissions de matières particulaires primaires, d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), de CO et de CO₂ (Hoesly *et al.*, 2018). À l'échelle mondiale, l'exposition à la fumée provenant des résidences est l'un des principaux facteurs de risque pour l'hygiène du milieu (Cohen *et al.*, 2017). Le manque d'accès à l'énergie domestique propre est plus criant dans les pays à faible revenu et à revenu moyen, mais on utilise également des combustibles polluants dans les pays à revenu élevé et aussi bien en milieu urbain que rural. Les femmes et les enfants sont les plus exposés à la pollution de l'air à l'intérieur des habitations et supportent également la charge la plus lourde en ce qui concerne la collecte ou l'achat de ces combustibles (OMS, 2016b). L'amélioration de l'accès à des foyers et combustibles plus propres (notamment les granulés de bois, le gaz de pétrole liquéfié, le gaz naturel et les sources d'électricité) a été identifiée comme étant une priorité mondiale et, malgré les progrès réalisés, de nombreux défis subsistent (Alliance mondiale pour les foyers améliorés, 2014 ; OMS, 2016a) (voir la section 12.2.3).

Les besoins en énergie de l'environnement bâti (principalement la construction, le chauffage, la climatisation et l'éclairage des bâtiments résidentiels et commerciaux) produisent une bonne part des émissions de GES dans les économies développées et dans certaines villes des économies en développement. Il est nécessaire d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments et des villes pour réaliser les objectifs mondiaux d'atténuation des émissions de GES et pour obtenir des avantages connexes sur le plan de la qualité de l'air. Ces améliorations passent par des stratégies telles que les normes de construction, les systèmes d'étiquetage et de notation, l'aménagement du territoire, les incitations fiscales, le financement, les engagements volontaires, la sensibilisation et l'éducation.

5.2.5 La gestion des déchets

Certes, la plupart des pays développés se sont tournés vers des technologies plus propres et plus efficaces de gestion des déchets, mais les pays en développement demeurent confrontés à des problèmes fondamentaux à ce chapitre. Le déversement à ciel ouvert et le brûlage des déchets solides demeurent prédominants dans les pays à faible revenu et se pratiquent toujours dans de nombreuses villes des pays à revenu moyen inférieur ou supérieur. Selon les estimations, deux milliards de personnes dans le monde n'ont pas accès à des services de collecte des déchets solides, pendant que trois milliards de personnes n'ont pas accès à des installations adéquates d'élimination des déchets (PNUE et Association internationale des déchets solides, 2015). Environ 64 millions de personnes sont directement touchées par le déversement incontrôlé et le brûlage à ciel ouvert dans les 50 plus grandes décharges du monde, dont 42 se trouvent à moins

de deux kilomètres d'implantations humaines (Waste Atlas Partnership, 2014).

La combustion de déchets à ciel ouvert émet du CO₂, du CH₄, des COVNM et des matières particulaires (MP), et constitue une source importante de POP, notamment des dioxines et des furannes, dans de nombreux pays en développement (PNUE, 2014a ; PNUE, 2014b ; PNUE, 2015a ; PNUE, 2015b). Dans les pays développés, le secteur des déchets constitue également une source importante de CH₄, de métaux et de POP. L'exportation illicite d'équipements électriques et électroniques mis au rebut (déchets électroniques) des pays industrialisés vers les pays en développement (Rucevska *et al.*, 2015) entraîne d'importantes émissions de POP et d'autres contaminants organiques semi-volatils (par exemple, les autres retardateurs de flamme halogénés) dans les zones informelles de réception et de traitement des déchets électroniques (Breivik *et al.*, 2016).

5.2.6 Le secteur agricole et forestier

Un large éventail de pratiques agricoles et d'élevage affecte le cycle de l'azote et les émissions de GES, et accroît la pollution par les engrais et les pesticides, ce qui favorise la perte de la diversité biologique et la dégradation des sols (DeLonge, Miles et Carlisle, 2016). L'agriculture, la foresterie et les autres utilisations du sol sont la source de 25 % des émissions mondiales de GES (Seto *et al.*, 2014). Dans les pays développés, l'agriculture représente environ 10 % des inventaires nationaux de GES (Agence européenne pour l'environnement, 2017 ; US EPA, 2017), tandis que dans les pays en développement, sa part est nettement plus substantielle.

La production, la distribution et la consommation de viande et de produits laitiers ont des impacts environnementaux importants à des échelles allant du local au mondial (Leip *et al.*, 2015). Les exploitations industrielles de production de viande et d'élevage sont d'importantes sources de GES, de NH₃, de poussières et de bioaérosols (Cole et McCoskey, 2013). Les émissions mondiales de GES provenant de l'élevage du bétail se sont accrues de 51 % entre 1961 et 2010, principalement en raison d'une hausse de 117 % dans les pays en développement, atténuée par une baisse de 23 % dans les pays développés (Caro *et al.*, 2014 ; Pagano *et al.*, 2017). La production animale est à l'origine de 9 % des émissions totales de GES (Caro *et al.*, 2014). Les vaches laitières et les bovins de boucherie constituent la principale source de ces émissions (74 %). Les émissions de N₂O et de CH₄ qui émanent du fumier abandonné sur les pâturages, de la gestion du fumier et de sa fermentation se sont accrues de 57 % à l'échelle mondiale au cours de la même période. Toutefois, certaines techniques de rotation et de gestion des pâturages permettent de réduire la production de GES par ce bétail, tout en préservant la diversité biologique (Nordborg et Røös, 2016).

Outre l'élevage, l'utilisation d'engrais entraîne des émissions importantes de NH₃, qui représentent environ 75 % des émissions anthropiques et environ 60 % des émissions totales de NH₃ à l'échelle mondiale (Ciais *et al.*, 2013). Ces émissions contribuent à la formation de MP à l'échelle régionale et ont des effets néfastes sur les écosystèmes terrestres, d'eau douce et marins (Galloway *et al.*, 2003).

Les pratiques d'irrigation et de fertilisation des cultures en général, ainsi que la gestion des pâturages, peuvent influencer sur le taux de respiration des sols et, partant, sur la quantité de CO₂ qu'ils émettent dans l'atmosphère (PNUE, 2017c). Les pesticides utilisés dans les applications agricoles constituent une source importante de POP non réglementés dans l'environnement et la chaîne alimentaire, produisant divers effets néfastes sur la santé (voir la section 4.3.4).

La combustion de la biomasse – notamment les incendies de forêt, le brûlage dirigé des résidus de cultures et de forêts et le brûlage dirigé des forêts et de la savane pour le défrichage – contribue de façon significative à la pollution atmosphérique par l'émission de CO, de Corg, de CN, de NO_x et de NH₃, ainsi que de GES, de CO₂ et de CH₄. Les principaux types de biomasse brûlée sont la savane en Afrique, la forêt boréale sur le territoire de l'ex-Union soviétique, la savane et la forêt tropicale en Amérique latine, et la savane, la tourbe et la forêt tropicale en Asie de l'Est. La combustion de la biomasse en Asie du Sud-Est et la sécheresse déclenchée par El Niño en 2015 et 2016, conjuguées à la déforestation anthropique des marécages tourbeux et aux effets des vastes incendies antérieurs, ont entraîné de graves épisodes de pollution atmosphérique régionale (Wooster, Perry et Zoumas, 2012 ; Koplitz *et al.*, 2016 ; Parker *et al.*, 2016) (voir la section 12.2.5).

5.2.7 Les émissions naturelles et le changement d'utilisation du sol

Des sources naturelles contribuent également aux émissions, mais dans certaines régions, les populations exercent une forte influence sur ces émissions en modifiant l'utilisation du sol, en particulier par l'expansion des terres cultivées (Pacífico *et al.*, 2012 ; Ciais *et al.*, 2013). Dans les régions arides et semi-arides telles que l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient, la poussière soulevée par le vent provenant des paysages naturels et des terres cultivées non protégées est la principale source de MP atmosphériques et la fraction dominante de MP grossières (Ginoux *et al.*, 2012 ; Albani *et al.*, 2014). Des pratiques de gestion durable des terres et des eaux peuvent réduire l'intensité des tempêtes de sable et de poussière, tout en contribuant à ralentir la désertification, à préserver la diversité biologique et à atténuer le changement climatique. Les plans d'action régionaux et nationaux, notamment ceux élaborés dans le cadre de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), favorisent la lutte contre les causes sous-jacentes des tempêtes de sable et de poussière (PNUE, OMM et CNULCD, 2016).

À l'échelle mondiale, la végétation terrestre est la principale source de COVNM atmosphériques, dont elle produit une quantité dix fois plus grande que les sources anthropiques (Guenther *et al.*, 2012 ; Sindelarova *et al.*, 2014). Les COVNM biogènes ont tendance à être très réactifs et peuvent contribuer de façon importante à la formation d'O₃ et de MP, même dans les zones urbaines (Chameides *et al.*, 1988). Les processus microbiens du sol constituent une partie importante du cycle de l'azote et peuvent être une source importante d'émissions de NO_x à l'extérieur des zones urbaines et la source dominante d'oxyde nitreux (N₂O), un puissant GES, à l'échelle mondiale (Ciais *et al.*, 2013). Les émissions de NO_x émanant du sol sont extrêmement élevées dans les terres cultivées, car l'épandage d'engrais accroît la teneur en azote du sol (Vinken *et al.*, 2014). On estime que, depuis les années 1850, la déforestation liée à l'expansion des terres cultivées et des pâturages a réduit de 10 à 35 % les émissions annuelles mondiales de COVNM biogènes et contribué à accroître d'environ 50 % les émissions de NO_x dans le sol, sauf dans certaines parties de l'est des États-Unis et de l'Europe occidentale qui ont été reboisées (Unger, 2014 ; Heald et Geddes, 2016). Selon Bouwman *et al.* (2013), les émissions de N₂O provenant des terres agricoles ont triplé au cours du XX^e siècle.

La respiration du sol constitue une importante source de CO₂ dans l'atmosphère à l'échelle mondiale (Hashimoto *et al.*, 2015), dont l'apport s'est accru au cours des dernières décennies (Bond-Lamberty *et al.*, 2018).

5.3 État : la composition de l'atmosphère et le climat

En ce qui concerne la météorologie et les variables climatiques, l'OMM coordonne un système d'observation mondial bien élaboré, dont la couverture spatiale permet de suivre les tendances régionales. Toutefois, pour ce qui est de la composition de l'atmosphère, la quantité d'informations disponibles varie considérablement selon le polluant et la région. Les pays d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Asie de l'Est disposent de réseaux de suivi *in situ* bien développés pour l'O₃ troposphérique et les MP, ainsi que pour le SO₂, le CO et, dans certaines régions, le NO et le NO₂. Pour les autres polluants, les observations tendent à être relativement rares. Il est nécessaire d'établir un catalogue mondial des métadonnées des stations de surveillance, ce qu'on s'efforce actuellement de faire en étendant le Global Atmospheric Watch Station Information System (GAW SIS) – le système d'information sur les stations de surveillance atmosphérique de l'OMM (<https://gawsis.meteoswiss.ch>) – et son Outil d'analyse et d'examen de la capacité des systèmes d'observation (OSCAR, <https://oscar.wmo.int>). Pour plusieurs régions du monde, cependant, la densité et la couverture des réseaux terrestres ne sont pas suffisantes pour dégager des tendances représentatives sur le plan spatial. Les observations des satellites, des aéronefs et d'autres plateformes, ainsi que les modèles de la chimie atmosphérique et du transport, sont un complément nécessaire aux réseaux conventionnels.

Les instruments satellitaires en orbite polaire actuels fournissent des observations globales sur un certain nombre de polluants atmosphériques importants (notamment les MP, l'O₃, le CO, le SO₂, le NO₂, le NH₃, le formaldéhyde et le CH₄), mais à une résolution temporelle, spatiale et verticale relativement faible (Duncan *et al.*, 2014 ; Duncan *et al.*, 2016). Toutefois, dans certaines régions du monde, les seules informations disponibles viennent des observations mensuelles moyennes de la colonne totale effectuées par satellite. Les efforts actuels visant à mieux comprendre la relation entre les observations spatiales et terrestres devraient aider à combler les lacunes des données dans les régions où le suivi est insuffisant (par exemple, Snider *et al.*, 2015).

Les agences spatiales de la Corée du Sud, des États-Unis et de l'Europe sont en voie de déployer une constellation de satellites géostationnaires au-dessus de l'Asie de l'Est, de l'Amérique du Nord, de l'Europe, de l'Afrique du Nord et de la Méditerranée en vue de mesurer l'O₃, les MP et leurs précurseurs. Ces instruments en orbite géostationnaire auront une résolution temporelle et spatiale beaucoup plus fine que les satellites actuels en orbite polaire et produiront une mine d'informations sur la pollution atmosphérique au-dessus de ces régions en temps quasi réel (Comité sur les satellites d'observation de la Terre, 2011).

À l'autre extrémité du spectre des coûts et de la complexité, des capteurs électroniques peu coûteux servant à mesurer différents polluants sont en voie d'être conçus, vendus aux gouvernements, aux entreprises et même aux particuliers, et déployés dans divers environnements mobiles et stationnaires (par exemple, Apte *et al.*, 2017). La qualité de l'information est très variable et, actuellement, elle est faible, mais des efforts sont déployés afin de mieux comprendre le rendement de différents capteurs et d'élaborer des tests et directives normalisés sur la façon de les déployer et d'utiliser les observations recueillies (PNUE, 2016 ; Lewis *et al.*, 2017 ; US EPA, 2018b).

De plus en plus, les informations sur la qualité de l'air provenant des réseaux terrestres ainsi que les prévisions de la qualité de l'air sont rendues publiques. Les États-Unis ont été les premiers à mettre en place de tels systèmes, avec AirNow.gov dès 1998, et des informations similaires sont désormais disponibles dans des pays et des villes du monde entier, ainsi que par l'entremise de plateformes ouvertes (par exemple, OpenAQ.org) (voir la section 12.2.4).

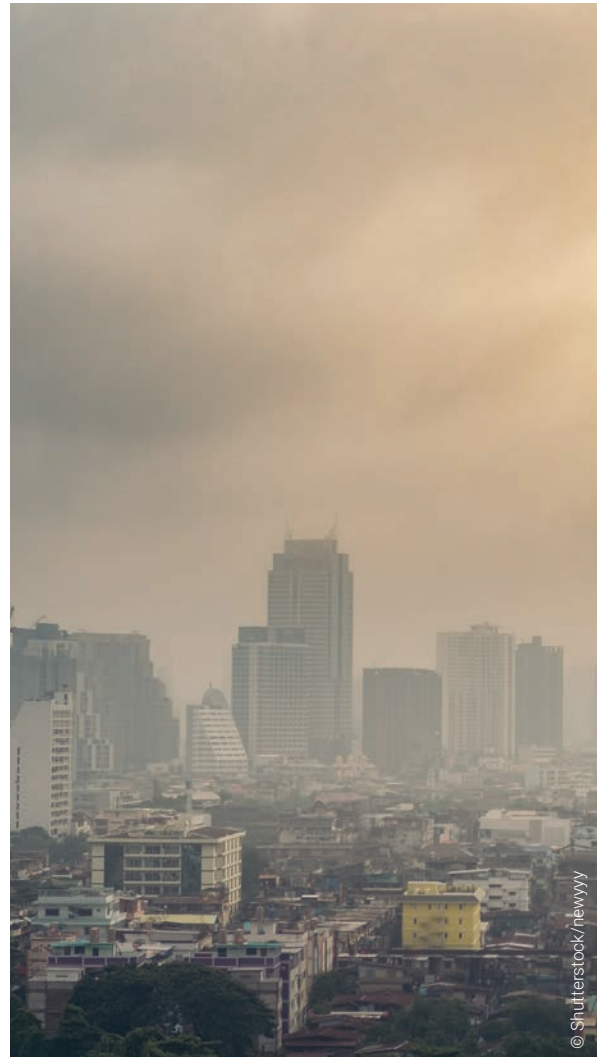


5.3.1 La pollution atmosphérique : de l'échelle urbaine à l'échelle mondiale

Du point de vue de la santé publique mondiale, les deux polluants atmosphériques les plus importants sont les MP et leurs composants et l'O₃ troposphérique. Les MP contenues dans l'air ambiant peuvent être émises directement sous forme de particules fines (tels le CN, le Corg et la poussière du sol) ou se former dans l'atmosphère à partir des émissions de précurseurs gazeux (tels le SO₂, les NO_x, le NH₃ et les COVNM). L'O₃ troposphérique n'est pas émis directement ; il se forme dans l'atmosphère à partir de réactions des NO_x, des COVNM, du CH₄ et du CO (Seinfeld et Pandis, 2016). À l'échelle mondiale, les concentrations annuelles moyennes de MP_{2,5} les plus élevées s'observent dans les régions affectées par le sable et la poussière éoliens (telles l'Afrique du Nord et l'Asie occidentale), les incendies (comme l'Afrique centrale et l'Amérique latine) et la pollution anthropique (par exemple, l'Asie du Sud et de l'Est) (Cohen *et al.*, 2017 ; Shaddick *et al.*, 2018) (**figure 5.7**). Des observations satellitaires réalisées de 1998 à 2012 donnent à penser que la concentration de MP_{2,5} a diminué significativement dans l'est de l'Amérique du Nord et s'est accrue en Asie occidentale, en Asie du Sud et en Asie de l'Est (Boys *et al.*, 2014). Les mesures au sol laissent présumer que les tendances observées en Amérique du Nord, en Asie du Sud et en Asie de l'Est sont liées à une évolution de la pollution anthropique, mais que les changements observés en Asie de l'Ouest sont dus à des variations du sable et de la poussière éoliens (Boys *et al.*, 2014).

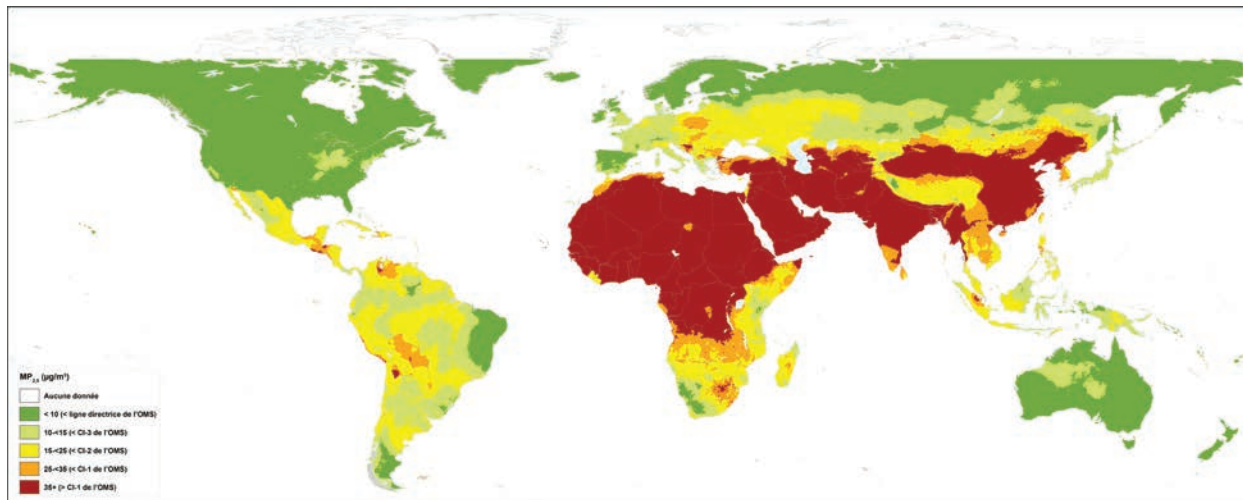
C'est dans les latitudes moyennes septentrionales et les tropiques que la concentration d'O₃ troposphérique est la plus élevée, et celle-ci atteint des sommets pendant la saison chaude. L'Amérique du Nord, la Méditerranée, l'Asie du Sud et l'Asie de l'Est sont des foyers de pollution à l'O₃ (**figure 5.8**). Toutefois, on estime qu'il y a également de fortes concentrations d'O₃ pondérées en fonction de la population en Afrique centrale, en Asie occidentale et en Asie du Sud-Est (Health Effects Institute [HEI], 2017).

Les observations satellitaires révèlent une évolution rapide des concentrations de SO₂ et de NO₂ troposphériques depuis 10 à 15 ans, marquée par des tendances à la baisse en Europe et en Amérique du Nord et par des tendances à la hausse dans certaines régions d'Asie de l'Est, d'Asie du Sud, d'Afrique et d'Amérique du Sud (Schneider, Lahoz et van der A, 2015 ; Geddes *et al.*, 2016 ; Krotkov *et al.*, 2016).



© Shutterstock/newyy

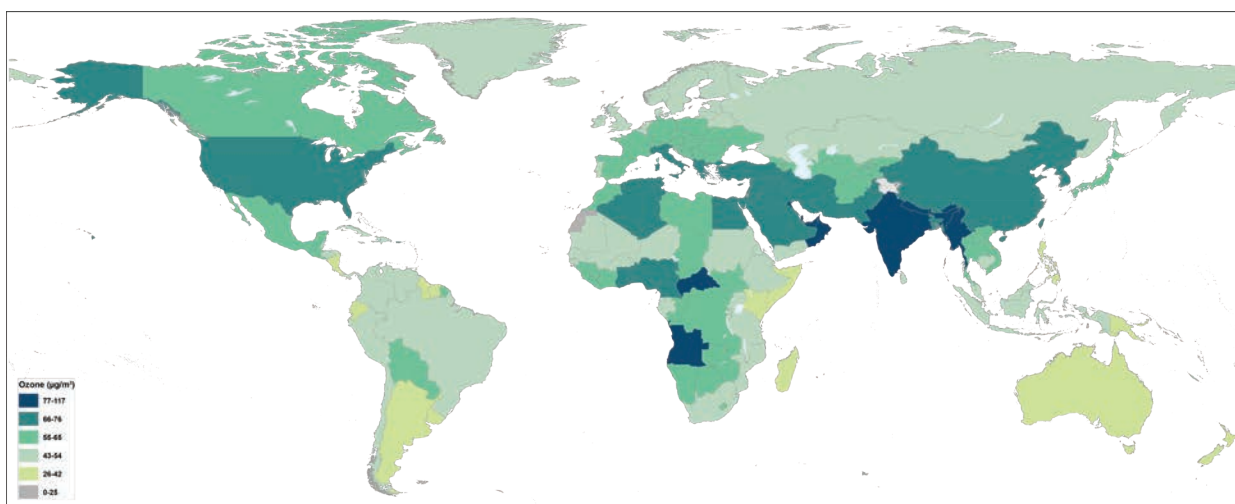
Figure 5.7 : Concentrations annuelles moyennes de MP_{2,5} en 2016 par rapport à la Ligne directrice de l'OMS sur la qualité de l'air et aux cibles intermédiaires



Cette carte regroupe des données provenant d'observations satellitaires, de moniteurs de surface et d'un modèle de chimie et de transport atmosphériques. CI = Cible intermédiaire.

Source : Shaddick *et al.* (2018).

Figure 5.8 : Concentration moyenne saisonnière d'ozone pondérée en fonction de la population en 2016 pour la saison où la concentration est la plus forte, par pays

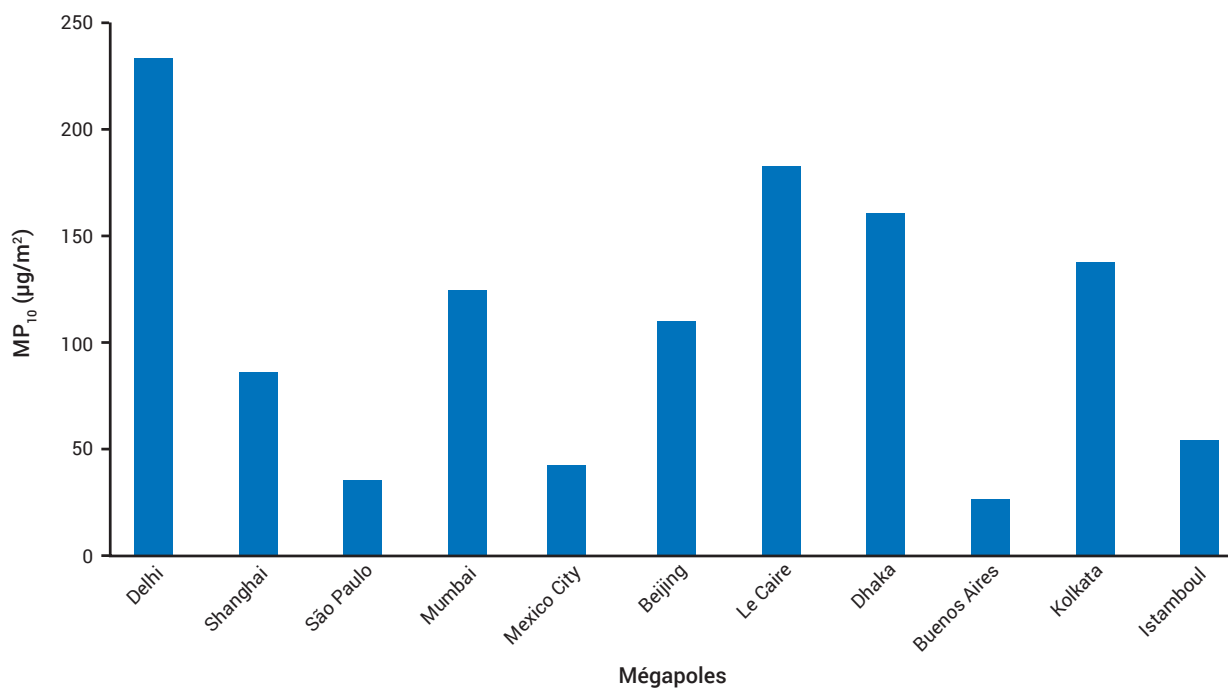


Source : HEI (2018).

Les zones urbaines, qui abritent plus de la moitié de la population mondiale, ont des niveaux globaux de pollution atmosphérique relativement élevés. Un examen des observations publiées sur les $MP_{2,5}$ pour 71 mégalopoles (de plus de cinq millions d'habitants) en 2013 révèle que, sur 45 mégalopoles pour lesquelles des observations étaient disponibles, seulement quatre se sont conformées à la ligne directrice de l'OMS relative aux moyennes annuelles (Cheng *et al.*, 2016) (**figure 5.9**). Les villes affichant les

taux les plus élevés étaient regroupées dans le centre-est de la Chine et dans la plaine indo-gangétique. Beaucoup de villes des pays à faible revenu et à revenu moyen n'ont pas de mesures à disposition, mais dans celles où des données sont disponibles, les lignes directrices de l'OMS pour les $MP_{2,5}$ ou les MP_{10} sont dépassées dans 98 % des cas, contre 56 % dans les villes de pays à revenu élevé pour lesquelles des données sont disponibles (OMS, 2016b).

Figure 5.9 : Moyenne annuelle des concentrations de MP_{10} dans les mégalopoles de plus de 14 millions d'habitants pour lesquelles des données sont disponibles, 2011-2015



Source : OMS (2016b).



La circulation, la combustion de combustibles en milieu résidentiel, la production d'électricité, l'industrie et l'agriculture contribuent toutes à la pollution atmosphérique urbaine, bien que l'apport des différents secteurs dans chaque ville puisse varier considérablement (Karagulian *et al.*, 2015). Dans les villes en expansion d'Afrique, d'Asie et d'autres régions en développement, on a noté une hausse rapide et sans précédent du nombre de véhicules, sous l'effet de la croissance démographique et du développement économique (par exemple, Adiang *et al.*, 2017). Selon les prévisions, d'ici à 2030, on dénombrera 41 mégapoles (de plus de dix millions d'habitants), dont la majorité se trouvera dans les pays en développement (ONU, 2016b). Les effets de la pollution causée par les mégapoles s'étendent, bien au-delà de la zone urbaine, à l'échelle locale, régionale et mondiale (Ang'u, Nzioka et Mutai, 2016 ; OMS, 2016b).

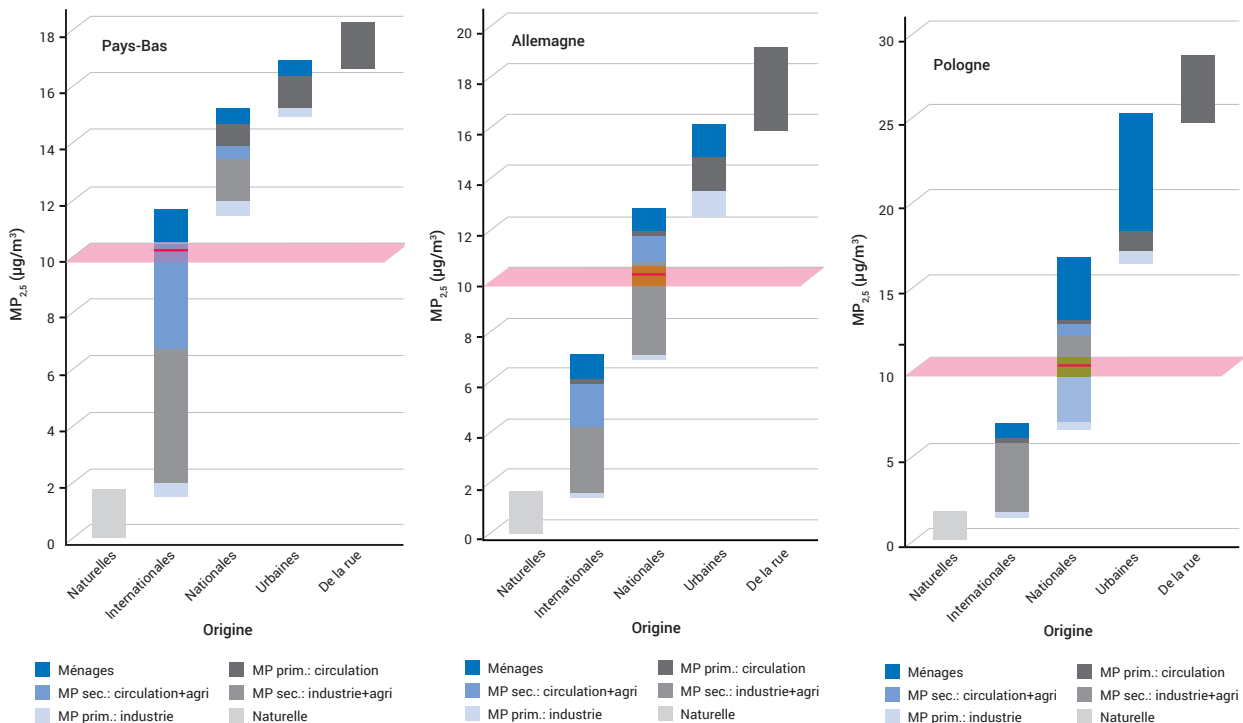
La pollution atmosphérique observée dans un endroit donné peut être constituée d'apports provenant de sources locales, régionales et même mondiales (figure 5.10).

L'amélioration des modèles mondiaux, le suivi supplémentaire, les études sur le terrain et les observations cumulées à partir d'instruments satellitaires nous ont permis de mieux comprendre les processus et les tendances à l'origine de ce transport de la pollution sur de si grandes distances. Toutefois, il demeure difficile de quantifier l'apport absolu des sources éloignées aux valeurs observées un jour donné. Les données recueillies pour le Tropospheric Ozone Assessment Report (TOAR) montrent que, selon les tendances récentes, les valeurs maximales sur lesquelles reposent la plupart des normes sanitaires connaissent une forte baisse en Amérique du Nord et en Europe et une forte hausse dans certaines parties de l'Asie de l'Est. Toutefois, en ce qui concerne

les concentrations moyennes diurnes d'O₃ en été, les tendances sont plus mitigées en Amérique du Nord et en Europe de l'Ouest, certains sites affichant des hausses importantes (Chang *et al.*, 2017 ; Schultz *et al.*, 2017). Cette constatation concorde avec les observations d'une hausse des concentrations d'O₃ « de fond » au-dessus de la couche limite dans tout l'hémisphère Nord (Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollution, 2010 ; Parrish *et al.*, 2014). La tendance à la hausse des concentrations d'O₃ stratosphérique observée de 1980 à 2010 peut être due principalement à un déplacement vers l'équateur de la répartition des émissions mondiales de précurseurs, dont l'effet est plus important que celui de la hausse combinée des concentrations de méthane au plan mondial et de la masse totale des autres émissions de précurseurs (Zhang *et al.*, 2016).

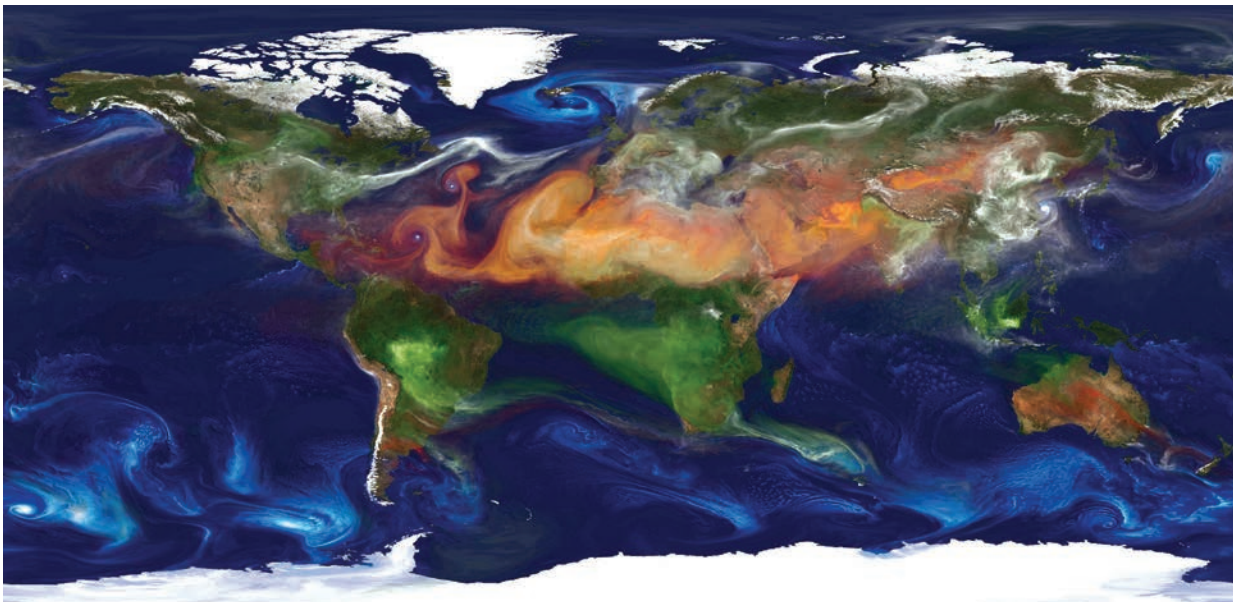
Sur une base annuelle, le sable et la poussière éoliens constituent la plus grande source de MP dans l'atmosphère à l'échelle mondiale. Une « ceinture de poussière » s'étend de la côte ouest de l'Afrique du Nord à la Mongolie et à la Chine, en passant par le bassin méditerranéen, le Moyen-Orient, et l'Asie centrale et du Sud (figure 5.11). Elle comprend à la fois des zones naturelles – tels les déserts du Sahara et du Taklamakan – et des zones agricoles. En dehors de la ceinture de poussière, les tempêtes de sable et de poussière (TSP) sont moins fréquentes, mais elles peuvent avoir de fortes incidences locales en Australie centrale, en Afrique australe (Botswana et Namibie), dans l'Atacama sud-américain et dans le Grand Bassin d'Amérique du Nord (PNUE, OMM et CNUCLD, 2016). Les populations influent sur les sources de poussière par le biais du défrichage, des pratiques de gestion des terres et d'autres influences sur la désertification (voir la section 8.4.2). Le PNUE, l'OMM et la CNUCLD (2016) concluent qu'il a eu peu de changement dans la fréquence et la gravité des TSP en Afrique du

Figure 5.10 : Les estimations modélisées des sources de MP_{2,5} observées dans plusieurs villes de trois pays révèlent que les particules secondaires provenant de sources transfrontalières exercent une forte influence sur les concentrations locales de MP_{2,5}. Les sources d'émissions sont réparties en cibles naturelles, internationales (à l'extérieur du pays), nationales (au sein du pays, mais à l'extérieur de la zone urbaine), urbaines (dans la ville), de la rue (dans le voisinage immédiat de l'observation) et provisoires.



Source : Reproduit de PNUE et CEE (2016), d'après Kiesewetter et Amann (2014).

Figure 5.11 : La « ceinture de poussière »



À partir d'une modélisation mondiale, les profondeurs optiques des aérosols attribuables à différents types de MP sont représentées par différentes couleurs: poussière (rouge et jaune), carbone noir et organique (vert), sulfate (blanc), sel marin (bleu).

Source : Puttman et da Silva (2013).

Nord, au Moyen-Orient et en Amérique du Sud depuis 30 ans, mais des hausses importantes ont été observées en Amérique du Nord, en Asie centrale et en Australie. Klingmuller *et al.* (2016) constatent une tendance à la hausse de la poussière au-dessus de vastes portions du Moyen-Orient entre 2001 et 2012, un constat corrélé avec des changements climatiques.

La poussière transportée contribue à un large éventail d'impacts : elle affecte le climat et le régime des précipitations, fertilise les forêts et les océans éloignés, contribue aux affections respiratoires humaines et propage des agents pathogènes humains, animaux et végétaux loin sous le vent de leur région d'origine. Dans la région d'origine, les tempêtes de poussière peuvent endommager les infrastructures, perturber les systèmes de transport et de communication et provoquer des accidents de la circulation aérienne et routière. Pour mieux comprendre, prévoir et atténuer ces effets, l'OMM a mis en place un système mondial d'alerte et d'évaluation en matière de tempête de sable et de poussière, le SDS-WAS (PNUE, OMM et CNULCD, 2016 ; OMM, 2017b).

Les incendies, principalement associés au défrichement ou à la foudre, constituent une autre source importante de pollution transfrontalière. En Asie du Sud-Est, les incendies pérennes de forêts et de tourbières – associés principalement à l'agriculture sur brûlis – s'intensifient pendant les saisons sèches (Page et Hooijer 2016 ; Wijedasa *et al.*, 2017). En 2015, des incendies ont recouvert la région de fumée, entraînant environ 100 000 décès prématurés liés à l'exposition à la pollution atmosphérique, surtout en Indonésie (Kopplitz *et al.*, 2016 ; voir la section 12.2.5). Les incendies de forêt boréale en Sibérie, au Canada et en Alaska contribuent au dépôt de CN et d'autres MP dans l'Arctique, ce qui assombrit la surface de la neige et de la banquise et en accélère la fonte (Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique [PSEA] 2011 ; PSEA, 2015).

5.3.2 Les substances persistantes, bioaccumulables et toxiques

Le Hg élémentaire gazeux est un polluant mondial dont les concentrations les plus élevées sont enregistrées en Asie de l'Est, du Sud et du Sud-Est, ainsi que dans les régions d'Afrique équatoriale et d'Amérique du Sud où se pratique l'extraction artisanale de l'or (**figure 5.12**) (PNUE et PSEA, 2018).

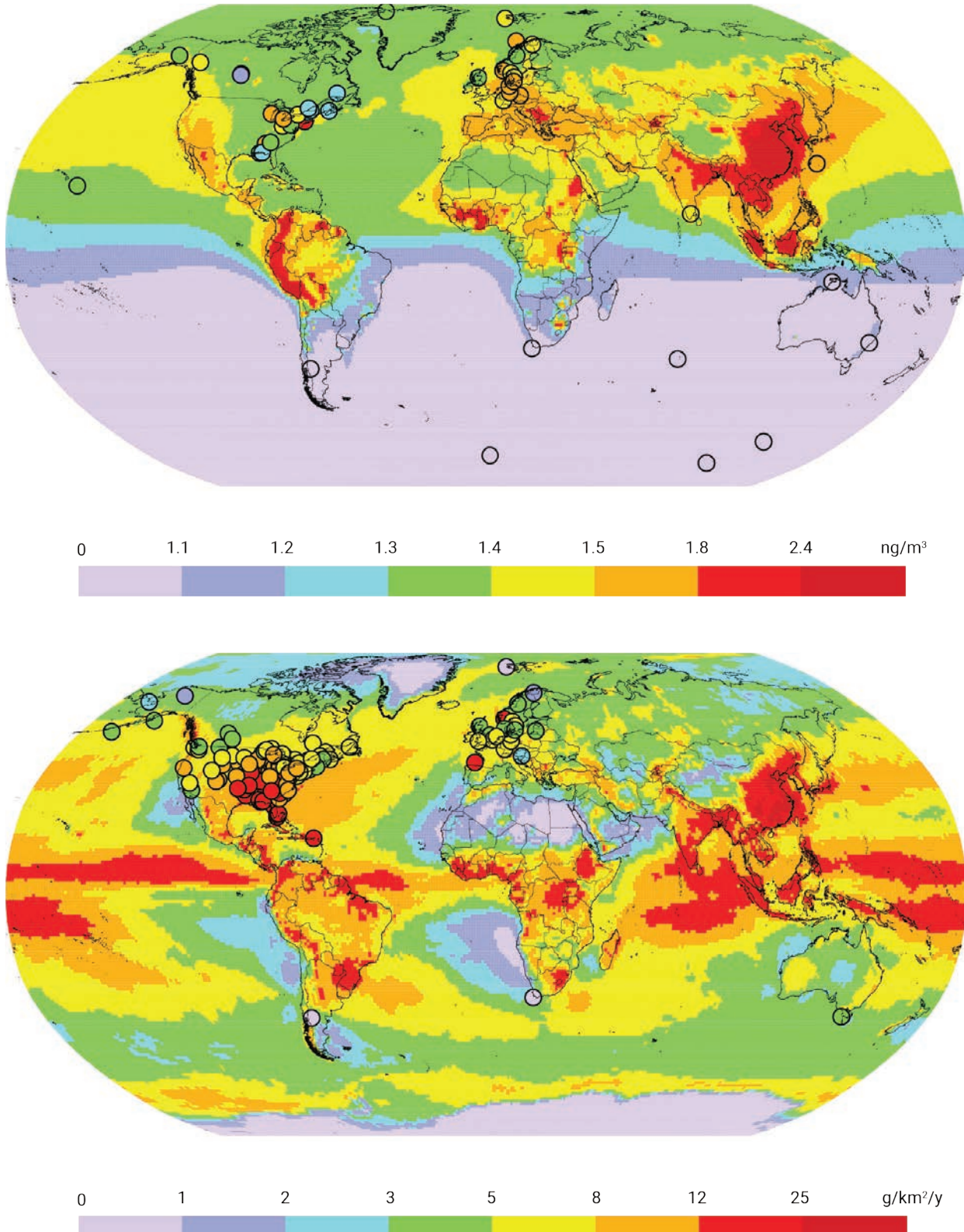
Les concentrations des POP réglementés et contrôlés dans le cadre de la Convention de Stockholm ont diminué en Europe, en Amérique du Nord, en Asie et dans le Pacifique (PNUE, 2014a ; PNUE, 2014b ; PNUE, 2015a ; PNUE, 2015b).

Les mesures des POP réglementés dans l'air et le biote de l'Arctique affichent des tendances largement à la baisse pour les substances interdites depuis plus de 20 à 30 ans dans les pays développés, mais le rythme de cette baisse s'est ralenti (Hung *et al.*, 2016). Les tendances des POP dans l'Arctique semblent être sensibles au changement climatique, un fait attribuable à une volatilisation accrue à la source (PSEA, 2014 ; Ma *et al.*, 2011) ainsi qu'à l'évolution des utilisations du sol et aux tendances des émissions dans l'Arctique, telles que la croissance de la production minière et du transport maritime (PNUE et PSEA, 2011 ; voir aussi les sections 4.3.2 et 4.3.3). Bien que l'Antarctique soit le continent le moins touché par les impacts anthropiques directs, on y trouve des niveaux de contamination faibles, mais parfois importants (Vecchiato *et al.*, 2015). Les concentrations de HAP et de BPC dans la neige de l'Antarctique ont baissé au cours des dernières décennies (Vecchiato *et al.*, 2015).

Cependant, les tendances des nombreuses nouvelles substances PBT ne sont pas encore établies, bien que des données de référence soient devenues disponibles dans certaines régions, notamment en Europe (PNUE, 2015a). Étant donné que certains POP ont été réglementés ou interdits, d'autres substances PBT non réglementées ont fait leur apparition en tant que substituts et sont



Figure 5.12 : Répartition mondiale de la concentration moyenne annuelle de mercure élémentaire gazeux dans l'air proche de la surface (en haut) et du flux de dépôts humides (en bas) en 2015, simulée par un ensemble de modèles



Les cercles indiquent les valeurs observées dans le cadre de la surveillance au sol.

Source : PNUE et PSEA (2018).

largement utilisées dans les biens de consommation tels que les meubles et les appareils électroniques et dans les matériaux de construction (Lee *et al.*, 2016 ; Rauert *et al.*, 2016). La croissance du nombre de POP réglementés et de substances candidates exerce une pression sur les ressources dont disposent les programmes de suivi existants (PNUE, 2015a). L'émission, le transport et le devenir environnemental des nouvelles substances PBT non réglementées diffèrent de ceux des POP réglementés, ce qui rend leur évaluation encore plus difficile.

5.3.3 L'ozone stratosphérique et le rayonnement ultraviolet

Les observations pérennes des SACO réalisées *in situ* au sol indiquent une nette baisse depuis la mise en œuvre du Protocole de Montréal (Newman *et al.*, 2007 ; Engel *et al.*, 2018). Toutefois, cette tendance à la baisse a connu un ralentissement d'environ 50 % après 2012 pour le CFC-11 (Montzka *et al.*, 2018). Certains indicateurs montrent que la couche d'O₃ stratosphérique commence à se rétablir. La concentration totale d'ozone dans la colonne atmosphérique a diminué sur la plus grande partie du globe au cours des années 1980 et au début des années 1990, mais elle demeure stable depuis 2000, et il existe des indications d'une hausse de la moyenne planétaire de la concentration totale d'ozone dans la colonne atmosphérique de 2000 à 2013 (figure 5.13) (OMM, 2014). Depuis l'an 2000 environ, les concentrations mesurées d'O₃ dans la haute stratosphère affichent une tendance à la hausse, et les résultats de modélisations indiquent que la baisse des concentrations de SACO et l'augmentation des concentrations de GES – laquelle, en refroidissant la stratosphère, a pour effet d'accroître la concentration de l'ozone stratosphérique – ont contribué de façon égale à la présence accrue d'ozone dans la haute stratosphère (OMM, 2014 ; Harris *et al.*, 2015 ; Chipperfield *et al.*, 2017). Au-dessus de l'Antarctique, on a observé des tendances positives pour la période de 2001 à 2013 en ce qui concerne les

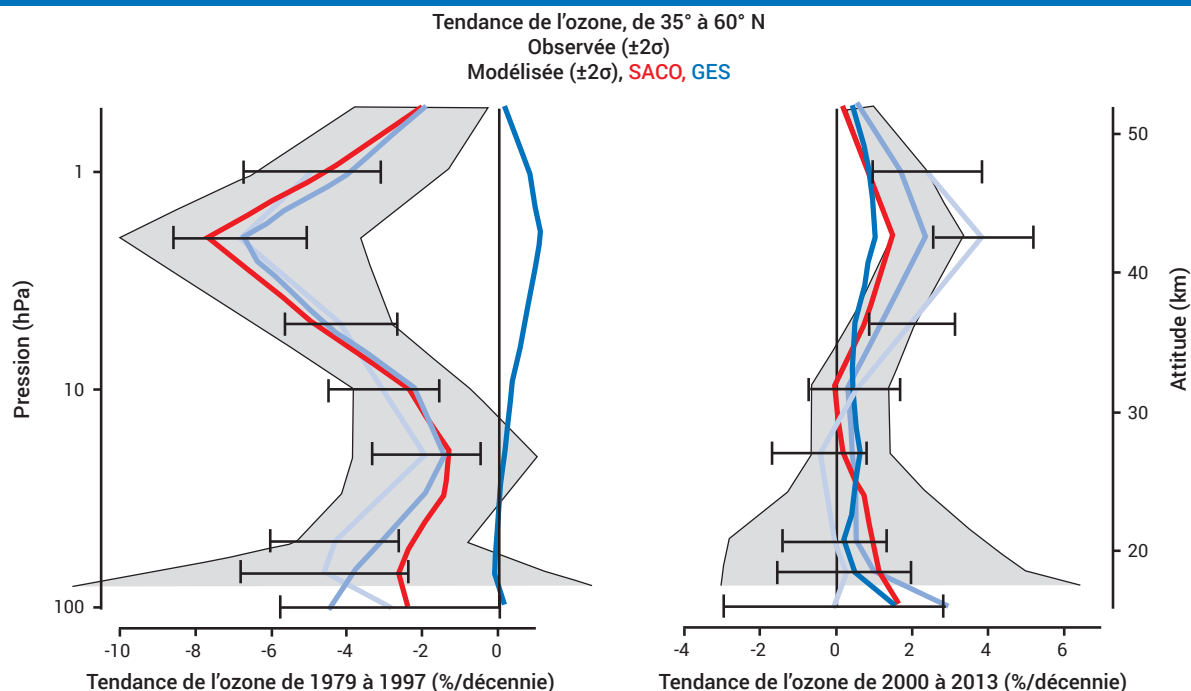
concentrations d'O₃ dans la basse stratosphère (de l'ordre de 10 à 20 km) pendant l'été austral et dans l'ensemble de la colonne atmosphérique au printemps et en été (Kuttippurath et Nair, 2017 ; Solomon *et al.*, 2017). Pour les latitudes moyennes (60° S et 60° N), il n'existe aucune indication précise du rétablissement de l'O₃, pour des raisons demeurées obscures (Ball *et al.*, 2018). On s'attend à ce que la baisse poursuivie des concentrations de SACO tout au long du XXI^e siècle s'accompagne d'une augmentation des concentrations d'O₃ stratosphérique, bien que les tendances seront de plus en plus dominées par les effets de la hausse des concentrations de GES ; par conséquent, la durée nécessaire au rétablissement de l'O₃ stratosphérique aux niveaux de 1960 est incertaine (Chipperfield *et al.*, 2017).

Le changement du rayonnement ultraviolet (UV) à la surface de la Terre en réponse au rétablissement de l'O₃ stratosphérique n'a pas encore été documenté, car ces changements sont encore occultés par l'atténuation variable du rayonnement UV par l'O₃, les nuages, les aérosols et d'autres facteurs (Bais *et al.*, 2018).

5.3.4 Le changement climatique

En 2016, les concentrations moyennes mondiales pondérées de CO₂, de CH₄ et de N₂O ont atteint respectivement 403,3 ± 0,1 ppm, 1 853 ± 2 ppb et 328,9 ± 0,1 ppb, ce qui correspond, respectivement, à des taux de 145 %, 257 % et 122 % supérieurs aux niveaux préindustriels (OMM, 2017c). Le taux de croissance mondial des concentrations de CO₂ de 2015 à 2016 a été le plus élevé des 30 dernières années (en partie à cause d'El Niño), et la concentration de CO₂ a atteint son plus haut niveau depuis au moins 800 000 ans. Les concentrations de CH₄ se sont stabilisées entre 1999 et 2006, mais elles s'accroissent depuis lors. Des études indiquent que parmi la variété de processus à l'origine

Figure 5.13 : Profils verticaux des tendances moyennes annuelles de l'O₃, de 35° à 60° N, établis en moyenne sur toutes les observations disponibles (en noir) pour les périodes de baisse (à gauche) et de hausse (à droite) des concentrations de SACO dans la stratosphère, et tendances modélisées correspondantes de l'évolution des SACO seulement (en rouge), des GES seulement (en bleu) et des deux groupes de substances (en gris)



Note : La marge d'incertitude de ±2 de l'erreur type des tendances est indiquée par les barres horizontales pour les observations et par la zone grise pour la tendance modélisée de l'ensemble des changements.

Source : OMM (2014).



de l'évolution du CH_4 , les principaux sont l'évolution des sources anthropiques, la fonte du pergélisol et les émissions émanant des zones humides (Dean *et al.*, 2018). Les concentrations de N_2O augmentent constamment depuis le milieu des années 1980. Les concentrations de produits de remplacement des CFC – tels les HCFC et les HFC, qui sont de puissants GES – augmentent de façon exponentielle depuis 2005, bien qu'elles demeurent faibles dans l'ensemble et qu'elles contribuent actuellement à hauteur de moins de 4 % au forçage radiatif combiné dû à l'ensemble des GES. Selon l'indice annuel d'accumulation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (AGGI) établi par l'Administration nationale des océans et de l'atmosphère des États-Unis, le forçage radiatif dû aux GES à longue durée de vie s'est accru de 78 % entre 1979 et 2016, le CO_2 représentant environ 72 % de cette hausse.

Depuis 1901, la quasi-totalité de la surface de la planète a connu un réchauffement, et il est extrêmement probable que les activités anthropiques ont été à l'origine de plus de la moitié de la hausse observée de la température mondiale moyenne en surface depuis le milieu du XX^e siècle (Bindoff *et al.*, 2013). La hausse de la température moyenne à la surface du globe de 1901 à 2012 (voir la **figure 4.2**) a été d'environ 0,89 °C, mais certaines régions ont connu un réchauffement de plus de 2 °C (Hartmann *et al.*, 2013).

Les tendances des précipitations sont moins nettes, et elles diffèrent d'un lieu à l'autre. En général, les zones sèches deviennent plus arides et les zones humides plus humides, mais il existe de multiples exceptions (Trenberth, 2011 ; GIEC, 2014 ; Feng et Zhang, 2015). En ce qui concerne les zones terrestres tropicales, les observations révèlent une tendance à la baisse du milieu des années 1970 au milieu des années 1990 et une tendance à la hausse au cours de la décennie suivante, ce qui se traduit par une absence de tendance globale significative de 1951 à 2008 (Hartmann *et al.*, 2013). Une augmentation des précipitations significative au plan statistique s'est produite de 1901 à 2008 pour les régions terrestres des latitudes moyennes de l'hémisphère Nord (de 30° à 60° N) ; en revanche, il n'existe que des preuves fragmentaires d'une hausse à long terme dans les latitudes moyennes de l'hémisphère Sud (Hartmann *et al.*, 2013). Les changements observés dans la répartition latitudinale des précipitations sur les terres laissent supposer une influence humaine ; toutefois, vu les données incomplètes et les incertitudes liées aux modèles, les résultats ne sont pas encore concluants (Bindoff *et al.*, 2013).

Le changement climatique peut également avoir des répercussions sur la circulation et les caractéristiques atmosphériques aux échelles mondiale et régionale. Selon les observations, un élargissement de la ceinture tropicale, un déplacement vers le pôle des trajectoires de tempêtes et des courants-jets et une contraction du tourbillon circumpolaire boréal depuis les années 1970 sont probables (Hartmann *et al.*, 2013). L'épuisement de l' O_3 stratosphérique et le réchauffement provoqué par les émissions de GES pourraient avoir contribué au déplacement vers le pôle de la cellule de Hadley méridionale et à la tendance positive du mode annulaire austral qui, pendant l'été austral, caractérise le mouvement nord-sud de la ceinture de vents d'ouest qui entoure l'Antarctique (Bindoff *et al.*, 2013). L'attribution d'une influence anthropique sur le déplacement vers le pôle de la cellule de Hadley dans l'hémisphère Nord est moins certaine (Bindoff *et al.*, 2013). Certes, de nombreuses études indiquent des changements dans la circulation d'El Niño – oscillation australe et des moussons, mais les observations et la modélisation sont empreintes de telles incertitudes qu'il est impossible d'attribuer les changements éventuellement observés à des activités anthropiques avec un niveau de confiance suffisant (Bindoff *et al.*, 2013).

Il est de plus en plus évident que le changement climatique a entraîné des changements dans la fréquence et l'intensité des phénomènes extrêmes depuis le milieu du XX^e siècle (Trenberth, 2011 ; Hartmann *et al.*, 2013 ; Alexander, 2016). Il est probable que la fréquence des jours de chaleur extrême s'est accrue en Amérique

du Nord, en Amérique centrale, en Europe, en Afrique australe, en Asie et en Australie, et que la fréquence des vagues de chaleur a augmenté en Europe, en Australie et dans une grande partie de l'Asie (Hartmann *et al.*, 2013). Les observations révèlent une hausse générale de la fréquence des fortes précipitations à l'échelle mondiale (Trenberth, 2011 ; Hartmann *et al.*, 2013). À l'échelle régionale, il est probable que la fréquence ou l'intensité des fortes précipitations se soit accrue en Amérique du Nord, en Amérique centrale et en Europe. Il est également presque certain que la fréquence et l'intensité des cyclones tropicaux les plus forts dans le bassin de l'Atlantique Nord se sont accrues depuis les années 1970 (Hartmann *et al.*, 2013). En ce qui concerne les sécheresses, leur fréquence et leur intensité ont probablement augmenté dans le bassin méditerranéen et en Afrique de l'Ouest, et diminué dans le centre de l'Amérique du Nord et le nord-ouest de l'Australie (Hartmann *et al.*, 2013).

La pollution atmosphérique, l'appauvrissement de l' O_3 stratosphérique, les polluants persistants et le changement climatique sont des problèmes interdépendants (voir la **figure 5.1**). Les agents de réchauffement climatique tels que le CN, l' O_3 troposphérique, le CH_4 et les HFC sont des polluants climatiques à courte durée de vie (SLCP) : leur durée de vie dans l'atmosphère est plus courte que celle des GES à longue durée de vie (Haines *et al.*, 2017). L' O_3 troposphérique contribue directement au réchauffement en tant que GES. Toutefois, l' O_3 contribue également au réchauffement en entravant la croissance de la végétation et en réduisant l'absorption de CO_2 par les plantes (Ainsworth *et al.*, 2012). Le CN a un effet de réchauffement à la fois dans l'atmosphère et lorsqu'il est déposé sur la neige et la glace. La baisse des émissions de SLCP peut atténuer le réchauffement à court terme, ce qui pourrait s'avérer essentiel pour atteindre les cibles climatiques à court terme ou pour éviter les points d'inflexion du climat (Shindell *et al.*, 2017). Toutefois, la réduction à court terme des émissions de SLCP doit être combinée à l'atténuation des émissions de GES à longue durée de vie, qui dominent le forçage climatique à long terme (PNUE, 2017c).

D'autres constituants des MP (par exemple, les sulfates et les nitrates) affectent également le climat et pourraient le refroidir en diffusant le rayonnement solaire. Les MP exercent également une influence indirecte sur le climat par leur action sur la formation des nuages, qui entraîne des changements dans la réflectivité des nuages, leur répartition et le régime des précipitations. Les effets radiatifs nets des aérosols demeurent très incertains (Fuzzi *et al.*, 2015).

Par son incidence sur la météorologie synoptique et locale, le changement climatique a des répercussions multiples et non linéaires sur la pollution atmosphérique et les concentrations de substances PBT (PNUE et PSEA, 2011 ; Fiore, Naik et Leibensperger, 2015). La hausse des températures peut accroître les taux de réaction chimique impliquant la formation d' O_3 ou réduire les concentrations de MP lorsque les composants se volatilisent (Megaritis *et al.*, 2013 ; Czernecki *et al.*, 2016). La hausse des températures accroît également les émissions primaires de POP susceptibles de se volatiliser et multiplie les émissions secondaires en revolvatilisant des POP déposés antérieurement (Ma *et al.*, 2011). L'élimination des POP liés aux MP est plus efficace par le biais des dépôts, de sorte qu'à des températures plus élevées, les POP semi-volatils pourraient demeurer plus longtemps dans l'atmosphère et être transportés plus loin des régions sources. La hausse des températures pourrait également accélérer la dégradation des POP (Ma *et al.*, 2011). La réduction de la couverture nuageuse favorise la formation d' O_3 en augmentant les taux de photolyse (Na, Moon et Kim, 2005). La hausse des températures et de l'intensité lumineuse peut également accroître les émissions de COVNM biogènes (Guenther *et al.*, 2012), qui sont des précurseurs de l' O_3 et des MP. Cependant, les températures plus élevées et le stress hydrique réduisent l'absorption stomatique de l' O_3 et réduisent ainsi les dépôts d' O_3 (Solberg *et al.*, 2008 ; Huang *et al.*, 2016). L'augmentation des précipitations fait baisser la pollution en

éliminant des MP et d'autres polluants. Des phénomènes extrêmes tels que les vagues de chaleur et la sécheresse exacerbent le risque de forte pollution par les MP associées aux incendies de forêt (Bowman *et al.*, 2017) et à la poussière (Achakulwisut, Mickley et Anenberg, 2018). Des phénomènes extrêmes tels que les inondations et les tempêtes peuvent également avoir une incidence sur la remobilisation et la biodisponibilité des POP (Ma *et al.*, 2011).

Les paramètres météorologiques qui influent sur la qualité de l'air varient souvent en corrélation avec les phénomènes à l'échelle synoptique ou à grande échelle, dont ils dépendent. À titre d'exemple, les concentrations d'O₃ troposphérique et de MP dépendent grandement de la ventilation et de la dilution, qui sont régies par les vents et par la hauteur de la couche limite et sont souvent corrélées à la température et à l'humidité. La baisse, observée depuis 1980, du nombre de cyclones estivaux des latitudes moyennes qui se déplacent dans toute l'Amérique du Nord a été associée à une hausse de la fréquence des épisodes de stagnation et de pollution par l'O₃ dans l'est des États-Unis, compensant ainsi une certaine amélioration de la qualité de l'air dans le nord-est des États-Unis qui, elle, résulte de la réduction des émissions anthropiques (Leibensperger, Mickley et Jacob, 2008). Des épisodes de stagnation et de pollution extrêmes observés en hiver dans l'est de la Chine ont été corrélés à la fonte de la banquise arctique au cours de l'automne précédent et à la hausse des chutes de neige dans toute la Sibérie au début de l'hiver (Zou *et al.*, 2017).

5.4 Impacts

Les activités qui génèrent des émissions menacent la santé et le bien-être humains, la sécurité alimentaire et les écosystèmes. La présente section porte sur les impacts directs de l'évolution de la composition de l'atmosphère.

5.4.1 La santé humaine

L'exposition à la pollution atmosphérique à l'extérieur et à l'intérieur des habitations, aux températures extrêmes, aux agents pathogènes et aux allergènes transmis par l'air et au rayonnement UV a des effets directs sur la santé humaine. Les paragraphes ci-après portent sur les effets de la pollution atmosphérique due aux émissions anthropiques..

La pollution atmosphérique

L'exposition à la pollution de l'air intérieur et extérieur a été à l'origine de six millions (Global Burden of Disease 2016 Risk Factors Collaborators, 2017) à sept millions (OMS, 2018) de décès prématurés en 2016. Selon les estimations de la première de ces études, l'exposition à long terme aux MP ambiantes a été à l'origine de 3,6 à 4,6 millions de ces décès prématurés et de 95 à 118 millions d'années de vie saine perdues du fait de maladies cardiaques, d'accidents vasculaires cérébraux, de cancers du poumon, de maladies pulmonaires chroniques et d'infections des voies respiratoires (Cohen *et al.*, 2017 ; Global Burden of Disease 2016 Risk Factors Collaborators, 2017 ; HEI, 2018). Par conséquent, l'exposition aux MP_{2,5} ambiantes constitue le principal facteur de risque environnemental pour le fardeau mondial des maladies et le sixième en importance de tous les facteurs de risque en termes d'années de vie perdues ajustées en fonction de l'invalidité, derrière l'hypertension artérielle, le tabagisme, le faible poids à la naissance, l'hyperglycémie et l'indice de masse corporelle élevé (Global Burden of Disease Cancer Collaboration, 2017). Les estimations des décès prématurés sous-évaluent le nombre total de personnes touchées, dans la mesure où la pollution atmosphérique a des effets potentiels sur tous ceux qui respirent l'air, plutôt que d'être la seule cause de décès précoce dans un petit sous-ensemble de la population (Committee on the Medical Effects of Air Pollutants [COMEAP], 2010).

Même de brèves périodes (de quelques minutes à quelques heures) d'exposition à de fortes concentrations de polluants peuvent avoir des incidences importantes sur la santé (OMS, 2006), et

les épisodes de pollution atmosphérique exceptionnellement élevée suscitent l'inquiétude du public (par exemple, Vidal, 2016 ; Safi, 2017). Toutefois, le plus grand dommage causé à la santé publique est lié à l'exposition à long terme – le fait de vivre dans une zone où l'exposition annuelle moyenne est élevée (HEI, 2017). Fait important, on ne connaît aucun niveau d'exposition moyenne annuelle aux MP_{2,5} qui soit sans danger (OMS, 2013).

Environ 43 % de la population mondiale, principalement dans les pays à faible revenu, ont recours à la biomasse pour le chauffage et la cuisine. La pollution de l'air intérieur et extérieur qui en résulte contribue aux infections aiguës des voies respiratoires inférieures et à la pneumonie chez les enfants, ainsi qu'à la maladie pulmonaire obstructive chronique et au cancer du poumon chez les adultes (OMS, 2007 ; Sumpter et Chandramohan, 2013 ; OMS, 2018). Les auteurs de l'étude sur le fardeau mondial des maladies en 2016 attribuent la perte de 66 à 88 millions d'années de vie ajustées en fonction de l'incapacité et le décès prématuré de 2,2 à 3,0 millions de personnes à la pollution atmosphérique à l'intérieur des habitations (Global Burden of Disease 2016 Risk Factors Collaborators, 2017), tandis que l'OMS estime ce fardeau à environ 3,8 millions de décès prématurés (OMS, 2018).

Pour 2016, de 90 000 à 380 000 décès supplémentaires dus à des maladies pulmonaires chroniques sont attribués à l'exposition à l'ozone troposphérique ambiant (Global Burden of Disease 2016 Risk Factors Collaborators, 2017). Des associations de la mortalité avec d'autres gaz sont bien établies, notamment pour le NO₂ (un marqueur de la pollution due à la circulation) et le SO₂ (un marqueur de la pollution industrielle) (OMS, 2013). Comme ce sont des marqueurs de mélanges, on ne sait pas avec certitude dans quelle mesure les effets qui leur sont attribués sont causés par les gaz eux-mêmes ou par des polluants corrélés (OMS, 2013 ; COMEAP, 2018).



© Shutterstock/TonyV3112



Le nombre de décès dus à la pollution atmosphérique varie considérablement d'un pays à l'autre, ce qui reflète la diversité des niveaux de pollution ainsi que les différences relatives à la taille de la population, à la démographie, aux taux de maladies sous-jacents et à d'autres caractéristiques socio-économiques (figure 5.14).

Entre 2010 et 2016, le nombre de décès dus à l'exposition ambiante aux $MP_{2,5}$ s'est accru de 11 % à l'échelle mondiale, du fait de l'exacerbation de la pollution atmosphérique, de la croissance démographique et du vieillissement de la population. En 2016, 95 % de la population mondiale vivaient dans des zones où les niveaux de $MP_{2,5}$ excédaient les limites fixées par les lignes directrices de l'OMS relatives à la qualité de l'air (HEI, 2018). Certes, la mortalité due aux $MP_{2,5}$ a diminué en Europe de l'Ouest et en Amérique du Nord, mais plusieurs autres régions ont enregistré de fortes hausses. Bien que nettement plus modeste, le nombre de décès dus à l' O_3 troposphérique a augmenté de près de 60 % à l'échelle mondiale entre 1990 et 2015, cette hausse pouvant atteindre de 250 à 400 % dans certains pays (HEI, 2017).

Outre la mortalité prématurée, la pollution atmosphérique contribue à un large éventail de maladies chroniques et aiguës, en particulier les maladies cardiovasculaires (Brook *et al.*, 2010 ; McCracken *et al.*, 2012) et respiratoires (American Thoracic Society, 2000). Des études laissent supposer des associations de la pollution atmosphérique avec d'autres maladies telles que le diabète (Eze *et al.*, 2015), avec des issues défavorables à la naissance (Stieb *et al.*, 2012 ; Li *et al.*, 2017) telles que la prématurité, le faible poids à la naissance (Fleischer *et al.*, 2014) et les anomalies congénitales (Farhi *et al.*, 2014), et avec des troubles neurologiques, notamment la démence (Calderon-Garciduenas et Villarreal-Rios, 2017). De nouvelles recherches mettent en évidence les interactions potentielles entre la pollution de l'air et les agents pathogènes et allergènes transmis par des aérosols (Hussey *et al.*, 2017 ; Liu *et al.*, 2018).

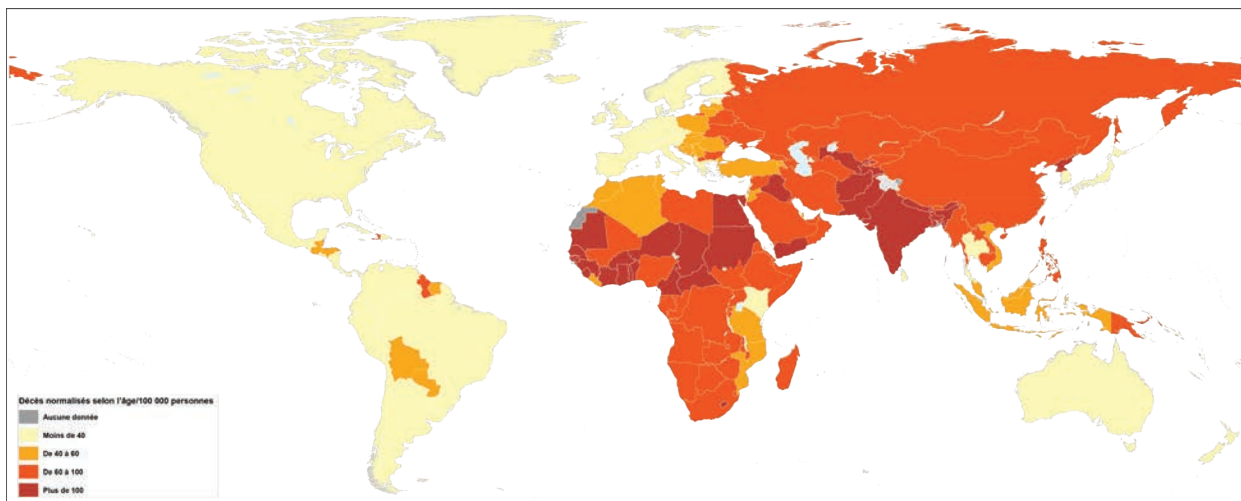
Les personnes âgées, très jeunes, souffrant de maladies cardiorespiratoires préexistantes ou ayant un statut socio-économique faible sont les plus vulnérables à la pollution atmosphérique (Sacks *et al.*, 2011). Les femmes et les enfants sont les plus exposés à la pollution à l'intérieur des habitations, où les combustibles solides constituent la principale source d'énergie pour la cuisson et le chauffage (Smith *et al.*, 2014). Il est de plus

en plus attesté que la fumée intérieure contribue à la cataracte, la principale cause de cécité dans le monde (Clougherty, 2010 ; Sacks *et al.*, 2011 ; Alliance mondiale pour les foyers améliorés, 2014 ; Villeneuve *et al.*, 2015 ; OMS, 2016b).

Les années de vie perdues, la hausse des besoins en soins de santé et la perte de productivité des travailleurs causées par la pollution atmosphérique ont des répercussions économiques considérables. On estime qu'en 2013, la mortalité prématurée due à la pollution de l'air ambiant et à la pollution à l'intérieur des habitations avait coûté à l'économie mondiale 5,1 billions de dollars des États-Unis (T\$ É.-U.) en pertes de bien-être (Groupe de la Banque mondiale et Institut de mesure et d'évaluation de la santé, 2016). Ce chiffre équivaut au produit intérieur brut (PIB) du Japon en 2013. Selon les estimations de l'OMS (2015), en 2010, la pollution atmosphérique en Europe a coûté 1,575 T\$ É.-U. En 2011, l'US EPA a estimé que les contrôles d'émissions mis en œuvre à la suite des modifications apportées à la Loi sur la qualité de l'air de 1990 avaient permis d'éviter 1,3 T\$ É.-U. de dommages en 2010 (US EPA, 2011). L'impact de la pollution atmosphérique due aux $MP_{2,5}$ sur la population active en Chine en 2007 a été estimé à 346 milliards de yuans (environ 1,1 % du PIB) (Xia *et al.*, 2016). Dans une analyse récente, l'OCDE a estimé le coût combiné de la pollution de l'air ambiant et de la pollution à l'intérieur des habitations en Afrique en 2013 à 450 milliards de dollars É.-U. (Roy, 2016).

En 2016, l'Asie a enregistré un record absolu du nombre de décès dus à l'exposition aux $MP_{2,5}$ du fait de sa forte population et de son niveau élevé d'activité industrielle. Toutefois, l'exposition aux $MP_{2,5}$ a commencé à diminuer en Chine, bien qu'elle soit en hausse dans certaines parties de l'Asie du Sud (HEI, 2018). Les pays asiatiques supportent également le plus lourd fardeau de la pollution atmosphérique causée par la production de biens consommés dans d'autres régions du monde, soit principalement en Europe de l'Ouest et en Amérique du Nord. À titre d'exemple, 97 % des décès liés aux $MP_{2,5}$ en Asie de l'Est étaient liés aux émissions produites dans cette région, mais seulement 80 % étaient associés à des biens ou services qui étaient consommés. Selon les estimations, la consommation, d'une part en Europe et en Russie, d'autre part en Amérique du Nord, de biens fabriqués en Asie de l'Est a contribué respectivement à hauteur de 7 et 6 % à la charge de mortalité due aux $MP_{2,5}$ en Asie de l'Est (Zhang *et al.*, 2017) (figure 5.15).

Figure 5.14 : Décès pour 100 000 personnes imputables à la pollution atmosphérique par les $MP_{2,5}$, 2016, données normalisées selon l'âge



La normalisation selon l'âge permet de comparer les estimations pour des pays dont la répartition par âge est différente. Il est à noter que ces estimations ne prennent pas en compte les décès dus à l'exposition à la pollution de l'air à l'intérieur des habitations.

Source : Adapté de HEI (2018).

Figure 5.15 : Proportion des décès liés aux MP_{2,5} dans la région indiquée en début de colonne attribuable a) aux émissions produites, b) aux biens et services consommés dans la région indiquée en début de ligne

Origine de la pollution atmosphérique		Chine et Asie de l'Est	Inde et reste de l'Asie	Europe et Russie	Moyen-Orient et Afrique du Nord	Amérique du Nord	Amérique latine	Afrique subsaharienne et reste du monde
	Chine et Asie de l'Est	97 %	3 %	1 %	1 %	2 %	1 %	0 %
Inde et reste de l'Asie	1 %	93 %	1 %	2 %	0 %	0 %	2 %	
Europe et Russie	1 %	0 %	94 %	18 %	1 %	0 %	1 %	
Moyen-Orient et Afrique du Nord	0 %	3 %	2 %	78 %	0 %	0 %	5 %	
Amérique du Nord	0 %	0 %	1 %	1 %	95 %	2 %	0 %	
Amérique latine	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	97 %	0 %	
Afrique subsaharienne et reste du monde	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	93 %	
Lieu de consommation des biens produits	Chine et Asie de l'Est	80 %	4 %	3 %	3 %	6 %	4 %	2 %
	Inde et reste de l'Asie	3 %	84 %	2 %	3 %	1 %	1 %	2 %
	Europe et Russie	7 %	4 %	86 %	24 %	5 %	6 %	4 %
	Moyen-Orient et Afrique du Nord	2 %	3 %	4 %	64 %	2 %	1 %	4 %
	Amérique du Nord	6 %	3 %	3 %	4 %	82 %	12 %	2 %
	Amérique latine	1 %	0 %	1 %	1 %	4 %	75 %	1 %
	Afrique subsaharienne et reste du monde	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	84 %

Source : D'après Zhang *et al.* (2017).

L'appauvrissement de l'ozone stratosphérique

Les risques pour la santé de l'appauvrissement en O₃ stratosphérique sont dus à la proportion accrue des longueurs d'onde du rayonnement UV biologiquement nocif qui atteint la surface de la Terre. Bien qu'une certaine exposition au rayonnement UV soit nécessaire, une exposition excessive endommage la peau et les yeux et peut entraîner une immunosuppression. Les principaux effets sont l'insolation, le cancer non mélanique de la peau, le mélanome malin cutané (MMC), le carcinome à cellules de Merkel, la photoconjonctivite, la photokératite (telle la cécité des neiges), la cataracte, le ptérygion et le mélanome conjonctival.

Ces dernières décennies, la plupart des pays dont la population a majoritairement la peau claire ont connu une hausse constante des taux d'incidence du MMC, qui est à l'origine d'environ 80 % des décès dus au cancer de la peau (Lucas *et al.*, 2015). L'exposition excessive au rayonnement UV représente 60 à 90 % du risque de MMC (Olsen, Carroll et Whitman, 2010 ; OMS, 2004). Il est peu probable que la hausse des taux d'incidence du MMC et des autres effets nocifs pour la santé liés au rayonnement UV soit due à des modifications de l'exposition au rayonnement UV causées par l'appauvrissement de la couche d'O₃ stratosphérique ; elle découlerait plutôt d'une progression des comportements à risque en matière d'exposition au soleil (Lucas *et al.*, 2015). Toutefois, sans le Protocole de Montréal, l'incidence du cancer de la peau aurait pu être de 14 % plus élevée et toucher deux millions de personnes de plus en 2030 (van Dijk *et al.*, 2013).

Le changement climatique

Au cours des décennies et des siècles à venir, selon les prévisions, les effets néfastes du changement climatique sur la santé excéderont considérablement tout avantage potentiel pour la santé (Smith *et al.*, 2014 ; Watts *et al.*, 2017). Les effets du changement climatique sur la santé humaine se classent en effets directs (les vagues de chaleur, les tempêtes), moins directs (l'évolution de l'écologie des vecteurs de maladies, la réduction de l'approvisionnement en eau, l'exacerbation des épisodes de pollution atmosphérique) et diffus (Butler, 2014 ; Melillo, Richmond et Yohe, 2014). La catégorie des effets directs pourrait représenter la plus lourde charge de morbidité, par des voies telles que les conflits (Kelley *et al.*, 2015), les migrations (Piguat, Pecoud et de Guchteneire, 2011) et la famine. Ces trois catégories produisent des effets sur la santé mentale (tel le syndrome de stress post-traumatique).

Les effets sur la santé du changement climatique seront répartis de façon inéquitable à l'échelle mondiale. Le changement climatique et la variabilité croissante du climat « exacerbent la pauvreté existante, accentuent les inégalités et déclenchent à la fois de nouvelles vulnérabilités et certains débouchés pour les individus et communautés » (GIEC, 2014, p. 796).

Les bâtiments et les routes retiennent davantage la chaleur que les paysages ruraux et réduisent l'humidité, créant ainsi des îlots de chaleur urbains. Aux latitudes septentrionales moyennes et dans les régions subtropicales, les nuits sont jusqu'à 4 °C plus chaudes et de 10 à 15 % plus sèches dans les zones urbaines que dans les zones rurales environnantes.



En Afrique du Nord, le nombre de nuits où on enregistre un stress thermique exceptionnel est environ dix fois plus élevé dans les zones urbaines que dans les zones rurales (Fischer, Oleson et Lawrence, 2012).

5.4.2 La sécurité alimentaire

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2008) décrit quatre dimensions de la sécurité alimentaire : la disponibilité, liée à la quantité ; l'accès, et compris l'abordabilité ; l'utilisation, liée à la satisfaction des besoins nutritionnels et à la sécurité sanitaire et la qualité des aliments ; et la stabilité, liée à la variation temporelle des autres dimensions.

La disponibilité – Les concentrations actuelles d'O₃ troposphérique entraînent une baisse de 2 à 15 % des rendements des principales cultures de base – notamment le blé, le soja, le maïs et le riz –, selon le type de culture et la région (Feng et Kobayashi, 2009 ; Van Dingenen *et al.*, 2009 ; Fishman *et al.*, 2010 ; Avnery *et al.*, 2011). Les estimations globales des dommages sont incertaines, étant donné que les différents cultivars d'une même culture ont des sensibilités différentes et que toutes les cultures n'ont pas fait l'objet d'études. La perte de productivité des cultures a d'importantes implications économiques. À titre d'exemple, les concentrations élevées d'O₃ aux États-Unis réduisent respectivement la production de maïs et de soja d'environ 10 et 5 %, ce qui représente un coût de 9 G\$ É.-U. par an (McGrath *et al.*, 2015).

Le changement climatique affecte déjà la production agricole par le changement des températures et des précipitations moyennes et extrêmes, la propagation et les impacts des mauvaises herbes et des nuisibles envahissants, et la déforestation. Bien qu'on pense qu'une fertilisation accrue au CO₂ (voir la section 4.4.3) compense les effets négatifs, les interactions entre l'évolution des concentrations de CO₂, d'O₃ et d'azote, la disponibilité de l'eau et la température demeurent mal comprises (Schlenker et Roberts, 2009 ; Porter *et al.*, 2014).

C'est dans les pays tropicaux que l'impact sur les rendements devrait être le plus important, tandis que certaines régions tempérées pourraient bénéficier d'une hausse des rendements, d'une expansion des zones productives et d'un allongement des saisons de culture – bien que ces avantages puissent être annulés par la fréquence accrue des phénomènes extrêmes, par des stress liés à la température et à l'eau et par des mesures d'adaptation inefficaces (Schmidhuber et Tubiello, 2007 ; Gornall *et al.*, 2010 ; Porter *et al.*, 2014). En somme, c'est dans les pays en développement où un grand nombre de personnes sont tributaires de l'agriculture pour leurs moyens de subsistance – et où l'insécurité alimentaire est forte et la capacité d'adaptation est faible – que l'impact du changement climatique se fera ressentir le plus lourdement sur la production agricole. Les incidences du changement climatique sur la disponibilité et la répartition des espèces aquatiques devraient également affecter de façon disproportionnée les pays en développement (voir la section 7.3.2).

La hausse des températures est susceptible d'avoir des effets négatifs sur la productivité du bétail par son action sur la disponibilité des pâturages, des cultures fourragères et de l'eau (Andre *et al.*, 2011 ; Renaudeau *et al.*, 2011 ; Porter *et al.*, 2014). Les incidences du changement climatique sur les maladies du bétail demeurent difficiles à prédire et très incertaines (Mills, Gage et Khan, 2010 ; Tabachnick, 2010).

L'accès – Le changement climatique exerce une pression à la hausse sur les cours mondiaux des denrées alimentaires (Porter *et al.*, 2014), affectant de manière disproportionnée les consommateurs démunis, qui consacrent parfois une part importante de leur revenu à l'alimentation, avec des conséquences pour la santé et la nutrition (Springmann *et al.*, 2016). Les femmes et les filles souffrent de manière disproportionnée tant

des conséquences des carences nutritionnelles sur la santé que de l'alourdissement de la charge de prestation des soins aux personnes malades (OMS, 2014 ; FAO, 2016).

L'utilisation – La hausse des températures et des concentrations de CO₂ est associée à un affaiblissement de la teneur en protéines des céréales (Porter *et al.*, 2014 ; Feng *et al.*, 2015) et à une réduction de la teneur en micronutriments des céréales et des légumineuses (Myers *et al.*, 2014).

La teneur nutritionnelle et l'innocuité de l'approvisionnement alimentaire sont affectées par la pollution, principalement par les substances PBT, dont le Hg et les POP. Le Hg peut être transporté sur de longues distances dans l'air et l'eau, et s'accumuler et se bioamplifier dans les chaînes alimentaires, atteignant des niveaux susceptibles de présenter un danger pour la santé des écosystèmes et des êtres humains (Gibb et O'Leary, 2014 ; Sundseth *et al.*, 2017). Les concentrations de méthylmercure dans le sang des populations, tels les peuples autochtones de l'Arctique, qui consomment les prédateurs marins du niveau trophique supérieur, sont parmi les plus élevées enregistrées à l'échelle mondiale, ce qui suscite de graves préoccupations sanitaires (PNUE, 2013a ; PNUE, 2013b). Le Hg est toxique pour le système nerveux central (SNC), ce qui entraîne des dysfonctionnements cognitifs et moteurs (Karagas *et al.*, 2012 ; Antunes dos Santos *et al.*, 2016 ; Sundseth *et al.*, 2017). De plus, l'exposition au Hg accroît le risque de maladies cardiovasculaires, cause des lésions rénales, a des effets néfastes sur les systèmes reproducteur, endocrinien et immunitaire, et entraîne une mort prématurée (Rae et Graham, 2004 ; PSEA, 2009 ; Rice *et al.*, 2014).

De même, les POP et autres substances PBT peuvent être transportés sur de longues distances et se bioaccumuler en amont des chaînes alimentaires (par exemple, Gibson *et al.*, 2016 ; Ma, Hung et Macdonald, 2016). Un large éventail d'effets sur la santé est associé à l'exposition aux POP, notamment les effets sur les systèmes reproducteur, endocrinien, immunologique et neurologique, le cancer, les changements cutanés et oculaires et un poids réduit à la naissance (Damstra, 2002 ; El-Shahawi *et al.*, 2010 ; Fry et Power, 2017). L'exposition des femmes enceintes et allaitantes aux POP est particulièrement préoccupante, étant donné que les POP peuvent traverser le placenta et la barrière sang-lait, ce qui accroît le risque d'effets indésirables sur le développement de l'enfant (Vizcaino *et al.*, 2014 ; Women in Europe for a Common Future et Women International for a Common Future, 2016).

On sait peu de choses sur les effets potentiels sur la santé de certains produits chimiques qui ont remplacé les POP interdits, tels que les ignifugeants organophosphorés aux éthers diphenyliques polybromés (EDPB). Il a été observé que l'exposition humaine à ces ignifugeants aux États-Unis s'était accrue au cours de la dernière décennie (Hoffman *et al.*, 2017).

La stabilité – La fréquence et la gravité croissantes des phénomènes météorologiques extrêmes causés par le changement climatique auront de graves conséquences sur la stabilité des prix des denrées alimentaires et leur approvisionnement, comme ce fut le cas des mauvaises récoltes de blé et de la flambée des cours découlant de la vague de chaleur survenue en Russie en 2010 (Otto *et al.*, 2012 ; Porter *et al.*, 2014). Les sécheresses, les inondations et d'autres catastrophes liées aux conditions météorologiques peuvent entraîner des crises alimentaires aiguës et localisées, en particulier dans les pays présentant des vulnérabilités préexistantes telles que des niveaux élevés de pauvreté et de dénutrition. À titre d'exemple, le changement climatique a contribué à la sécheresse qui a conduit à la crise alimentaire de 2011 en Afrique de l'Est et, au bout du compte, à la famine en Somalie (Bailey, 2013 ; Lott, Christidis et Stott, 2013 ; Coghlan *et al.*, 2014). Si l'infrastructure de transport soutenant les exportations en provenance des principales régions productrices de cultures est perturbée par des chocs climatiques aigus, les répercussions sur la sécurité alimentaire pourraient se généraliser (Bailey et Wellesley, 2017).

5.4.3 Les écosystèmes

La pollution atmosphérique, le changement climatique, le rayonnement UV et les substances PBT ont tous des incidences sur la santé des écosystèmes naturels et des espèces sauvages. Ces effets néfastes ont, à leur tour, des répercussions sur les services fournis aux êtres humains par ces écosystèmes, les « apports de la nature aux populations » (Diaz *et al.*, 2018).

Depuis les années 1970, l'attention de l'opinion internationale se porte sur la pollution atmosphérique sous forme de dépôts humides et secs de soufre et d'azote, parfois appelés « pluies acides », qui causent l'acidification des sols et de l'eau douce, ainsi que des dégâts à la végétation et la décimation de populations de poissons. En Asie et en Afrique, des augmentations et des réductions importantes de dépôts de soufre ont été observées selon les régions (Vet *et al.*, 2014). En Europe de l'Ouest et dans l'est de l'Amérique du Nord, après des décennies de baisse des émissions et dépôts de soufre, l'acidification diminue ou ralentit, et certains lacs et forêts montrent des signes de rétablissement (Maas et Grennfelt, 2016). Comme les émissions de soufre ont diminué à la suite de la mise en œuvre de mesures de contrôle des émissions, les évaluations récentes attirent désormais l'attention sur l'impact des êtres humains sur le cycle mondial de l'azote et ses implications.

L'activité humaine, et plus particulièrement la combustion et la production d'engrais, est à l'origine d'une fixation de l'azote aussi importante que celle des écosystèmes naturels et non aménagés, ce qui modifie considérablement le cycle de l'azote par rapport à son état préindustriel (Fowler *et al.*, 2015). Depuis 2000, les dépôts d'azote ont diminué en Amérique du Nord et en Europe et se sont accrus en Afrique et en Asie, ce qui correspond directement à la baisse des émissions de NO_x et à l'augmentation de celles de NH₃ à l'échelle continentale (Zhao *et al.*, 2017). Les dépôts d'azote excèdent les charges critiques dans une grande partie de l'Europe, et ce dépassement s'observe sur une aire qui n'a guère évolué depuis quelques décennies (Hettelingh *et al.*, 2015). Les dépôts d'azote en excès contribuent à l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques et peuvent affecter les communautés végétales terrestres, favorisant éventuellement les espèces dominantes, ce qui affecte à son tour les insectes, les oiseaux et les autres animaux. La perte de la diversité biologique due aux dépôts d'azote en excès est très probable dans de nombreuses régions du monde, bien que ses effets ne soient pas bien quantifiés. Le changement climatique, l'utilisation des sols et d'autres changements mondiaux continueront de modifier le cycle de l'azote à l'avenir, entraînant des conséquences pour les écosystèmes et la santé humaine (Fowler *et al.*, 2015).

Les écosystèmes marins sont également affectés par la pollution de l'air, le changement climatique et la pollution par les substances PBT, par exemple à travers la répartition des nutriments et de l'oxygène dissous dans les océans (York, 2018). L'activité humaine accroît désormais d'environ 50 % les apports de tout l'azote fixé dans les océans (surtout dans les zones sensibles locales situées près de régions fortement émettrices de l'Asie du Sud-Est, de l'Europe et de l'Amérique du Nord), et le transport atmosphérique est désormais la principale voie d'apport d'azote anthropique en haute mer au-delà du plateau continental (Groupe mixte d'experts sur les aspects scientifiques de la protection du milieu marin [GESAMP], 2018). Les fleurs d'eau nuisibles peuvent contribuer à leur tour aux incidences sur la santé respiratoire par la transmission d'aérosols (Centres de contrôle et de prévention des maladies des États-Unis, 2017).

L'exposition à l'ozone peut affecter la croissance, la floraison et la pollinisation des plantes ainsi que leur sensibilité aux agents pathogènes, et avoir des répercussions sur la composition des espèces et la biodiversité (Fuhrer *et al.*, 2016). Des seuils critiques ont été établis pour certains écosystèmes terrestres

(International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops, 2017), mais il existe de nombreux écosystèmes dont la sensibilité à l'O₃ est mal comprise.

L'ampleur réelle de l'exposition aux substances PBT et de leurs effets biologiques sur les espèces sauvages et les écosystèmes naturels n'est pas encore bien connue et fait l'objet de recherches actives (PSEA, 2017). Toutefois, étant donné la présence généralisée de substances PBT dans l'environnement, il existe un risque de dommages à long terme causés aux chaînes alimentaires et aux fonctions des écosystèmes, en particulier dans les zones sensibles telles que l'Arctique (PSEA, 2011 ; PSEA, 2016 ; PSEA, 2017).

5.4.4 Le bien-être collectif

Au-delà de leurs répercussions sur la santé humaine, la santé des écosystèmes et la sécurité alimentaire, les changements atmosphériques ont des effets négatifs sur le bien-être collectif.

La pollution atmosphérique dégrade les matériaux et les revêtements, entraînant la réduction de leur durée de vie utile et générant des coûts de nettoyage, de réparation et de remplacement. Lorsque les matériaux touchés sont des structures ou des objets d'importance culturelle, les dommages peuvent être inestimables (Watt *et al.*, 2009). En Europe, les dommages causés par la pollution visible aux sites du patrimoine culturel et aux œuvres d'art ont été mis en exergue afin de justifier les politiques de lutte contre la pollution atmosphérique (Di Turo *et al.*, 2016 ; Maas et Grennfelt, 2016). En Inde, le gouvernement a pris des mesures visant à protéger, outre la santé publique, le marbre blanc du Taj Mahal, qui s'est décoloré avec le temps en raison de fortes concentrations de MP résultant probablement de la combustion à ciel ouvert des déchets solides municipaux (Bergin *et al.*, 2015 ; Lal *et al.*, 2016).

Les tempêtes de sable et de poussière, les incendies et les phénomènes météorologiques extrêmes sont autant de facteurs qui perturbent la société, les transports et l'activité économique. De tels phénomènes peuvent nuire à l'économie locale et entraîner également des bouleversements et des migrations (Hanlon, 2016). À court terme, la hausse des niveaux de pollution affecte la productivité des travailleurs. Ces effets ne se limitent ni aux personnes qui travaillent en plein air ni aux niveaux de pollution extrêmes (Chang *et al.*, 2016 ; Zivin et Neidell, 2018). À plus longue échéance, on associe les expositions élevées à la pollution à un rendement insuffisant de l'éducation et du marché du travail, créant ainsi un déficit de capital humain à long terme (Zivin et Neidell, 2018).

5.5 Réponses : les politiques et la gouvernance

Un large éventail d'approches de gouvernance et d'instruments politiques, dont les suivantes, contribuent à atténuer les sources et les incidences de la pollution atmosphérique, du changement climatique, de l'appauvrissement de la couche d'O₃ stratosphérique et des substances PBT :

- ❖ **les régimes de planification**, des stratégies ou des plans d'action conçus pour atteindre des normes ou réaliser des objectifs de qualité de l'air ambiant ou des plafonds d'émissions, conjugués à des analyses et à des évaluations de l'impact sur l'environnement ;
- ❖ **la conduite des opérations**, et compris les normes en matière de technologie, d'émissions ou de restauration des écosystèmes, les exigences de tenue de registres et de déclaration, ou les restrictions relatives à la fabrication, au commerce ou à l'utilisation de produits chimiques ou de produits spécifiques, chacun de ces éléments étant mis en œuvre par le biais de programmes d'autorisation et d'application ;



- ❖ **les interventions sur le marché**, notamment les instruments économiques tels que les taxes, les redevances ou les marchés de droits d'émission négociables, ainsi que les prêts et subventions ;
- ❖ **l'information du public**, notamment l'étiquetage des produits, les prévisions de la qualité de l'air, les observations en temps quasi réel et la formation ;
- ❖ **les cadres de coopération**, notamment les accords internationaux et les normes ou initiatives sectorielles volontaires.

On trouvera une analyse détaillée de l'efficacité de certains exemples de ces politiques au chapitre 12.

Diverses approches de gouvernance ont été adoptées à l'échelle locale, provinciale, nationale et internationale, en fonction du contexte institutionnel, économique, technologique et politique spécifique. Parfois, plusieurs approches complémentaires sont déployées simultanément pour s'attaquer à un même enjeu ou à une même source. On peut recourir à diverses combinaisons d'approches face à des enjeux similaires, même à l'intérieur d'un territoire de compétence.

En outre, l'existence de politiques relatives à l'air et la portée de leur mise en œuvre varient considérablement en fonction des différences de culture et de capacités institutionnelles, selon la région du monde et l'échelle spatiale. Certaines régions, telles l'Amérique du Nord et l'Europe, ont mis en place des systèmes fédérés bien élaborés de politiques et programmes d'application nationaux, provinciaux et locaux, conçus pour la réalisation d'objectifs politiques communs. Dans d'autres régions, même s'il existe des accords internationaux ou des lois nationales, leur mise en œuvre et leur application sont affaiblies par le manque de capacité institutionnelle à l'échelle nationale ou infranationale. Dans certaines régions, ce sont des administrations municipales qui élaborent la principale réponse politique à ces questions, produisant du même coup des avantages pour d'autres régions de leur pays.

Le changement climatique, l'épuisement de l'O₃ stratosphérique et les substances PBT sont reconnus comme des problèmes mondiaux communs. Le **tableau 5.2** rappelle les principaux

accords mondiaux sur l'environnement qui ont été élaborés afin de motiver, de faciliter et de coordonner les efforts en cours visant à relever ces défis. Ces accords définissent des objectifs et obligations communs, qui sont mis en œuvre par le biais de diverses politiques élaborées aux échelons national et local. L'un des accords mondiaux les plus fructueux est la Convention de Vienne et son Protocole de Montréal pour lutter contre l'appauvrissement de l'O₃ stratosphérique. Cet instrument est devenu en 2009 la première convention des Nations Unies à être ratifiée par l'ensemble des États membres de l'ONU. L'amendement le plus récent au Protocole de Montréal, à savoir l'amendement de Kigali de 2016, vise à limiter l'incidence des substituts des SACO sur le changement climatique.

Adoptée en 1992, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) a donné lieu à la négociation d'une série de protocoles et d'accords sur les « responsabilités communes mais différenciées » en matière d'émissions de GES (ONU, 1992). La CCNUCC répartit les pays en pays développés (annexe I) et en pays en développement. Cette différenciation a été essentielle à la conception des mécanismes de transfert international de la technologie et des ressources nécessaires pour atténuer les émissions (et compris les activités mises en œuvre conjointement, le mécanisme pour un développement propre et l'application conjointe). En vertu du Protocole de Kyoto et de l'amendement de Doha, les Parties figurant à l'annexe I ont convenu d'engagements spécifiques de réduction des émissions. La seconde période d'engagement (2013-2020) du Protocole de Kyoto de 1997 attend d'être approuvée par un quorum de 144 nations. L'Accord de Paris de 2015 s'est donné pour objectif de limiter la hausse de la température moyenne mondiale à un niveau nettement inférieur à 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels à l'horizon 2100, avec l'ambition de limiter cette hausse en deçà de 1,5 °C. Toutes les Parties sont tenues de présenter périodiquement au Secrétaire de la Convention leur inventaire national des GES et les contributions déterminées au niveau national (CDN), qui sont leurs engagements en matière de réduction des émissions. Afin de réaliser l'objectif de 1,5 °C, il faut réduire significativement les émissions de GES dans les années à venir et les ramener à un niveau net de zéro vers le milieu du siècle (voir les chapitres 21 et 22). Des études ont révélé que la probabilité d'un réchauffement



Tableau 5.2 : Accords environnementaux mondiaux concernant le changement climatique, l'appauvrissement de l'O₃ stratosphérique et les substances PBT

Changement climatique

- ❖ 1992 Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)
- ❖ 1997 Protocole de Kyoto
 - 2012 Amendement de Doha
- ❖ 2016 Accord de Paris

Appauvrissement de l'O₃ stratosphérique

- ❖ 1985 Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone
- ❖ 1987 Protocole de Montréal relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone
 - 1990 Amendement de Londres
 - 1992 Amendement de Copenhague
 - 1997 Amendement de Montréal
 - 1999 Amendement de Beijing
 - 2016 Amendement de Kigali

Produits chimiques toxiques persistants et bioaccumulables (par exemple, les POP et le Hg)

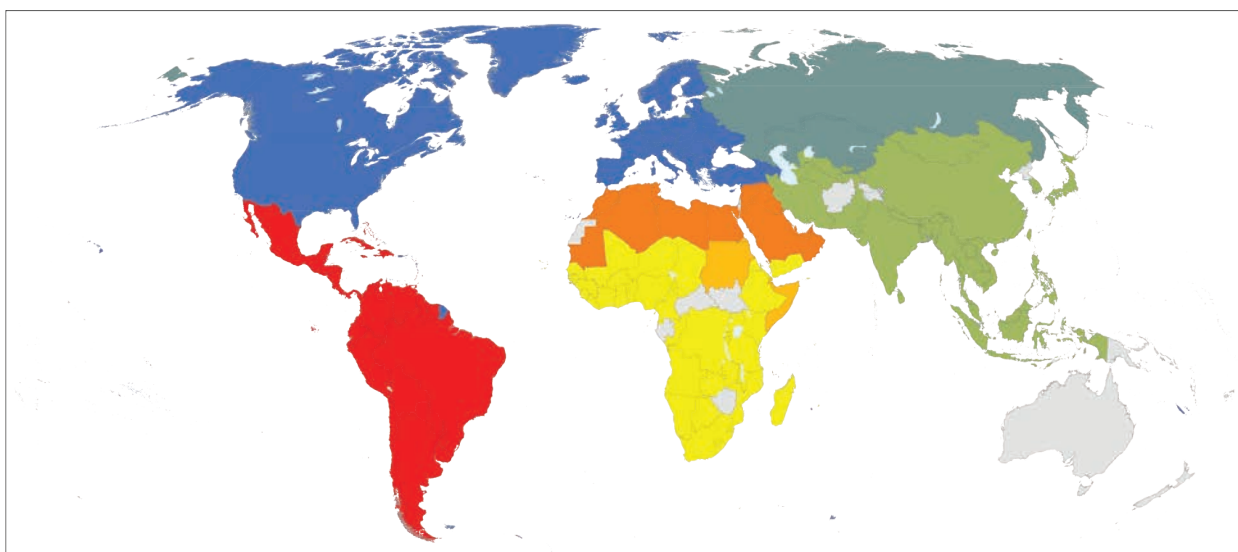
- ❖ 1989 Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination
- ❖ 1998 Convention de Rotterdam sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause applicable dans le cas de certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet du commerce international
- ❖ 2001 Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants
- ❖ 2013 Convention de Minamata sur le mercure

de plus de 2 °C est de 90 % dans le cadre des engagements actuels soumis par les gouvernements nationaux, qui n'atteignent qu'un tiers de l'atténuation requise pour être sur la voie la moins coûteuse afin de rester en deçà de ce seuil. Toutefois, les voies permettant de rester en deçà de 1,5 °C et de 2 °C sont encore techniquement réalisables (Xu et Ramanathan, 2017).

Bien que la pollution atmosphérique se propage dans le monde entier, aucun accord mondial unique ne porte sur la pollution atmosphérique ; il existe plutôt une mosaïque d'accords intergouvernementaux régionaux (figure 5.16). En général, cette mosaïque a une bonne couverture géographique, mais elle est inégale en ce qui concerne la couverture des polluants, des sources et des capacités. En outre, elle n'encourage pas le transfert d'expérience et de ressources des pays les plus riches vers les plus démunis. La plus ancienne et la plus élaborée d'entre elles est la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CPATLD), mise en place en 1979 sous l'égide de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (Sliggers et Kakebeeke, 2004 ; Maas et Grennfelt, 2016). Dans la Fédération de Russie et en Asie centrale, la CPATLD recoupe le regroupement d'accords sous l'égide du Partenariat Asie-Pacifique pour la qualité de l'air. En Afrique, il existe trois accords régionaux sur la pollution atmosphérique qui se recoupent et qui ont quelques membres en commun avec le Conseil des ministres des pays arabes chargés de l'environnement.



Figure 5.16 : Carte des regroupements de certains accords multilatéraux régionaux sur la pollution atmosphérique



- 1979 Convention de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (Genève)
- 1998 Réseau de surveillance des dépôts acides en Asie orientale (EANET)
- 1998 Déclaration de Malé sur la lutte et l'action préventive contre la pollution atmosphérique et ses effets transfrontières probables pour l'Asie du Sud
- 2002 Accord sur la lutte contre les nuages de pollution transfrontalière de l'Association des Nations de l'Asie du Sud-Est (ASEAN)
- 2006 Convention-cadre sur la protection environnementale à des fins de développement durable en Asie centrale (Ashkhabad)
- 2015 Partenariat Asie-Pacifique pour la qualité de l'air
- 2008 Accord-cadre régional sur la pollution atmosphérique de l'Afrique de l'Est (Nairobi)
- 2008 Cadre de politique régionale sur la pollution atmosphérique de la Communauté de développement de l'Afrique australe (Lusaka)
- 2009 Accord-cadre régional sur l'amélioration de la qualité de l'air en Afrique occidentale et centrale (Abidjan)
- 1986 Conseil des ministres arabes chargés des questions d'environnement (CAMRE)
- 2008 Réseau intergouvernemental sur la pollution atmosphérique de l'Amérique latine et des Caraïbes
- Aucun accord



Afin d'orienter leurs politiques en matière de pollution atmosphérique, de nombreux pays ont élaboré des normes nationales de qualité de l'air ambiant ou des directives relatives à certains polluants courants (Kutlar Joss *et al.*, 2017). Leurs différences quant au polluant visé, au niveau de concentration, au temps de calcul de la moyenne, à la fréquence d'occurrence et aux protocoles de mesure rendent difficile toute comparaison de leur niveau de rigueur. En 2005, un groupe d'experts de l'OMS a élaboré un ensemble de lignes directrices relatives à la qualité de l'air censées être globalement applicables à l'exposition de la population en général, ainsi qu'un ensemble de cibles intermédiaires recommandées pour certains polluants dans les régions qui excèdent le seuil fixé par les lignes directrices (OMS, 2006 ; **tableau 5.3**). Il est suggéré d'utiliser les cibles intermédiaires dans les zones très polluées, en guise d'étapes progressives vers l'atteinte des valeurs des directives. Chaque cible intermédiaire est liée à une baisse précise du risque de mortalité (OMS, 2006).

La capacité des gouvernements et du public à comparer les données de suivi de la qualité de l'air à ce genre de lignes directrices et de normes et à d'autres informations sur les avantages pour la santé a eu d'importants effets sur la sensibilisation et la motivation à adopter des mesures d'atténuation. Ainsi, l'amélioration de l'infrastructure de suivi de la qualité de l'air et l'utilisation des informations sur la qualité de l'air et sur les effets sur la santé dans les analyses coûts-avantages des mesures d'atténuation figurent parmi les priorités énoncées dans les évaluations régionales du rapport GEO-6.

Les structures politiques et réglementaires nationales et internationales qui ont été élaborées au cours des dernières décennies ont généré d'importants succès, comme en témoignent les tendances à la baisse des émissions et les tendances à la hausse de l'activité et de la production (voir la section 5.2). Toutefois, les réponses stratégiques antérieures ne sont peut-être

Tableau 5.3 : Lignes directrices et cibles intermédiaires de l'OMS relatives à la qualité de l'air

Polluant	Moyenne	Unité	Cibles intermédiaires			Qualité de l'air
			1	2	3	Ligne directrice
MP ₁₀	Annuelle	µg/m ³	70	50	30	20
	Sur 24 heures	µg/m ³	150	100	75	50
MP _{2,5}	Annuelle	µg/m ³	35	25	15	10
	Sur 24 heures	µg/m ³	75	50	37,5	25
NO ₂	Annuelle	µg/m ³	–	–	–	40
	Sur 1 heure	µg/m ³	–	–	–	200
SO ₂	Sur 24 heures	µg/m ³	125	50	–	20
O ₃	Sur 8 heures	µg/m ³	160	–	–	100
CO	Sur 1 heure	mg/m ³	–	–	–	30

Source : OMS (2006).



Encadré 5.1 : Résolution 3/8 de l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement

Prévention et réduction de la pollution atmosphérique pour améliorer la qualité de l'air à l'échelle mondiale

Prévention et réduction de la pollution atmosphérique pour améliorer la qualité de l'air à l'échelle mondiale
L'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement exhorte les États Membres à :

- ❖ prendre des mesures pour réduire la pollution atmosphérique ;
- ❖ mettre en place des réseaux de surveillance de la qualité de l'air et des émissions ;
- ❖ établir des normes ambitieuses relatives à la qualité de l'air ambiant ;
- ❖ inclure les polluants atmosphériques qui sont également des forceurs climatiques à courte durée de vie dans les programmes d'action nationaux ;
- ❖ intégrer la gestion de la pollution atmosphérique dans les programmes de développement nationaux ;
- ❖ éveiller les consciences aux coûts et avantages de la lutte contre la pollution atmosphérique ;
- ❖ renforcer les capacités d'établissement d'inventaires nationaux et infranationaux des émissions.

En outre, elle invite les États membres à renforcer la coopération intergouvernementale pour remédier aux effets négatifs de la pollution de l'air et les réduire à l'échelle locale, nationale, régionale et mondiale. Il est également demandé au Programme des Nations Unies pour l'environnement d'apporter un soutien technique supplémentaire, de renforcer les capacités et d'effectuer des analyses, afin d'aider les États membres à améliorer la qualité de l'air.

pas bien adaptées à la résolution des problèmes et au traitement des sources qui subsistent ou qui émergent, en particulier à brève échéance. Surtout en l'absence de capacité ou de structures réglementaires des gouvernements, les réponses qui engagent un large éventail de parties prenantes pour intégrer les préoccupations relatives à l'air aux grandes décisions en matière de politiques et d'investissement (par exemple, la planification des transports, l'aménagement du territoire, les investissements dans le développement économique, la modification des comportements) pourraient être plus aptes à s'attaquer aux sources diffuses d'émissions et à promouvoir l'innovation.

Les villes sont d'importants centres d'innovation et d'intégration des politiques, et elles continuent d'offrir d'importantes perspectives de progrès. L'organisation non gouvernementale Clean Air Asia est un exemple de premier plan des efforts déployés dans ce domaine. Elle réunit des administrations municipales, des ministères nationaux, des industriels et d'autres groupes de

parties prenantes issus de plus de 1 000 villes d'Asie pour partager les enseignements tirés de l'élaboration de politiques sur la pollution atmosphérique, le changement climatique, les transports, l'utilisation des sols et l'énergie (Clean Air Asia, 2017). Le C40 Cities Climate Leadership Group est un autre exemple, qui met en relation les responsables des villes avec leurs pairs dans les villes du monde entier afin d'échanger des informations, étant donné qu'ils sont confrontés à des défis communs liés à l'atténuation des effets du changement climatique et à l'adaptation à ces effets (Day *et al.*, 2018).

Aux échelons international et local, des coalitions et des initiatives réunissent les pouvoirs publics, l'industrie et d'autres groupes en vue de faciliter des actions spécifiques. La Coalition pour le climat et l'air pur (CCAP) pour la réduction des polluants climatiques à courte durée de vie est un exemple d'effort coordonné visant des progrès à brève échéance axés sur des polluants et secteurs précis (CCAP, 2015).





Références

Abelkop, A.D.K., Graham, J.D. et Royer, T.V. (2017). *Persistent, Bioaccumulative, and Toxic (PBT) Chemicals: Technical Aspects, Policies, and Practices*. Boca Raton, FL: CRC Press. <https://www.crcpress.com/Persistent-Bioaccumulative-and-Toxic-PBT-Chemicals-Technical-Aspects/Abelkop-Graham-Royer/p/book/9781138792944>.

Achakulwisut, P., Mickley, L.J. et Anenberg, S.C. (2018). Drought-sensitivity of fine dust in the US Southwest: Implications for air quality and public health under future climate change. *Environmental Research Letters* 13(5), 054025. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabf20>.

Adiang, C.M., Monkam, D., Njeguina, E. et Gokhale, S. (2017). Projecting impacts of two-wheelers on urban air quality of Douala, Cameroon. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 52, Part A, 49-63. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.02.010>.

Ainsworth, E.A., Yendrek, C.R., Stith, S., Collins, W.J. et Emberson, L.D. (2012). The effects of tropospheric ozone on net primary productivity and implications for climate change. *Annual Review of Plant Biology* 63(1), 637-661. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042110-103829>.

Albani, S., Mahowald, N.M., Perry, A.T., Scanza, R.A., Zender, C.S., Heavens, N.G. et al. (2014). Improved dust representation in the Community Atmosphere Model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* 6(3), 541-570. <https://doi.org/10.1002/2013MS000279>.

Alexander, L.V. (2016). Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond. *Weather and Climate Extremes* 11, 4-16. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.10.007>.

American Thoracic Society (2000). What constitutes an adverse health effect of air pollution? Official statement of the American Thoracic Society. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 161(2), 665-673. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.161.2.ats4-00>.

Andre, G., Engel, B., Berentsen, P.B., Vellinga, T.V. et Lansink, A.G. (2011). Quantifying the effect of heat stress on daily milk yield and monitoring dynamic changes using an adaptive dynamic model. *Journal of Dairy Science* 94(9), 4502-4513. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4139>.

Ang'u, C., Nzioka, J.M. et Mutai, B., K. (2016). Aerosol optical depth patterns associated with urbanization and weather in Nairobi and Lamu. *Journal of Meteorology and Related Sciences (Kenya Meteorological Society)* 8(3). <https://doi.org/10.20987/jmrs.2016.02.803>.

Antunes Dos Santos, A., Appel Hort, M., Culbreth, M., Lopez-Granero, C., Farina, M., Rocha, J.B. et al. (2016). Methylmercury and brain development: A review of recent literature. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 38, 99-107. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.03.001>.

Apte, J.S., Messier, K.P., Gani, S., Brauer, M., Kirchstetter, T.W., Lunden, M.M. et al. (2017). High-Resolution Air Pollution Mapping with Google Street View Cars: Exploiting Big Data. *Environmental Science & Technology* 51(12), 6999-7008. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00891>.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2009). *AMAP Assessment 2009: Human Health in the Arctic*. Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). <https://www.amap.no/documents/doc/amap-assessment-2009-human-health-in-the-arctic/98>.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2011). *The Impact of Black Carbon on Arctic Climate*. Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme. <https://www.amap.no/documents/download/977>.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2014). *Trends in Stockholm Convention Persistent Organic Pollutants (POPs) in Arctic Air, Human Media and Biota*. Wilson, S., Hung, H., Katsoyiannis, A., Kong, D., van Oostdam, J., Riget, F. et Bignert, A. (eds.). Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). <http://www.amap.no/documents/download/1972>.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2015). *AMAP Assessment 2015: Black Carbon and Ozone as Arctic Climate Forcers*. Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme. <https://www.amap.no/documents/download/2506>.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2016). *AMAP Assessment 2015: Temporal Trends in Persistent Organic Pollutants in the Arctic*. Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme. <https://www.amap.no/documents/doc/amap-assessment-2015-temporal-trends-in-persistent-organic-pollutants-in-the-arctic/1521>.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2017). *AMAP Assessment 2016: Chemicals of Emerging Arctic Concern*. Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme. <https://www.amap.no/documents/doc/amap-assessment-2016-chemicals-of-emerging-arctic-concern/1624>.

Avnery, S., Mauzerall, D.L., Liu, J.F. et Horowitz, L.W. (2011). Global crop yield reductions due to surface ozone exposure: 1 Year 2000 crop production losses and economic damage. *Atmospheric Environment* 45(13), 2284-2296. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.11.045>.

Bailey, R. (2013). *Managing Famine Risk: Linking Early Warning to Early Action*. A Chatham House Report. London: Royal Institute of International Affairs. https://www.chathamhouse.org/sites/files/chathamhouse/public/Research/Energy%2C%20Environment%20and%20Development/0413_earlywarnings.pdf.

Bailey, R. et Wellesley, L. (2017). *Chokepoints and Vulnerabilities in Global Food Trade*. London: Chatham House. <https://www.chathamhouse.org/sites/files/chathamhouse/publications/research/2017-06-27-chokepoints-vulnerabilities-global-food-trade-bailey-wellesley-final.pdf>.

Bais, A.F., Lucas, R.M., Bormann, J.F., Williamson, C.E., Sulzberger, B., Austin, A.T. et al. (2018). Environmental effects of ozone depletion, UV radiation and interactions with climate change: UNEP environmental effects assessment panel, update 2017. *Photochemical & Photobiological Sciences* 17(2), 127-179. <https://doi.org/10.1039/c7pp90043k>.

Ball, W.T., Alsing, J., Mortlock, D.J., Staehelin, J., Haigh, J.D., Peter, T. et al. (2018). Evidence for a continuous decline in lower stratospheric ozone offsetting ozone layer recovery. *Atmospheric Chemistry and Physics* 18, 1379-1394. <https://doi.org/10.5194/acp-18-1379-2018>.

Bergin, M.H., Tripathi, S.N., Devi, J.J., Gupta, T., McKenzie, M., Rana, K.S. et al. (2015). The discoloration of the Taj Mahal due to particulate carbon and dust deposition. *Environmental Science & Technology* 49(2), 808-812. <https://doi.org/10.1021/es504005q>.

Bhandari, D. et Shrivastava, G. (2018). The perform, achieve and trade scheme in India: An effectiveness analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 81(Part 1), 1286-1295. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.074>.

Bindoff, N.L., Stott, P.A., AchutaRao, K.M., Allen, M.R., Gillett, N., Gutzler, D. et al. (2013). Detection and attribution of climate change: From global to regional. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. et al. (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 10. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter10_FINAL.pdf.

Bond-Lamberty, B., Bailey, V.L., Chen, M., Gough, C.M. et Vargas, R. (2018). Globally rising soil heterotrophic respiration over recent decades. *Nature* 560(7716), 80-83. <https://doi.org/10.1038/s41586>.

Bouwman, A.F., Beusen, A.H.W., Griffioen, J., Van Groenigen, J.W., Heffting, M.M., Oenema, O. et al. *Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 368(1621), 20130112. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0112>.

Bowman, D.M.J.S., Williamson, G.J., Abatzoglou, J.T., Kolden, C.A., Cochrane, M.A. et Smith, A.M.S. (2017). Human exposure and sensitivity to globally extreme wildfire events. *Nature Ecology & Evolution* 8 1135. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0234-3>. <https://doi.org/10.1038/s41559-016-0058>.

Boys, B.L., Martin, R.V., van Donkelaar, A., MacDonell, R.J., Hsu, N.C., Cooper, M.J. et al. (2014). Fifteen-year global time series of satellite-derived fine particulate matter. *Environmental Science & Technology* 48(19), 11109-11118. <https://doi.org/10.1021/es502113p>.

Brasseur, G.P., Gupta, M., Anderson, B.E., Balasubramanian, S., Barrett, S., Duda, D. et al. (2016). Impact of aviation on climate: FAAs Aviation Climate Change Research Initiative (ACCRI) phase II. *Bulletin of the American Meteorological Society* 97(4), 561-583. <https://doi.org/10.1175/bams-d-13-00089.1>.

Brevik, K., Armitage, J.M., Wania, F., Sweetman, A.J. et Jones, K.C. (2016). Tracking the global distribution of persistent organic pollutants accounting for e-waste exports to developing regions. *Environmental Science & Technology* 50(2), 798-805. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04276>.

Brook, R.D., Rajagopalan, S., Pope, C.A., 3rd, Brook, J.R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A.V. et al. (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 121(21), 2331-2378. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181d9e1ce>.

Butler, C. (ed.) (2014). *Climate Change and Global Health*. Oxfordshire: Centre for Agriculture and Biosciences International. <https://www.cabi.org/bookshop/book/9781780642659>.

Caldron-Garciduenas, L. et Villarreal-Rios, R. (2017). Living close to heavy traffic roads, air pollution, and dementia. *Lancet* 389(10070), 675-677. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)32596-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)32596-X).

Caro, D., Davis, S.J., Bastianoni, S. et Caldeira, K. (2014). Global and regional trends in greenhouse gas emissions from livestock. *Climatic Change* 126(1-2), 203-216. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1197-x>.

Center for Human Rights and Environment (2015). *Policy Advocacy Network for Latin America for Clean Brick Production: Compilation of Existing Policy Frameworks*. Paris: Climate and Clean Air Coalition. <http://ccacoalition.org/en/file/2170/download?token=ccogNCF>.

Centers for Disease Control and Prevention (2017). *Harmful Algal Bloom (HAB)-associated illness - illness & symptoms*. <https://www.cdc.gov/habs/illness.html> (Revisado: 5 de octubre de 2018).

Chameides, W., Lindsay, R., Richardson, J. et Kiang, C. (1988). The role of biogenic hydrocarbons in urban photochemical smog: Atlanta as a case study. *Science* 241(4872), 1473-1475. <https://doi.org/10.1126/science.3420404>.

Chang, K.-L., Petropavlovskikh, I., Copper, O.R., Schultz, M.G. et Wang, T. (2017). Regional trend analysis of surface ozone observations from monitoring networks in eastern North America, Europe and East Asia. *Elem Sci Anth* 5(0), 50. <https://doi.org/10.1525/elementa.243>.

Chang, T., Zivin, J.G., Gross, T. et Neidell, M. (2016). *The Effect of Pollution on Worker Productivity: Evidence from Call-Center Workers in China*. National Bureau of Economic Research Working Paper Series. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w22328>.

Cheng, Z., Luo, L., Wang, S., Wang, Y., Sharma, S., Shimadera, H. et al. (2016). Status and characteristics of ambient PM2.5 pollution in global megacities. *Environment International* 89, 212-221. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.003>.

Chipperfield, M.P., Bekki, S., Dhoms, S., Harris, N.R.P., Hassler, B., Hossaini, R. et al. (2017). Detecting recovery of the stratospheric ozone layer. *Nature* 549(7671), 211-218. <https://doi.org/10.1038/nature23681>.

Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J. et al. (2013). Carbon and other biogeochemical cycles. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. et al. (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 6, 465-570. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/drafts/WG1AR5_SOD_Ch06_All_Final.pdf.

Clean Air Asia (2017). *Clean air Asia summary*. [Clean Air Asia <http://cleanairasia.org/clean-air-asia-summary/2017>].

Climate and Clean Air Coalition (2015). *CCAC Five-Year Strategic Plan*. Paris: Climate and Clean Air Coalition. <http://www.ccacoalition.org/en/resources/ccac-five-year-strategic-plan>.

Clougherty, J.E. (2010). A growing role for gender analysis in air pollution epidemiology. *Environmental Health Perspectives* 118(2), 167-176. <https://doi.org/10.1289/ehp.0909094>.

Coghlan, C., Muzammil, M., Ingram, J., Vervoort, J., Otto, F. et James, R. (2014). *A Sign of Things to Come? Examining Four Major Climate-related Disasters, 2010-2013, and their Impacts on Food Security*. Oxford: Oxfam International. <http://policy-practice.oxfam.org.uk/publications/a-sign-of-things-to-come-examining-four-major-climate-related-disasters-2010-20-326092>.

Cohen, A.J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H.R., Frostad, J., Estep, K. et al. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet* 389(10082), 1907-1918. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6).

Cole, J.R. et McCoskey, S. (2013). Does global meat consumption follow an environmental Kuznets curve? *Sustainability: Science, Practice & Policy* 8(2), 26-36. <https://doi.org/10.1080/15487733.2013.11908112>.

Committee on Earth Observing Satellites (2011). *A Geostationary Satellite Constellation for Observing Global Air Quality: An International Path Forward*. Committee on Earth Observing Satellites. http://ceos.org/document_management/Virtual_Constellations/ACC/Documents/AC-VC_Geostationary-Cx-for-Global-AQ-final_Apr2011.pdf.

Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (2010). *The Mortality Effects of Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution in the United Kingdom*. Oxfordshire. <https://www.gov.uk/government/publications/comeap-mortality-effects-of-long-term-exposure-to-particulate-air-pollution-in-the-uk>.

Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (2018). *Associations of Long-Term Average Concentrations of Nitrogen Dioxide with Mortality: A Report by the Committee on the Medical Effects of Air Pollutants*. Chilton. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/734799/COMEFAP_NO2_Report.pdf.

Czerniecki, B., Pórnolniczak, M., Kolendowicz, L., Marosz, M., Kendziarski, S. et Pilgus, N. (2016). Influence of the atmospheric conditions on PM₁₀ concentrations in Poznań, Poland. *Journal of Atmospheric Chemistry* 74(1), 115-139. <https://doi.org/10.1007/s10874-016-9345-5>.



Damstra, T. (2002). Potential effects of certain persistent organic pollutants and endocrine disrupting chemicals on the health of children. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology* 40(4), 457-465. <https://doi.org/10.1081/clt-120006748>

Day, T., Gonzales-Zuñiga, S., Nascimento, L., Höhne, N., Fekete, H. et al. (2018). *Climate Opportunity: More Jobs, Better Health, Livable Cities*. Cologne: New Climate Institute. https://newclimate.org/wp-content/uploads/2018/09/ClimateOpportunity_Full.pdf

Dean, J.F., Middelburg, J.J., Röckmann, T., Aerts, R., Blauw, L.G., Egger, M. et al. (2018). Methane feedbacks to the global climate system in a warmer world. *Reviews of Geophysics* 56(1), 207-250. <https://doi.org/10.1002/2017rg000559>

DeLonge, M.S., Miles, A. et Carlisle, L. (2016). Investing in the transition to sustainable agriculture. *Environmental Science & Policy* 55(Part 1), 266-273. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.09.013>

Di Turo, F., Proietti, C., Screpanti, A., Fornasari, M.F., Ciommi, I., Favero, G. et al. (2016). Impacts of air pollution on cultural heritage corrosion at European level: What has been achieved and what are the future scenarios. *Environmental Pollution* 218, 586-594. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.042>

Diaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martin-Lopez, B., Watson, R.T., Molnar, Z. et al. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science* 359(6373), 270-272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>

Duncan, B.N., Lamsal, L.N., Thompson, A.M., Yoshida, Y., Lu, Z., Streets, D.G. et al. (2016). A space-based, high-resolution view of notable changes in urban NOx pollution around the world (2005–2014). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 121(2), 976-996. <https://doi.org/10.1002/2015JD024121>

Duncan, B.N., Prados, A.I., Lamsal, L.N., Liu, Y., Streets, D.G., Gupta, P. et al. (2014). Satellite data of atmospheric pollution for U.S. air quality applications: Examples of applications, summary of data end-user resources, answers to FAQs, and common mistakes to avoid. *Atmospheric Environment* 94, 647-662. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.05.061>

El-Shahawi, M.S., Hamza, A., Bashammakh, A.S. et Al-Saggaf, W.T. (2010). An overview on the accumulation, distribution, transformations, toxicity and analytical methods for the monitoring of persistent organic pollutants. *Talanta* 80(5), 1587-1597. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2009.09.055>

Engel, A., Bönsch, H., Ostermüller, J., Chipperfield, M.P., Dhomse, S. et Jöckel, P. (2018). A refined method for calculating equivalent effective stratospheric chlorine. *Atmospheric Chemistry and Physics* 18(2), 601-619. <https://doi.org/10.5194/acp-18-601-2018>

European Commission (2016). *Emissions database for global atmospheric research (EDGAR) v4.3.1*. <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=431>

European Environment Agency (2017). *Annual European Union Greenhouse Gas Inventory 1990-2015 and Inventory Report 2017*. Copenhagen: European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2017>

Eze, I.C., Hemkens, L.G., Bucher, H.C., Hoffmann, B., Schindler, C., Kunzli, N. et al. (2015). Association between ambient air pollution and diabetes mellitus in Europe and North America: systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives* 123(5), 381-389. <https://doi.org/10.1289/ehp.0900994>

Fahay, D.W., Baughcum, S.L., Fuglestedt, J., Gupta, M., Lee, D.S., Sausen, R. et al. (2016). White paper on climate change aviation impacts on climate: State of the science. En *On Board A Sustainable Future: ICAO 2016 Environmental Report, Aviation and Climate Change*. Montreal: International Civil Aviation Organization. 99-107. <https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICA0%20Environmental%20Report%202016.pdf>

Farhi, A., Boyko, V., Almaqor, J., Benenson, I., Segre, E., Rudich, Y. et al. (2014). The possible association between exposure to air pollution and the risk for congenital malformations. *Environmental Research* 135, 173-180. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.08.024>

Feng, H. et Zhang, M. (2015). Global land moisture trends: Drier in dry and wetter in wet over land. *Scientific Reports* 5(18018). <https://doi.org/10.1038/srep18018>

Feng, Z., Rütting, T., Pleijel, H., Wallin, G., Reich, P.B., Kammann, C.I. et al. (2015). Constraints to nitrogen acquisition of terrestrial plants under elevated CO₂. *Global Change Biology* 21(8), 3152-3168. <https://doi.org/10.1111/gcb.12938>

Feng, Z.Z. et Kobayashi, K. (2009). Assessing the impacts of current and future concentrations of surface ozone on crop yield with meta-analysis. *Atmospheric Environment* 43(8), 1510-1519. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.11.033>

Fiore, A.M., Naik, V. et Leibensperger, E.M. (2015). Air quality and climate connections. *Journal of the Air & Waste Management Association* 65(6), 645-685. <https://doi.org/10.1080/10962247.2015.1040526>

Fischer, E.M., Oleson, K.W. et Lawrence, D.M. (2012). Contrasting urban and rural heat stress responses to climate change. *Geophysical Research Letters* 39(3). <https://doi.org/10.1029/2011GL015057>

Fishman, J., Crellson, J.K., Parker, P.A., Ainsworth, E.A., Vining, G.G., Szarka, J. et al. (2010). An investigation of widespread ozone damage to the soybean crop in the upper Midwest determined from ground-based and satellite measurements. *Atmospheric Environment* 44(18), 2248-2256. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.01.015>

Fleischer, N.L., Meriadi, M., van Donkelaar, A., Vadillo-Ortega, F., Martin, R.V., Betran, A.P. et al. (2014). Outdoor air pollution, preterm birth, and low birth weight: Analysis of the world health organization global survey on maternal and perinatal health. *Environmental Health Perspectives* 122(4), 425-430. <https://doi.org/10.1289/ehp.1306837>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2008). *The State of Food Insecurity in the World 2008*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-4646e.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *Climate Change and Food Security: Risks and Responses*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-15188e.pdf>

Fowler, D., Steadman, C.E., Stevenson, D., Coyle, M., Rees, R.M., Skiba, U.M. et al. (2015). Effects of global change during the 21st century on the nitrogen cycle. *Atmospheric, Chemistry and Physics* 15(24), 13849-13893. <https://doi.org/10.5194/acp-15-13849-2015>

Fry, K. et Power, M.C. (2017). Persistent organic pollutants and mortality in the United States, NHANES 1999-2011. *Environmental Health* 16(1), 105. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0313-6>

Fuhrer, J., Val Martin, M., Mills, G., Heald, C.L., Harmens, H., Hayes, F. et al. (2016). Current and future ozone risks to global terrestrial biodiversity and ecosystem processes. *Ecology and Evolution* 6(24), 8785-8799. <https://doi.org/10.1002/ece3.2568>

Fuzzi, S., Baltensperger, U., Carslaw, K., Decesari, S., van der Gon, H.D., Facchini, M.C. et al. (2015). Particulate matter, air quality and climate: Lessons learned and future needs. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15(14), 8217-8299. <https://doi.org/10.5194/acp-15-8217-2015>

Galloway, J.N., Aber, J.D., Erisman, J.W., Seitzinger, S.P., Howarth, R.W., Cowling, E.B. et al. (2003). The nitrogen cascade. *BioScience* 53(4), 341-356. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0341:TN C\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0341:TN C]2.0.CO;2)

Geddes, J.A., Martin, R.V., Boys, B.L. et van Donkelaar, A. (2016). Long-term trends worldwide in ambient NO₂ concentrations inferred from satellite observations. *Environmental Health Perspectives* 124(3), 281-289. <https://doi.org/10.1289/ehp.1409567>

Gibb, H. et O'Leary, K.G. (2014). Mercury exposure and health impacts among individuals in the artisanal and small-scale gold mining community: A comprehensive review. *Environmental Health Perspectives* 122(7), 667-672. <https://doi.org/10.1289/ehp.1307864>

Gibson, J., Adlard, B., Olafsdottir, K., Sandanger, T.M. et Odland, J.Ø. (2016). Levels and trends of contaminants in humans of the Arctic. *International Journal of Circumpolar Health* 75(1), 33804. <https://doi.org/10.3402/ijch.v75.33804>

Ginoux, P., Prospero, J.M., Gill, T.E., Hsu, N.C. et Zhao, M. (2012). Global-scale attribution of anthropogenic and natural dust sources and their emission rates based on modes deep blue aerosol products. *Reviews of Geophysics* 50. <https://doi.org/10.1029/2012rg000388>

Global Alliance for Clean Cookstoves (2014). *Results Report 2014: Sharing Progress on the Path to Adoption of Clean and Efficient Cooking Solutions*. Washington, DC: Global Alliance for Clean Cookstoves. <http://cleancookstoves.org/binary-data/RESOURCE/file/000/000/414-1.pdf>

Global Burden of Disease 2016 Risk Factor Collaborators (2017). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet* 390(10100), 1345-1422. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32366-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32366-8)

Global Burden of Disease Cancer Collaboration, Fitzmaurice, C., Allen, C., Barber, R.M., Barregard, L., Bhutta, Z.A. et al. (2017). Global, regional, and national cancer incidence, mortality, years of life lost, years lived with disability, and disability-adjusted life-years for 32 cancer groups, 1990 to 2015: A systematic analysis for the global burden of disease study. *JAMA Oncology* 3(4), 524-548. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2016.5688>

Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K. et al. (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in early twenty first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365(1554), 2973–2989. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0158>

Guenther, A.B., Jiang, X., Heald, C.L., Sakulyanontvittaya, T., Duhl, T., Emmons, L.K. et al. (2012). The model of emissions of gases and aerosols from nature version 2.1 (MEGAN2.1): An extended and updated framework for modeling biogenic emissions. *Geoscientific Model Development* 5(6), 1471-1492. <https://doi.org/10.5194/gmd-5-1471-2012>

Haines, A., Amann, M., Borgford-Parnell, N., Leonard, S., Kuylentstierna, J. et Shindell, D. (2017). Short-lived climate pollutant mitigation and the Sustainable Development Goals. *Nature Climate Change* 7(12), 863-869. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0012-x>

Hanlon, W.W. (2016). *Coal Smoke and the Costs of the Industrial Revolution*. National Bureau of Economic Research Working Paper Series. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w22921.pdf>

Harris, N.R.P., Hassler, B., Tummmon, F., Bodeker, G.E., Hubert, D., Petropavlovskikh, I. et al. (2015). Past changes in the vertical distribution of ozone – Part 3: Analysis and interpretation of trends. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15(17), 9965-9982. <https://doi.org/10.5194/acp-15-9965-2015>

Hartmann, D.L., Tank, A.M.G.K., Rusticucci, M., Alexander, L.V., Brönnimann, S., Charabi, Y.A.R. et al. (2013). Observations: Atmosphere and surface. En *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. chapter 2. 159-254. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter02_FINAL.pdf

Hashimoto, S., Carvalhais, N., Ito, A., Migliavacca, M., Nishina, K. et Reichstein, M. (2015). Global spatiotemporal distribution of soil respiration modeled using a global database. *Biogeosciences* 12, 4121-4132. <https://doi.org/10.5194/bg-12-4121-2015>

Heald, C.L. et Geddes, J. A., (2016). The impact of historical land use change from 1850 to 2000 on secondary particulate matter and ozone. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16(23), 14997-15010. <https://doi.org/10.5194/acp-16-14997-2016>

Health Effects Institute (2017). *State of Global Air 2017: A Special Report on Global Exposure to Air Pollution and Its Disease Burden*. Boston, MA. https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/SoGA2017_report.pdf

Health Effects Institute (2018). *State of Global Air 2018 Special Report: A Special Report on Global Exposure to Air Pollution and Its Disease Burden*. Boston, MA. <https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/soqa-2018-report.pdf>

Heede, R. (2014). Tracing anthropogenic carbon dioxide and methane emissions to fossil fuel and cement producers, 1854-2010. *Climatic Change* 122(1-2), 229–241. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0986-et>

Hettelingh, J.-P., Stevens, C., Posch, M., Bobbink, R. et de Vries, W. (2015). Assessing the impacts of nitrogen deposition on plant species richness in Europe. En *Critical Loads and Dynamic Risk Assessments: Nitrogen, Acidity and Metals in Terrestrial and Aquatic Ecosystems*. de Vries, W., Hettelingh, J. et Posch, M. (eds.). Dordrecht: Springer. 573-586. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-9508-1_23

Hoelsy, R.M., Smith, S.J., Feng, L., Klimont, Z., Janssens-Maenhout, G., Pitkanen, T. et al. (2018). Historical (1750–2014) anthropogenic emissions of reactive gases and aerosols from the Community Emission Data System (CEDS). *Geoscientific Model Development* 11, 369-408. <https://doi.org/10.5194/gmd-2017-43>

Hoffman, K., Butt, C.M., Webster, T.F., Preston, E.V., Hammel, S.C., Makey, C. et al. (2017). Temporal trends in exposure to organophosphate flame retardants in the United States. *Environmental Science & Technology Letters* 4(3), 112-118. <https://doi.org/10.1021/acs.lett.6b00475>

Huang, L., McDonald-Buller, E.C., McGaughey, G., Kimura, Y. et Allen, D. T., (2016). The impact of drought on ozone dry deposition over eastern Texas. *Atmospheric Environment* 127, 176-186. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.12.022>

Hung, H., Katsoyiannis, A.A., Brorstrom-Lunden, E., Olafsdottir, K., Aas, W., Breivik, K. et al. (2016). Temporal trends of Persistent Organic Pollutants (POPs) in arctic air: 20 years of monitoring under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). *Environmental Pollution* 217, 52-61. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.079>

Hussey, S.J.K., Purves, J., Alcock, N., Fernandes, V.E., Monks, P.S., Ketley, J.M. et al. (2017). Air pollution alters *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pneumoniae* biofilms, antibiotic tolerance and colonisation. *Environmental Microbiology* 19(5), 1868-1880. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13686>

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Part B. Regional Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report*. Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E. et al. (eds.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

International Civil Aviation Organization (2016a). *Presentation of 2016 Air Transport Statistical Results. Annual Report of the Council*. Montreal: International Civil Aviation Organization. https://www.icao.int/annual-report-2016/Documents/ARC_2016_Air%20Transport%20Statistics.pdf

International Civil Aviation Organization (2016b). *Assembly Resolution A39-3*. Montreal. https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/WP/wp_530_en.pdf

International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops (2017). *Mapping critical levels for vegetation. En Manual On Methodologies and Criteria For Modelling and Mapping Critical Loads and Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends*. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe. chapter 3. https://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications/documents/FinalNewChapter3v4Oct2017_000.pdf



- International Energy Agency (2016a). *Energy and Air Pollution*. Paris: International Energy Agency. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/>
- International Energy Agency (2016b). *World Energy Outlook*. Paris: International Energy Agency. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlook2016ExecutiveSummaryEnglish.pdf>
- International Energy Agency (2017). *CO₂ Emissions from Fuel Combustion: 2017 Overview*. Paris: International Energy Agency. <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustion2017Overview.pdf>
- International Transport Forum (2017). *ITF Transport Outlook 2017*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/transport/itf-transport-outlook_25202367
- Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) (2018). *The Magnitude and Impacts of Anthropogenic Nitrogen Inputs to the Ocean*. Geneva: World Meteorological Organization. <http://www.gesamp.org/publications/the-magnitude-and-impacts-of-anthropogenic-atmospheric-nitrogen-inputs-to-the-ocean>
- Karagas, M.R., Choi, A.L., Oken, E., Horvat, M., Schoeny, R., Kamai, E. et al. (2012). Evidence on the human health effects of low-level methylmercury exposure. *Environmental Health Perspectives* 120(6), 799-806. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104494>
- Karagulian, F., Belis, C.A., Dora, C.F., Prüss-Ustün, A., M., Bonjour, S., Adair-Rohani, H. et al. (2015). Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. *Atmospheric Environment* 120, 475-483. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.087>
- Kelley, C.P., Mohtadi, S., Cane, M.A., Seager, R. et Kushnir, Y. (2015). Climate change in the fertile crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(11), 3241-3246. <https://doi.org/10.1073/pnas.1421533112>
- Kiesewetter, G. et Amann, M. (2014). *Urban PM_{2.5} Levels under the EU Clean Air Policy Package*. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis. http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/ITSAP_12.pdf
- Klingmüller, K., Pozzer, A., Metzger, S., Stenchikov, G.L. et Lelieveld, J. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics* 16(8), 5063-5073. <https://doi.org/10.5194/acp-16-5063-2016>
- Kopltz, S.N., Mickley, L.J., Marlier, M.E., Buonocore, J.J., Kim, P.S., Liu, T. et al. (2016). Public health impacts of the severe haze in Equatorial Asia in September–October 2015: Demonstration of a new framework for informing fire management strategies to reduce downwind smoke exposure. *Environmental Research Letters* 11(9), 094023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/9/094023>
- Krotkov, N.A., McLinden, C.A., Li, C., Lamsal, L.N., Celarier, E.A., Marchenko, S.V. et al. (2016). Aura OMI observations of regional SO₂ and NO₂ pollution changes from 2005 to 2015. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16(7), 4605-4629. <https://doi.org/10.5194/acp-16-4605-2016>
- Kumar, R. et Agarwala, A. (2013). Renewable energy certificate and perform, achieve, trade mechanisms to enhance the energy security for India. *Energy Policy* 55, 669-676. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.072>
- Kutlar Joss, M., Eeftens, M., Gintowt, E., Kappeler, R. et Künzli, N. (2017). Time to harmonize national ambient air quality standards. *International Journal of Public Health* 62(4), 453-462. <https://doi.org/10.1007/s00038-017-0952-z>
- Kuttippurath, J. et Nair, P.J. (2017). The signs of Antarctic ozone hole recovery. *Scientific Reports* 7(585). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00722-7>
- Lamarque, J.F., Bond, T.C., Eyring, V., Granier, C., Heil, A., Klimont, Z. et al. (2010). Historical (1850–2000) gridded anthropogenic and biomass burning emissions of reactive gases and aerosols: Methodology and application. *Atmospheric Chemistry and Physics* 10(15), 7017-7039. <https://doi.org/10.5194/acp-10-7017-2010>
- Lee, S.C., Sverko, E., Harnet, T., Pozo, K., Barresi, E., Schachtschneider, J. et al. (2016). Retrospective analysis of "new" flame retardants in the global atmosphere under the GAPS Network. *Environmental Pollution* 217, 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.080>
- Leibensperger, E.M., Mickley, L.J. et Jacob, D.J. (2008). Sensitivity of US air quality to mid-latitude cyclone frequency and implications of 1980–2006 climate change. *Atmospheric Chemistry and Physics* 8(23), 7075-7086. <https://doi.org/10.5194/acp-8-7075-2008>
- Leip, A., Billen, G., Garnier, J., Grizzetti, B., Lassaletta, L., Reis, S. et al. (2015). Impacts of European livestock production: nitrogen, sulphur, phosphorus and greenhouse gas emissions, land-use, water eutrophication and biodiversity. *Environmental Research Letters* 10(11), 115004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/11/115004>
- Lewis, A.C., Zellweger, C., Schultz, M.G., Tarasova, O.A. and Reactive Gases Science Advisory Group (2017). *Technical Advice Note On Lower Cost Air Pollution Sensors*. World Meteorological Organization http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/GAW_Sensors_advice.pdf
- Li, X., Huang, S., Jiao, A., Yang, X., Yun, J., Wang, Y. et al. (2017). Association between ambient fine particulate matter and preterm birth or term low birth weight: An updated systematic review and meta-analysis. *Environmental Pollution* 227, 596-605. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.055>
- Lim, S.S., Vos, T., Flaxman, A.D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H. et al. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet* 380(9859), 2224-2260. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(12\)61766-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(12)61766-8)
- Liu, H., Zhang, X., Zhang, H., Yao, X., Zhou, M., Wang, J. et al. (2018). Effect of air pollution on the total bacteria and pathogenic bacteria in different sizes of particulate matter. *Environmental Pollution* 233, 483-493. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.070>
- Lott, F.C., Christidis, N. et Stott, P.A. (2013). Can the 2011 East African drought be attributed to human-induced climate change? *Geophysical Research Letters* 40(6), 1177-1181. <https://doi.org/10.1002/glt.50235>
- Lucas, R.M., Norval, M., Neale, R.E., Young, A.R., de Groot, F.R., Takizawa, Y. et al. (2015). The consequences for human health of stratospheric ozone depletion in association with other environmental factors. *Photochemical and Photobiological Sciences* 14(1), 53-87. <https://doi.org/10.1039/c4pp90033b>
- Ma, J., Hung, H. et Macdonald, R.W. (2016). The influence of global climate change on the environmental fate of persistent organic pollutants: A review with emphasis on the Northern Hemisphere and the Arctic as a receptor. *Global and Planetary Change* 146, 89-108. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.09.011>
- Ma, J.M., Hung, H.L., Tian, C. et Kallenborn, R. (2011). Revitalization of persistent organic pollutants in the Arctic induced by climate change. *Nature Climate Change* 1(5), 255-260. <https://doi.org/10.1038/Nclimate1167>
- Maas, R. et Grennfelt, P. (eds.) (2016). *Towards Cleaner Air: Scientific Assessment Report 2016*. Oslo: United Nations Economic Commission for Europe. https://www.unepce.org/fileadmin/DAM/env/irtap/ExecutiveBody/35th_session/CIIRAP_Scientific_Assessment_Report_-_Final_20-5-2016.pdf
- Maithel, S., Lalchandani, D., Malhotra, G., Bhanware, P., Uma, R., Ragavan, S. et al. (2012). *Brick Kilns Performance Assessment: A Roadmap for Cleaner Brick Production in India*. New Delhi: Greentech Knowledge Solutions Pvt. Ltd. <http://cccocallonline.org/en/file/575/download?token=wpSU0Xz>
- McCracken, J.P., Wellenius, G.A., Bloomfield, G.S., Brook, R.D., Tolunay, H.E., Dockery, D.W. et al. (2012). Household air pollution from solid fuel use: Evidence for links to CVD. *Global Heart* 7(3), 223-234. <https://doi.org/10.1016/j.gheart.2012.06.010>
- McGrath, J.M., Betzelberger, A.M., Wang, S., Shook, E., Zhu, X.-G., Long, S.P. et al. (2015). An analysis of ozone damage to historical maize and soybean yields in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(46), 14390-14395. <https://doi.org/10.1073/pnas.1509777112>
- Megaritis, A.G., Fountoukis, C., Charalampidis, P.E., Pilinis, C. et Pandis, S.N. (2013). Response of fine particulate matter concentrations to changes of emissions and temperature in Europe. *Atmospheric Chemistry and Physics* 13(6), 3423-3443. <https://doi.org/10.5194/acp-13-3423-2013>
- Melillo, J.M., Richmond, T.C. et Yohe, G.W. (2014). *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. Washington, D.C.: U.S. Global Change Research Program. <https://nca2014.globalchange.gov/report>
- Mills, J.N., Gage, K.L. et Khan, A.S. (2010). Potential influence of climate change on vector-borne and zoonotic diseases: A review and proposed research plan. *Environmental Health Perspectives* 118(11), 1507-1514. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901389>
- Montzka, S.A., Dutton, G.S., Yu, P., Ray, E., Portmann, R.W., Daniel, J.S. et al. (2018). An unexpected and persistent increase in global emissions of ozone-depleting CFC-11. *Nature* 557(7705), 413-417. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0106-2>
- Myers, S.S., Zanobetti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A.D.B., Bloom, A.J. et al. (2014). Increasing CO₂ threatens human nutrition. *Nature* 510(7503), 139-142. <https://doi.org/10.1038/nature13179>
- Na, K., Moon, K.C. et Kim, Y.P. (2005). Source contribution to aromatic VOC concentration and ozone formation potential in the atmosphere of Seoul. *Atmospheric Environment* 39(30), 5517-5524. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.06.005>
- Newman, P.A., J. S. Daniel, Waugh, D.W. et Nash, E.R. (2007). A new formulation of equivalent effective stratospheric chlorine (EESC). *Atmospheric Chemistry and Physics* 7, 4537-4552. <https://doi.org/10.5194/acp-7-4537-2007>
- Nordborg, M. et Rööös, E. (2016). *Holistic Management – A Critical Review of Allan Savory's Grazing Method*. Uppsala: SLU/EPOK - Centre for Organic Food and Farming & Chalmers. <https://www.fcru.org.uk/research-library/holistic-management-%F2%80%93-critical-review-allan-savory-%F2%80%99-grazing-method>
- Olsen, C.M., Carroll, H.J. et Whiteman, D.C. (2010). Estimating the attributable fraction for melanoma: a meta-analysis of pigmentary characteristics and freckling. *International Journal of Cancer* 127(10), 2430-2445. <https://doi.org/10.1002/ijc.25243>
- Otto, F.E.L., Massey, N., van Oldenborgh, G.J., Jones, R.G. et Allen, M.R. (2012). Reconciling two approaches to attribution of the 2010 Russian heat wave. *Geophysical Research Letters* 39(4). <https://doi.org/10.1029/2011GL015042>
- Pacifico, F., Folberth, G.A., Jones, C.D., Harrison, S.P. et Collins, W.J. (2012). Sensitivity of biogenic isoprene emissions to past, present, and future environmental conditions and implications for atmospheric chemistry. *Journal of Geophysical Research* 117(D22302). <https://doi.org/10.1029/2012jd018276>
- Pagano, M.C., Correa, E.J.A., Duarte, N.F., Yelikbayev, B., O'Donovan, A. et Gupta, V.K. (2017). Advances in eco-efficient agriculture: The plant-soil mycobiome. *Agriculture* 7(2). <https://doi.org/10.3390/agriculture7020014>
- Page, S.E. et Hooijer, A. (2016). In the line of fire: The peatlands of Southeast Asia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 371(1696). <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0176>
- Parker, R.J., Boesch, H., Wooster, M.J., Moore, D.P., Webb, A.J., Gaveau, D. et al. (2016). Atmospheric CH₄ and CO₂ enhancements and biomass burning emission ratios derived from satellite observations of the 2015 Indonesian fire plumes. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16(15), 10111-10131. <https://doi.org/10.5194/acp-16-10111-2016>
- Parrish, D.D., Lamarque, J.-F., Naik, V., Horowitz, L., Shindell, D.T., Staehelin, J. et al. (2014). Long-term changes in lower tropospheric baseline ozone concentrations: Comparing chemistry-climate models and observations at northern midlatitudes. *Journal of Geophysical Research* 119(9), 5719-5736. <https://doi.org/10.1002/2013JD021435>
- Piguet, E., Pecoud, A. et de Guchteneire, P. (eds.) (2011). *Gender and Climate Change*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. <http://www.cambridge.org/gb/academic/subjects/politics-international-relations/international-relations-and-international-organisations/migration-and-climate-change?form=PB&isbn=9781107662254#KhdPz8V5zmAvqF97>
- Porter, J.R., L. Xie, Challinor, A.J., Cochran, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M. et al. (2014). Food security and food production systems. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E. et al. (eds.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2014-impacts-adaptation-and-vulnerability-part-a-global-and-sectoral-aspects/1BE4ED76F97CF3A75C64487E6274783A>
- Puttman, W. et da Silva, A. (2013). *Simulating the transport of aerosols with GEOS-5*. [National Aeronautics and Space Administration https://gmao.gsfc.nasa.gov/research/aerosol/modeling/nrl_movie/index.php]
- Rae, D. et Graham, L. (2004). *Benefits of Reducing Mercury in Saltwater Ecosystems: A Case Study*. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency <http://nepis.epa.gov/EPA/ZyPURL.cgi?Dockey=901K0B00.TXT>
- Raj, M.L., Ajay, S.N., Lina, L., Sachchida, N.T., Anu, R., Michael, H.B. et al. (2016). Municipal solid waste and dung cake burning: Discoloring the Taj Mahal and human health impacts in Agra. *Environmental Research Letters* 11(10), 104009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/10/104009>
- Rauer, C., Harnet, T., Schuster, J.K., Quinto, K., Fillmann, G., Castillo, L.E. et al. (2016). Towards a regional passive air sampling network and strategy for new POPs in the GRULAC region: Perspectives from the GAPS Network and first results for organophosphorus flame retardants. *Science of the Total Environment* 573, 1294-1302. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.229>
- Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., de Basilio, V., Gourdière, J.L. et Collier, R.J. (2011). Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal* 6(5), 707-728. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448>
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (2016). *Renewables 2016 Global Status Report*. Paris: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR-2016-Full-Report.pdf>
- Rice, K.M., Walker, E.M., Jr., Wu, M., Gillette, C. et Blough, E.R. (2014). Environmental mercury and its toxic effects. *Journal of Preventive Medicine & Public Health* 47(2), 74-83. <https://doi.org/10.3961/jpmph.2014.47.2.74>
- Roy, R. (2016). *The Cost of Air Pollution in Africa*. OECD Development Centre Working Papers. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/development/the-cost-of-air-pollution-in-africa_5f1qzq72x6f8-en
- Rucevska, I., Nelleman, C., Isarin, N., Yang, W., Liu, N., Yu, K. et al. (2015). *Waste crime - waste risks. Gaps in meeting the global waste challenge*. Nairobi: United Nations Environment Programme and GRID-Arendal. <https://europa.eu/capacity4dev/file/25575/download?token=WAWKTK7p>



- Sacks, J.D., Stanek, L.W., Luben, T.J., Johns, D.O., Buckley, B.J., Brown, J.S. *et al.* (2011). Particulate matter-induced health effects: who is susceptible? *Environmental Health Perspectives* 119(4), 446-454. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002255>.
- Safi, M. (2017). 'Delhi doctors declare pollution emergency as smog chokes city'. *The Guardian* 7 November 2017 <https://www.theguardian.com/world/2017/nov/07/delhi-india-declares-pollution-emergency-as-smog-chokes-city>.
- Schlenker, W. et Roberts, M.J. (2009). Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(37), 15594-15598. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106>.
- Schmidhuber, J. et Tubiello, F.N. (2007). Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(50), 19703-19708. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701976104>.
- Schneider, P., Lahoz, W.A. et van der, A., R., (2015). Recent satellite-based trends of tropospheric nitrogen dioxide over large urban agglomerations worldwide. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15(3), 1205-1220. <https://doi.org/10.5194/acp-15-1205-2015>.
- Schultz, M.G., Schröder, S., Lyapina, O., Cooper, O., Galbally, I., Petropavlovskikh, I. *et al.* (2017). Tropospheric ozone assessment report. Database and metrics data of global surface ozone observations. *Elementa: Science of the Anthropocene* 5(58). <https://doi.org/10.1525/elementa.244>.
- Seinfeld, J.H. et Pandis, S.N. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. 3rd edn. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. <https://www.wiley.com/en-us/Atmospheric+Chemistry+and+Physics%3A+From+Air+Pollution+to+Climate+Change%2C+3rd+Edition-p-9781118947401>.
- Seto, K.C.-Y., Dhakal, S., Bigio, A., Blanco, H., Delgado, G.C., Dewar, D. *et al.* (2014). Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). *En Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 11. 811-922. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf
- Shaddick, G., Thomas, M.L., Amini, H., Broday, D., Cohen, A., Frostad, J. *et al.* (2018). Data integration for the assessment of population exposure to ambient air pollution for global burden of disease assessment. *Environmental Science & Technology* 52(16), 9069-9078. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02864>.
- Shindell, D., Borgford-Parnell, N., Brauer, M., Haines, A., Kuylenstierna, J.C.I., Leonard, S.A. *et al.* (2017). A climate policy pathway for near- and long-term benefits. *Science* 356(6337), 493. <https://doi.org/10.1126/science.aak9521>.
- Sindelarova, K., Granier, C., Bouarir, I., Guenther, A., Tilmes, S., Stavrakou, T. *et al.* (2014). Global data set of biogenic VOC emissions calculated by the MEGAN model over the last 30 years. *Atmospheric Chemistry and Physics* 14(17), 9317-9341. <https://doi.org/10.5194/acp-14-9317-2014>.
- Sliggers, J. et Kakebeke, W. (eds.) (2004). *Clearing the Air: 25 years of the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe. <http://www.unepce.org/index.php?id=10091>.
- Smith, K.R., Woodward, A., Campbell-Lendrum, D., Chadee, D.D., Honda, Y., Liu, Q. *et al.* (2014). Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. *En Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Aspects mundiales et sectoriales. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 11. 709-754. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap11_FINAL.pdf
- Snider, G., Weagle, C.L., Martin, R.V., van Donkelaar, A., Conrad, K., Cunningham, D. *et al.* (2015). SPARTAN: A global network to evaluate and enhance satellite-based estimates of ground-level particulate matter for global health applications. *Atmospheric Measurement Techniques* 8(1), 505-521. <https://doi.org/10.5194/amt-8-505-2015>.
- Solberg, S., Hov, Ø., Svøve, A., Isaksen, I.S.A., Coddeville, P., De Backer, H. *et al.* (2008). European surface ozone in the extreme summer 2003. *Journal of Geophysical Research* 113(D7). <https://doi.org/10.1029/2007jd009098>.
- Solomon, S., Iry, D., Gupta, M., Bandoro, J., Santer, B., Fu, Q. *et al.* (2017). Mirrored changes in Antarctic ozone and stratospheric temperature in the late 20th versus early 21st centuries. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 122(16), 8940-8950. <https://doi.org/10.1002/2017jd026719>.
- Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Garnett, T., Godfray, H.C.J., Gollin, D. *et al.* (2016). Global and regional health effects of future food production under climate change: A modelling study. *The Lancet* 387(10031), 1937-1946. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)01156-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01156-3).
- Stieb, D.M., Chen, L., Eshou, M. et Judek, S. (2012). Ambient air pollution, birth weight and preterm birth: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Research* 117, 100-111. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.05.007>.
- Sumpter, C. et Chandramohan, D. (2013). Systematic review and meta-analysis of the associations between indoor air pollution and tuberculosis. *Tropical Medicine & International Health* 18(1), 101-108. <https://doi.org/10.1111/tmi.12013>.
- Sundseth, K., Pacyna, J.M., Pacyna, E.G., Pirrone, N. et Thorne, R.J. (2017). Global sources and pathways of mercury in the context of human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph14010105>.
- Tabachnick, W.J. (2010). Challenges in predicting climate and environmental effects on vector-borne disease epizootics in a changing world. *The Journal of experimental biology* 213(6), 946-954. <https://doi.org/10.1242/jeb.037564>.
- Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollution (2013). Answers to policy-relevant science questions. *En Hemispheric Transport of Air Pollution 2010. Part D - Answers to Policy-Relevant Science Questions*. New York: United Nations. 1-42. https://www.un-ilibrary.org/hemispheric-transport-of-air-pollution-2010_2edceeff-en.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpublication%2F2edceeff-en&mimeType=pdf
- Trenberth, K.E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research* 47(1), 123-138. <https://doi.org/10.3354/cr00953>.
- Unger, N. (2014). Human land-use-driven reduction of forest volatiles cools global climate. *Nature Climate Change* 4(10), 907-910. <https://doi.org/10.1038/nclimate2347>.
- United Nations (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. New York, NY http://unfccc.int/files/essential/background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf
- United Nations (2016a). Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Kigali, 15 October 2016. United Nations, New York, NY <https://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2016/CN.872.2016-Eng.pdf>
- United Nations (2016b). *The World's Cities in 2016*. New York, NY. http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2016_data_booklet.pdf
- United Nations Conference on Trade and Development (1997). *Review of Maritime Transport*. Geneva. http://unctad.org/en/Docs/mtt1997_en.pdf.
- United Nations Conference on Trade and Development (2017). *Review of Maritime Transport*. Geneva. http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/mtt2017_en.pdf
- United Nations Economic Commission for Europe, United Nations Environment Programme (2017). Used vehicles: A global overview. Background Paper. *Ensuring Better Air Quality and Reduced Climate Emissions Through Cleaner Used Vehicles*. Geneva, 20-24 February 2017. United Nations Economic Commission for Europe https://www.unepce.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2017/itc/UNEP-ITC-Background_Paper-Used_Vehicle_Global_Overview.pdf
- United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2014). 1/7. Strengthening the Role of the United Nations Environment Programme in Promoting Air Quality.
- En Proceedings of the United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme at its First Session. UNEP/EA.1/10. Nairobi. 38-39. <http://undocs.org/UNEP/EA.1/10>
- United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2017). 3/8. Preventing and Reducing Air Pollution to Improve Air Quality Globally. UNEP/EA.3/Res.8. https://papersmart.unep.org/resolution/uploads/k1800222_english.pdf.
- United Nations Environment Programme (2013a). *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport*. Nairobi: United Nations Environment Programme. <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/77984/-Global%20Mercury%20Assessment-201367.pdf?sequence=3&isAllowed=et>
- United Nations Environment Programme (2013b). *Minamata Convention on Mercury, Text and Annexes*. Nairobi: United Nations Environment Programme. http://mercury.convention.org/Portals/11/documents/Booklets/Minamata%20Convention%20on%20Mercury_booklet_English.pdf.
- United Nations Environment Programme (2014a). *Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants under the Stockholm Convention Article 16 on Effectiveness Evaluation: Second Regional Monitoring Report of the Central, Eastern European and Central Asian Region*. http://chm.pops.int/portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-GMP-RMR-CEF-2015_English.pdf
- United Nations Environment Programme (2014b). *Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants*. Nairobi: United Nations Environment Programme. http://chm.pops.int/portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-GMP-RMR-GRULAC-2015_English.pdf.
- United Nations Environment Programme (2015a). *Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants under the Stockholm Convention Article 16 on Effectiveness Evaluation - 2nd Regional Monitoring Report Western Europe and Others Group (WEOG) Region*. Nairobi: United Nations Environment Programme. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/19330/WEOG_Report_FINAL_2015_03_31.pdf?sequence=1&isAllowed=et
- United Nations Environment Programme (2015b). *Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants under the Stockholm Convention Article 16 on Effectiveness Evaluation. Second Regional Monitoring Report Asia-Pacific Region*. Nairobi: United Nations Environment Programme. https://www.informea.org/sites/default/files/imported-documents/UNEP-POPS-GMP-RMR-ASIAPAC/IFC-ANNEX-2015_English.pdf.
- United Nations Environment Programme (2016). UNEP Air Quality Monitoring System. Nairobi http://pre-uneplive.unep.org/media/docs/news_ticker/Air_Quality_Leaflet_Letter_size.pdf
- United Nations Environment Programme (2017a). *The new POPs under the Stockholm Convention*. <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/TheNewPOPs/tabid/2511/Default.aspx> (Consultado: 30 de junio de 2017).
- United Nations Environment Programme (2017b). Ozone secretariat data access centre. <http://ozone.unep.org/en/data-reporting/data-centre>.
- United Nations Environment Programme (2017c). *The Emissions Gap Report 2017*. Nairobi: United Nations Environment Programme. <http://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report>.
- United Nations Environment Programme, Arctic Monitoring and Assessment Programme (2011). *Climate Change and POPs: Predicting the Impacts. Report of the UNEP/AMAP Expert Group*. <http://www.amap.no/documents/doc/climate-change-and-pops-predicting-the-impacts/753>.
- United Nations Environment Programme, Arctic Monitoring and Assessment Programme (2018). *Global Mercury Assessment 2018 - Draft Technical Background Document*. <https://www.unenvironment.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/mercury/global-mercury-assessment>.
- United Nations Environment Programme, International Solid Waste Association (2015). *Global Waste Management Outlook*. Nairobi. <http://web.unep.org/etc/what-we-do/global-waste-management-outlook-gwmo>.
- United Nations Environment Programme and United Nations Economic Commission for Europe (2016). *Geo-6 Assessment for the Pan-European Region*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7735/unep_geo_regional_assessments_europe_16-07513_hires.pdf?sequence=1&isAllowed=et
- United Nations Environment Programme, World Meteorological Organization and United Nations Convention to Combat Desertification (2016). *Global Assessment of Sand and Dust Storms*. Nairobi: United Nations Environment Programme. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7681/Global_Assessment_of_sand_and_dust_storms_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=et
- United Nations Framework Convention on Climate Change (2016). *Decision 1/CP.21 Adoption of the Paris Agreement*. Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>.
- United States Environmental Protection Agency (2011). *The Benefits and Costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020: Final Report, Rev. A*. US Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/fullreport_rev_a.pdf.
- United States Environmental Protection Agency (2017). *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2015*. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-02/documents/2017_complete_report.pdf.
- United States Environmental Protection Agency (2018a). *Artisanal and small-scale gold mining without mercury*. United States Environmental Protection Agency <https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox> (Consultado: 8 de octubre de 2018).
- United States Environmental Protection Agency (2018b). *Air sensor toolbox for citizen scientists, researchers and developers*. United States Environmental Protection Agency <https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox>.
- van Dijk, A., Slaper, H., den Outer, P.N., Morgenstern, O., Braesicke, P., Pyle, J.A. *et al.* (2013). Skin cancer risks avoided by the Montreal Protocol—worldwide modeling integrating coupled climate-chemistry models with a risk model for UV. *Photochemistry and Photobiology* 89(1), 234-246. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2012.01223.x>.
- Van Dingenen, R., Dentener, F.J., Raes, F., Krol, M.C., Emberson, L. et Cofala, J. (2009). The global impact of ozone on agricultural crop yields under current and future air quality legislation. *Atmospheric Environment* 43(3), 604-618. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.10.033>.



- van Marle, M.J.E., Kloster, S., Magi, B.I., Marlon, J.R., Daniiau, A.L., Field, R.D. et al. (2017). Historic global biomass burning emissions based on merging satellite observations with proxies and fire models (1750-2015). *Geoscientific Model Development* 2017, 1-56. <https://doi.org/10.5194/gmd-2017-32>.
- Vecchiato, M., Argiriadis, E., Zambon, S., Barbante, C., Toscano, G., Gambaro, A. et al. (2015). Persistent Organic Pollutants (POPs) in Antarctica: Occurrence in continental and coastal surface snow. *Microchemical Journal* 119, 75-82. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2014.10.010>
- Vet, R., Artz, R.S., Carou, S., Shaw, M., Ro, C.-U., Aas, W. et al. (2014). A global assessment of precipitation chemistry and deposition of sulfur, nitrogen, sea salt, base cations, organic acids, acidity and pH, and phosphorus. *Atmospheric Environment* 93, 3-100. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.10.060>
- Vidal, J. (2016). 'Clouds of filth envelop Asian cities: 'you can't escape'. *The Guardian* 22 November 2017 <https://www.theguardian.com/global-development/2016/nov/22/cloud-filth-envelop-asian-cities-urban-smog-air-pollution-india-china>
- Villeneuve, P.J., Weichenthal, S.A., Crouse, D., Miller, A.B., To, T., Martin, R.V. et al. (2015). Long-term exposure to fine particulate matter air pollution and mortality among Canadian women. *Epidemiology* 26(4), 536-545. <https://doi.org/10.1097/ede.0000000000000294>
- Vinken, G.C.M., Boersma, K.F., Maasakkers, J.D., Adon, M. et Martin, R.V. (2014). Worldwide biogenic soil NOx emissions inferred from OMI NO2 observations. *Atmospheric Chemistry and Physics* 14(18), 10363-10381. <https://doi.org/10.5194/acp-14-10363-2014>
- Vizcaino, E., Grimalt, J.O., Fernandez-Somoano, A. et Tardon, A. (2014). Transport of persistent organic pollutants across the human placenta. *Environment International* 65, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.01.004>
- Waste Atlas Partnership (2014). *Waste Atlas: The World's 50 Biggest Dumpsites: 2014 Report*. <http://www.atlas-d-waste.com/Documents/Waste-Atlas-report-2014-webEdition.pdf>
- Watt, J., Tidblad, J., Kucera, V. et Hamilton, R. (eds.) (2009). *The Effects of Air Pollution on Cultural Heritage*. New York, NY: Springer. <http://www.springer.com/gp/book/9780387848921>
- Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M. et al. (2017). The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet*. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32464-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9)
- Wijedasa, L.S., Jauhainen, J., Kononen, M., Lampela, M., Vasander, H., Leblanc, M.C. et al. (2017). Denial of long-term issues with agriculture on tropical peatlands will have devastating consequences. *Global Change Biology* 23(3), 977-982. <https://doi.org/10.1111/gcb.13516>
- Women in Europe for a Common Future, Women International for a Common Future (2016). *Women And Chemicals - The Impact Of Hazardous Chemicals On Women*. Women in Europe for a Common Future (WECF) and Women International for a Common Future (WICF). http://www.wecf.eu/download/2016/March/WomenAndChemicals_PublicationWD2016.pdf
- Wooster, M.J., Perry, G.L.W. et Zoumas, A. (2012). Fire, drought and El Niño relationships on Borneo (Southeast Asia) in the pre-MODIS era (1980-2000). *Biogeosciences* 9, 317-340. <https://doi.org/10.5194/bg-9-317-2012>
- World Bank and Institute for Health Metrics, Evaluation (2016). *The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action*. Washington, DC: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/781521479177013155/pdf/108141-REVISED-Cost-of-PollutionWebCORRECTEDfile.pdf>
- World Health Assembly of the World Health Organization (2015). *Health and the Environment : Addressing the Health Impact of Air Pollution*. WHA68.8. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/253237/A68_R8-en.pdf?sequence=1&isAllowed=et
- World Health Organization (2004). *Global Health Risks: Mortality and Burden of Disease Attributable To Selected Major Risks*. Geneva: World Health Organization. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44203/9789241563871_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=et
- World Health Organization (2006). *Air Quality Guidelines: Global Update 2005*. Copenhagen: World Health Organization. http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1
- World Health Organization (2007). *Indoor Air Pollution: National Burden of Disease Estimates*. Geneva : World Health Organization. <http://www.who.int/airpollution/publications/nationalburden/en/>
- World Health Organization (2013). *Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution – REVIHAAP Project: Technical Report*. Copenhagen: World Health Organization http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1
- World Health Organization (2014). *Gender, Climate Change and Health*. Geneva: World Health Organization. http://www.who.int/globalchange/publications/reports/gender_climate_change/en/
- World Health Organization (2015). *Economic Cost Of The Health Impact Of Air Pollution In Europe: Clean Air, Health And Wealth*. Copenhagen: World Health Organization. http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0004/276772/Economic-cost-health-impact-air-pollution-en.pdf
- World Health Organization (2016a). *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease*. Geneva. <http://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>
- World Health Organization (2016b). *Burning Opportunity: Clean Household Energy for Health, Sustainable Development and Well-Being of Women and Children*. Geneva. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204717/9789241565233_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=et
- World Health Organization (2018). *Health Topics: Air Pollution*. <http://www.who.int/airpollution/en/> (Consultado: 4 de octubre de 2018).
- World Meteorological Organization (2014). *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014*. Geneva. http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_2014/documents/Full_report_2014_Ozone_Assessment.pdf
- World Meteorological Organization (2017a). *WMO Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2016*. Geneva: World Meteorological Organization. https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/GHG_Bulletin_12_EN_web_JN161640.pdf
- World Meteorological Organization (2017b). *Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System*. WMO Airborne Dust Bulletin/World Meteorological Organization. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3416
- World Meteorological Organization (2017c). *WMO Statement on the State of the Global Climate*. Geneva: World Meteorological Organization. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4453
- Xia, Y., Guan, D., Jiang, X., Peng, L., Schroeder, H. et Zhang, Q. (2016). Assessment of socioeconomic costs to China's air pollution. *Atmospheric Environment* 139, 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.05.036>
- Xu, Y. et Ramanathan, V. (2017). Well below 2 °C: Mitigation strategies for avoiding dangerous to catastrophic climate changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(39), 10315-10323. <https://doi.org/10.1073/pnas.1618481114>
- York, A. (2018). Marine biogeochemical cycles in a changing world. *Nature Reviews Microbiology* 16, 259. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2018.40>
- Zhang, Q., Jiang, X., Tong, D., Davis, S.J., Zhao, H., Geng, G. et al. (2017). Transboundary health impacts of transported global air pollution and international trade. *Nature* 543(7647), 705-709. <https://doi.org/10.1038/nature21712>
- Zhang, Y., Cooper, O.R., Gaudel, A., Thompson, A.M., Nedelec, P., Ogino, S.-Y. et al. (2016). Tropospheric ozone change from 1980 to 2010 dominated by equatorward redistribution of emissions. *Nature Geoscience* 9(12), 875-879. <https://doi.org/10.1038/ngeo2827>
- Zhao, Y., Zhang, L., Chen, Y., Liu, X., Xu, W., Pan, Y. et al. (2017). Atmospheric nitrogen deposition to China: A model analysis on nitrogen budget and critical load exceedance. *Atmospheric Environment* 153, 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.01.018>
- Zheng, B., Tong, D., Li, M., Liu, F., Hong, C., Geng, G. et al. (2018). Trends in China's anthropogenic emissions since 2010 as the consequence of clean air actions. *Atmospheric Chemistry and Physics* 18(19), 14095-14111. <https://doi.org/10.5194/acp-18-14095-2018>
- Zivin, J.G. et Neidell, M. (2018). Air pollution's hidden impacts. *Science* 359(6371), 39-40. <https://doi.org/10.1126/science.aap7711>
- Zou, Y., Wang, Y., Zhang, Y. et Koo, J.H. (2017). Arctic sea ice, Eurasia snow, and extreme winter haze in China. *Science Advances* 3(3), e1602751. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1602751>







La biodiversité



Auteurs coordonnateurs : Peter Stoett (Institut universitaire de technologie de l'Ontario) et Jonathan Davies (université de Colombie-Britannique)

Auteurs principaux : Dolors Armenteras (université nationale de Colombie), Jeremy Hills (université du Pacifique Sud), Louise McRae (Société zoologique de Londres) et Carol Zastavniouk (Golder Associates)

Auteurs collaborateurs : Rob Bailey (Chatham House – The Royal Institute of International Affairs), Colin Butler (université de Canberra), Irene Dankelman (université Radboud), Keisha Garcia (université des Indes occidentales), Linda Godfrey (Conseil pour la recherche scientifique et industrielle, Afrique du Sud), Andrei Kirilenko (université de la Floride), Peter Lemke (Institut Alfred Wegener), Daniela Liggett (université de Canterbury), Gavin Mudd (Institut royal de technologie de Melbourne, RMIT), Joni Seager (université de Bentley), Caradee Y. Wright (Conseil de la recherche médicale d'Afrique du Sud) et Caroline Zickgraf (université de Liège)



Synthèse

La biodiversité est en crise. Des preuves *bien établies* indiquent un déclin irréversible et continu de la diversité génétique et des espèces, ainsi qu'une dégradation des écosystèmes à l'échelle locale et mondiale. Les scientifiques s'inquiètent de plus en plus du risque, si les pressions anthropiques sur la biodiversité se poursuivent sans relâche, de précipiter un sixième événement d'extinction massive dans l'histoire de la Terre, entraînant de profondes répercussions sur la santé humaine et l'équité. {6.1}.

La biodiversité fournit de nombreux biens et services précieux : les apports de la nature aux populations (*bien établi*).

Elle contribue à la régulation du climat par la séquestration du carbone et le contrôle des précipitations locales, elle filtre l'air et l'eau, et elle atténue les effets de catastrophes naturelles telles que les glissements de terrain et les tempêtes côtières. Figurent au nombre de ses avantages directs le bois d'œuvre provenant des forêts, le poisson provenant des océans et des systèmes d'eau douce, les cultures et les médicaments tirés des plantes, ainsi que l'identité culturelle et les bienfaits pour la santé obtenus grâce à l'accès à la nature. {6.1}

La perte de la biodiversité a des conséquences sur la santé humaine et l'équité (*bien établi*). La biodiversité contribue de façon positive à la santé et au bien-être des humains. Les moyens de subsistance de plus de 70 % de la population mondiale vivant dans la pauvreté dépendent dans une certaine mesure des ressources naturelles, et plus de 80 % de la biodiversité mondiale se trouve dans les territoires traditionnels des peuples autochtones. L'épuisement de ce capital naturel affectera donc de manière disproportionnée les personnes les moins à même de compenser les pertes et réduira les possibilités pour les générations futures. {6.1}

La perte de la biodiversité réduit la résilience des écosystèmes et accroît la vulnérabilité aux menaces, notamment les effets négatifs du changement climatique (*bien établi*). À l'échelle locale, il est probable qu'à terme, les écosystèmes les plus diversifiés seront les plus productifs et les plus stables. {6.5.4, 6.5.6}

Les pressions critiques exercées sur la biodiversité sont bien reconnues (*bien établi*). La biodiversité subit une érosion causée par le changement d'affectation des terres, l'exploitation directe, le changement climatique, la pollution et les espèces exotiques envahissantes. Certes, la perte et la transformation des habitats constituent probablement la pression la plus importante à l'heure actuelle, mais à l'avenir, la principale pression pourrait venir du changement climatique. {6.3.1, 6.3.2, 6.3.3, 6.3.4, 6.3.5}

Les pressions se chevauchent souvent, et il existe des boucles de rétroaction positive entre plusieurs d'entre elles (*bien établi*). La transformation des habitats risque d'accroître l'exposition aux polluants, aux nuisibles, aux agents pathogènes allogènes et aux maladies infectieuses émergentes nuisibles aux humains, au bétail et à la faune, et d'exacerber les conflits entre les humains et les espèces sauvages. Les forêts subissent des altérations dues aux multiples changements d'affectation des terres, telles que l'exploitation forestière, l'exploitation minière, la construction de routes et l'expansion agricole ; la fragmentation de l'habitat et la perte de la biodiversité qui en résulte réduisent la résilience des forêts aux effets du changement climatique et à l'introduction d'espèces envahissantes. {6.3.1}

Des facteurs aggravants nouvellement reconnus exacerbent la pression sur la biodiversité (*bien établi*). La production d'énergie, l'extraction des ressources, le commerce et le braconnage de espèces sauvages, les déchets chimiques et la présence de

plastiques dans le milieu marin sont des facteurs aggravants qui contribuent au déclin de la biodiversité. {6.3.1, 6.3.3, 6.3.4}

La diversité génétique est la matière première vitale de l'adaptation (*bien établi*). La diminution de la taille des populations de nombreuses espèces représente une perte de diversité génétique. La diversité génétique des cultures, des espèces sauvages apparentées aux cultures et du bétail assure la résilience des systèmes agricoles face à des environnements en pleine mutation. La perte continue à long terme de la diversité génétique des cultures et du bétail constitue une menace pour la sécurité alimentaire. {6.4.1}

Le taux de déclin des populations d'espèces à l'échelle mondiale ne connaît aucun ralentissement (*bien établi*). L'accroissement des risques d'extinction des espèces au fil du temps est *bien établi*, et on ne note aucun ralentissement du taux de déclin des populations à l'échelle mondiale. Les espèces d'eau douce ont les plus hauts taux de déclin des populations, tandis que les amphibiens, les coraux constructeurs de récifs et les cycadales sont les taxons ayant la plus forte proportion d'espèces actuellement considérées comme menacées d'extinction. Les données sur les groupes d'invertébrés sont plus lacunaires, mais des données récentes indiquent des déclins importants de l'abondance locale. La perte de pollinisateurs invertébrés a été soulignée comme étant un problème croissant ayant des conséquences majeures pour la production agricole, le fonctionnement des écosystèmes et le bien-être humain. {6.4.2}

Il n'existe pas d'aperçu général de la santé des écosystèmes (*bien établi*). L'état de nombreux types d'habitats est très probablement en déclin. Certes, il est difficile de procéder à un suivi mondial dans l'ensemble des habitats terrestres, mais 10 de ces 14 habitats ont enregistré une baisse de la productivité de la végétation, et un peu moins de la moitié de toutes les écorégions terrestres sont classées comme présentant un état dégradé. Les zones humides naturelles et les habitats marins tels que les écosystèmes des grands fonds et les récifs coralliens sont considérés comme particulièrement préoccupants à l'échelle mondiale. {6.4.3}

La perte de la biodiversité se fait sentir dans tous les grands biomes de la Terre (*bien établi*). Dans les océans, la surexploitation des stocks de poisson entraîne l'effondrement des pêches ; le réchauffement détruit les récifs coralliens ; la destruction d'habitats de systèmes côtiers tels que les mangroves expose les communautés à des risques accrus associés à l'érosion et aux phénomènes météorologiques extrêmes. La pollution marine par les matières plastiques constitue une menace majeure et croissante pour la biodiversité. Dans les systèmes d'eau douce, la pollution agricole et chimique, notamment la croissance des apports en azote, entraîne la prolifération d'algues toxiques et la détérioration de la qualité de l'eau potable ; les espèces envahissantes se propagent dans les cours d'eau ; les espèces d'eau douce déclinent plus rapidement que celles de tout autre biome. Dans l'environnement terrestre, des prairies se désertifient sous l'action de la hausse des températures, et l'irrigation non durable transforme des zones arides en paysages inhospitaliers et toxiques, inadaptés aux espèces sauvages et impropres à l'agriculture. Les écosystèmes montagneux et polaires sont particulièrement vulnérables au changement climatique, et la disparition d'espèces qui se trouvent aux limites supérieures de leur plage thermique ou qui dépendent de la banquise est probable. Les forêts tropicales sont parmi les écosystèmes terrestres les plus riches en biodiversité, mais la déforestation et la dégradation des forêts se poursuivent dans plusieurs régions, souvent en réponse à la demande de bois, de fibres, de produits alimentaires et de

combustibles tels que l'huile de palme, ainsi qu'à des facteurs externes. {6.5.1, 6.5.2, 6.5.3, 6.5.4, 6.5.5, 6.5.6, 6.5.7, 6.5.8}

Une gamme d'instruments nationaux et internationaux vise la conservation de la biodiversité (*bien établi*). Il s'agit notamment des stratégies et plans d'action nationaux pour la biodiversité (SPANB) mis en œuvre dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique (CDB), du Plan stratégique 2011-2020 pour la biodiversité (englobant les Objectifs d'Aichi), du Protocole de Cartagena sur la biosécurité, du Protocole de Nagoya et de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES). {6.6.1, 6.6.2}

La conservation des habitats naturels permet de protéger très efficacement les espèces et les écosystèmes (*bien établi*). Des progrès importants ont été réalisés dans l'expansion du réseau mondial d'aires protégées, dont la superficie totale demeure toutefois insuffisante, d'autant plus que les habitats des aires protégées sont souvent dégradés. {6.6.3}

La conservation ex situ du matériel biologique peut contribuer à la conservation de la diversité génétique (*bien établi*). Grâce aux nouveaux outils génomiques, les banques de semences et de gènes contribuent à la conservation de la diversité génétique des cultures et des espèces sauvages qui leur sont apparentées. Les avancées technologiques permettent de séquencer le génome à moindre coût et plus rapidement. Toutefois, les données génétiques sur la plupart des espèces sauvages demeurent inexistantes. {6.4.1}

À l'échelle locale, les peuples autochtones et les communautés locales (PACL) jouent un rôle clé dans la protection de la biodiversité (*bien établi*). Les PACL peuvent offrir des solutions ascendantes, autonomes, rentables, innovantes et extensibles, susceptibles d'éclairer les pratiques nationales et internationales. De telles solutions offrent une approche pragmatique de la gouvernance comme solution de rechange à l'élaboration de politiques du sommet vers la base. Cette approche est essentielle à la réalisation de plusieurs objectifs de développement durable. {Encadré 6.6, 6.6.3}

Les réponses stratégiques en matière de biodiversité sont visibles et fonctionnent aux échelons international, national et local, mais jusqu'ici, elles sont insuffisantes pour ralentir ou inverser la tendance au déclin de la biodiversité mondiale (*bien établi*). Il est urgent de renforcer les réponses stratégiques actuelles. Il existe des possibilités additionnelles de maintenir la biodiversité et les apports de la nature en s'attaquant au problème de la répartition, de l'accès et de la gouvernance, et en reconnaissant le rôle des PACL dans la conservation de la biodiversité. {6.6.3, 6.7}

Le coût de l'inaction est considérable et augmente sans cesse (*bien établi*). Le coût total de l'inaction est rarement quantifié. Toutefois, à moins d'une action immédiate, les coûts futurs seront beaucoup plus importants, comme en attestent de nombreux exemples tels que la propagation des espèces envahissantes, et l'extinction d'espèces ayant des coûts incommensurables pour les générations futures. {6.3.2}



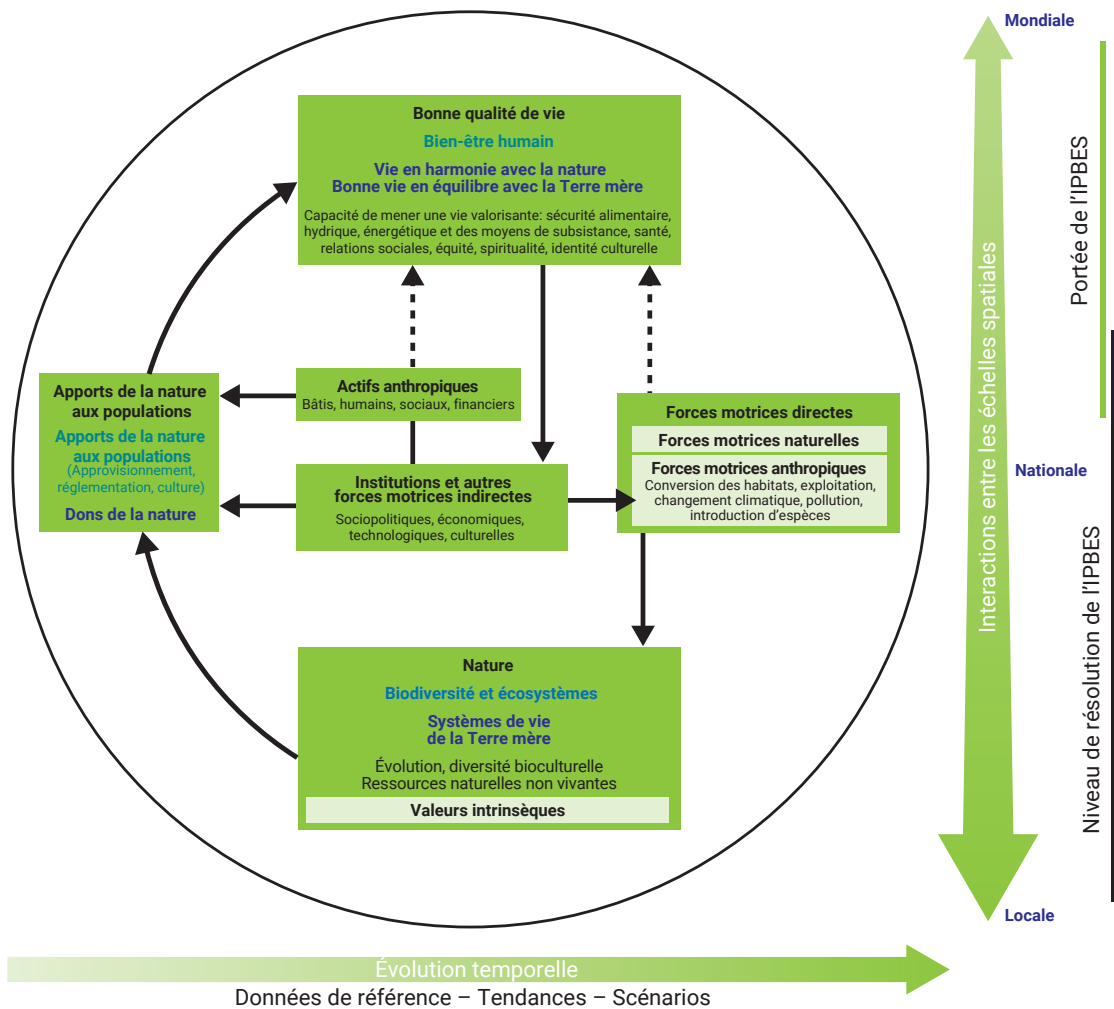


6.1 Introduction

La diversité biologique ou biodiversité – la « variabilité des organismes vivants de toute origine y compris [...] la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes » (Organisation des Nations Unies [ONU], 1992, article 2) – contribue à la régulation du climat par la séquestration du carbone et le contrôle des précipitations locales, elle filtre l'air et l'eau, et elle atténue les effets de catastrophes naturelles telles que les glissements de terrain et les tempêtes côtières. Figurent au nombre de ses avantages directs les denrées alimentaires et les fibres provenant de la végétation naturelle, les produits ligneux et non ligneux des forêts, le poisson provenant des océans et des systèmes d'eau douce, la pollinisation des cultures, les médicaments tirés des plantes et la santé psychologique (Clark *et al.*, 2014 ; Harrison *et al.*, 2014 ; Organisation mondiale de la Santé [OMS] et Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique [SCDB], 2015, p. 200 ; Pascual *et al.*, 2017). Jamais auparavant nous n'en avons su autant sur la biodiversité qui assure le fonctionnement des écosystèmes (Cardinale *et al.*, 2012) ; pourtant, la perte de la biodiversité et le déclin des habitats continuent de s'accroître, peut-être au-delà des frontières planétaires (Tittensor *et al.*, 2014 ; Steffen *et al.*, 2015).

Selon les estimations, les taux actuels de perte d'espèces sont 1 000 fois plus élevés que les taux historiques (Pimm *et al.*, 2014), ce qui suscite un débat entre les scientifiques sur la question de savoir si nous sommes déjà entrés dans un sixième événement d'extinction massive (Barnosky *et al.*, 2011 ; Ceballos, Ehrlich et Dirzo, 2017). Les populations de nombreuses espèces sont en déclin à l'échelle mondiale (Ceballos, Ehrlich et Dirzo, 2017 ; McRae, Deinet et Freeman, 2017), et la diversité génétique – s'érode (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2015a). Le changement climatique et les mouvements d'espèces induits par l'être humain sont en voie de remodeler les communautés naturelles de plantes et d'animaux (Pacifi *et al.*, 2015) ; certaines espèces déplacées sont envahissantes et présentent des risques pour la santé humaine, la diversité génétique et la sécurité alimentaire et hydrique. Ces changements semblent susceptibles de réduire l'efficacité avec laquelle les écosystèmes captent des ressources essentielles, produisent de la biomasse, et décomposent et recyclent les nutriments (Cardinale *et al.*, 2012), et d'affaiblir la résilience des écosystèmes (MacDougall *et al.*, 2013). Le rétablissement et le maintien de la biodiversité renforceront le potentiel d'adaptation et aideront à maintenir les

Figure 6.1 : Schéma tiré de la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques, illustrant les principaux éléments de la nature, de la biodiversité et des services écosystémiques, du bien-être humain et du développement durable, ainsi que leurs interrelations



Dans ce diagramme, les forces motrices anthropiques correspondent aux pressions décrites à la section 6.3.

Source : IPBES (2013, p. 2).



apports de la nature aux moyens de subsistance, à la santé et au bien-être des populations (Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques [IPBES], 2016). Ces services essentiels sont souvent négligés, car ils échappent largement au marché et ils ne font pas l'objet de signaux de prix clairs (par exemple, Foale *et al.*, 2013 ; Seddon *et al.*, 2016 ; Costanza *et al.*, 2017). La perte de la biodiversité soulève également un important enjeu d'équité : 70 % des personnes vivant dans la pauvreté tirent au moins une partie de leur subsistance des ressources naturelles (Green Economy Coalition, 2012, p. 4) ; 80 % de la biodiversité mondiale se trouve dans les territoires traditionnels des peuples autochtones (Sobrevila, 2008, p. xii) ; enfin, les générations futures mèneront une existence appauvrie si les pertes se poursuivent (Naeem *et al.*, 2016).

6.2 Autres évaluations réalisées depuis la cinquième édition de L'avenir de l'environnement mondial (GEO-5)

Le rapport GEO-5 (Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE], 2012) conclut que les pressions exercées sur la biodiversité continuent de croître, en raison de la perte d'habitats, de la dégradation due à l'agriculture et au développement des infrastructures, de la surexploitation, de la pollution, des espèces allogènes envahissantes et du dérèglement climatique, ainsi que des interactions entre ces pressions, et que l'état de la biodiversité mondiale continue de se dégrader, comme en témoignent les pertes importantes et continues de populations, d'espèces et d'habitats. Depuis la parution du rapport GEO-5, une évaluation à mi-parcours des progrès accomplis vers la réalisation des Objectifs d'Aichi pour la biodiversité a conclu que des progrès avaient certes été réalisés, mais qu'ils étaient insuffisants pour réaliser ces objectifs d'ici à 2020 (SCDB, 2014). Une série d'évaluations régionales réalisées dans le cadre du rapport GEO (PNUE, 2016a ; PNUE, 2016b ; PNUE, 2016c ; PNUE, 2016d ; PNUE, 2016e ; PNUE, 2016f), de rapports sur l'état de la biodiversité faisant état des progrès régionaux vers les Objectifs d'Aichi pour la biodiversité (Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature [UNEP-WCMC], 2016a ; UNEP-WCMC, 2016b ; UNEP-WCMC, 2016c ; UNEP-WCMC, 2016d) et d'évaluations régionales sur la biodiversité et les services écosystémiques réalisées par l'IPBES (<https://www.ipbes.net/outcomes>) résument les données probantes sur l'état déclinant de la biodiversité dans différentes parties du monde, tout en soulignant la variabilité des réponses aux pressions régionales. Parmi bien d'autres développements

encouragés par ces évaluations, l'acceptation progressive des nombreux avantages de la conservation de la biodiversité pour la santé humaine a été reconnue (OMS et SCDB, 2015 ; voir aussi l'encadré 6.1).



Encadré 6.1 : La biodiversité, la maladie et l'initiative One Health

Plusieurs dimensions du changement mondial, notamment l'évolution de l'urbanisation, des pratiques agricoles, de l'utilisation des terres et de la biodiversité, sont en voie de transformer la dynamique écologique et, dans certains cas, de faciliter le contact entre l'être humain et l'animal, ce qui exacerbe le risque d'émergence et de propagation des zoonoses. Les zoonoses sont des maladies transmissibles aux humains soit par le contact direct avec des animaux domestiques ou sauvages, soit par l'eau, les aliments et l'environnement (OMS et SCDB, 2015 ; Centres pour le contrôle et la prévention des maladies [CDC], 2017).

L'initiative One Health est une approche qui reconnaît les perspectives et les obstacles associés à ces interconnexions à l'interface humains-animaux-écosystèmes et qui vise des résultats optimaux pour la santé de tous. Elle est particulièrement pertinente pour la prévention et le contrôle des zoonoses, qui représentent plus de 60% des maladies infectieuses humaines (Karesh *et al.*, 2012 ; OMS et SCDB, 2015 ; CDC, 2017).

Le projet PREDICT sur les menaces de pandémie émergentes de l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) élargit la détection et la découverte de virus zoonotiques ayant un potentiel pandémique grâce à la surveillance dans les « sites sensibles » des maladies infectieuses émergentes (MIE) telles que la maladie à virus Ebola, pour aider à retracer leur circulation et à comprendre les facteurs qui suscitent leur émergence (Kelly *et al.*, 2017 ; Marlow, 2017). À l'aide de l'approche One Health, ce projet examine les comportements, les pratiques et les facteurs écologiques et biologiques qui favorisent l'émergence, la transmission et la propagation des maladies. Une meilleure compréhension des risques liés aux MIE peut outiller les pays afin de mieux prévenir la menace d'une épidémie, de s'y préparer et d'y réagir, idéalement en adoptant des mesures de prévention avant la survenue de grandes flambées de maladies. Au nombre des partenaires du projet PREDICT figurent l'Institut One Health de l'Université de la Californie à Davis, USAID, l'EcoHealth Alliance, Metabiota, la Wildlife Conservation Society et la Smithsonian Institution.



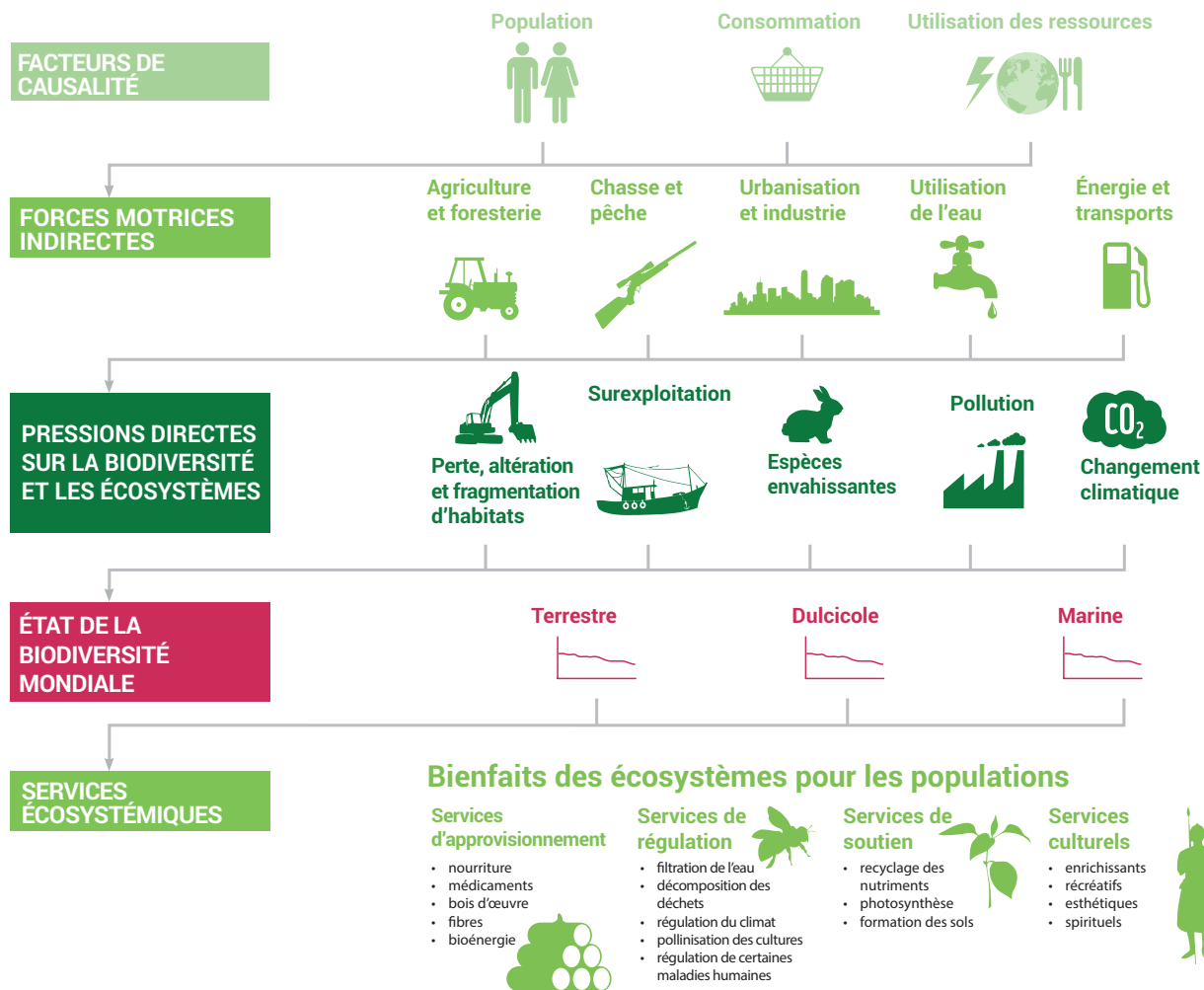
6.3 Forces motrices

Les forces motrices du changement environnemental – la démographie, l’urbanisation, le développement économique, la technologie et l’innovation, et le changement climatique (voir le chapitre 2) – exercent de multiples effets négatifs sur la biodiversité, entraînant une perte de diversité génétique, un déclin des populations qui accroît le risque d’extinction de certaines espèces, et la réorganisation des communautés naturelles, laquelle a des ramifications pour la stabilité et le fonctionnement des écosystèmes (figure 6.2). Une exacerbation de la plupart des forces motrices du changement est prévisible, mais le changement climatique deviendra probablement la principale force motrice de l’évolution de la biodiversité au cours des prochaines décennies (Leadley et al., 2014 ; Newbold et al., 2015). Au bout du compte, il faudra s’attaquer à ces forces motrices du changement afin de réduire les pressions sur la biodiversité.

6.4 Pressions

Les principales pressions directes sur la biodiversité mondiale sont le stress subi par les habitats et le changement d’affectation des terres, les espèces envahissantes, la pollution, l’utilisation non durable et la surexploitation, et le changement climatique (découlant principalement de la hausse des températures, de l’évolution des régimes de précipitation ainsi que de la fréquence et la gravité croissantes des phénomènes météorologiques extrêmes et des incendies de forêt) (PNUE, 2012). La répartition spatiale et la combinaison de ces pressions varient d’une région à l’autre de la planète (figure 6.3) et ont des effets différents selon le groupe d’espèces (figure 6.4), bien qu’il manque de données détaillées sur les invertébrés, qui constituent la majeure partie de la diversité de la vie (Collen et al., 2012).

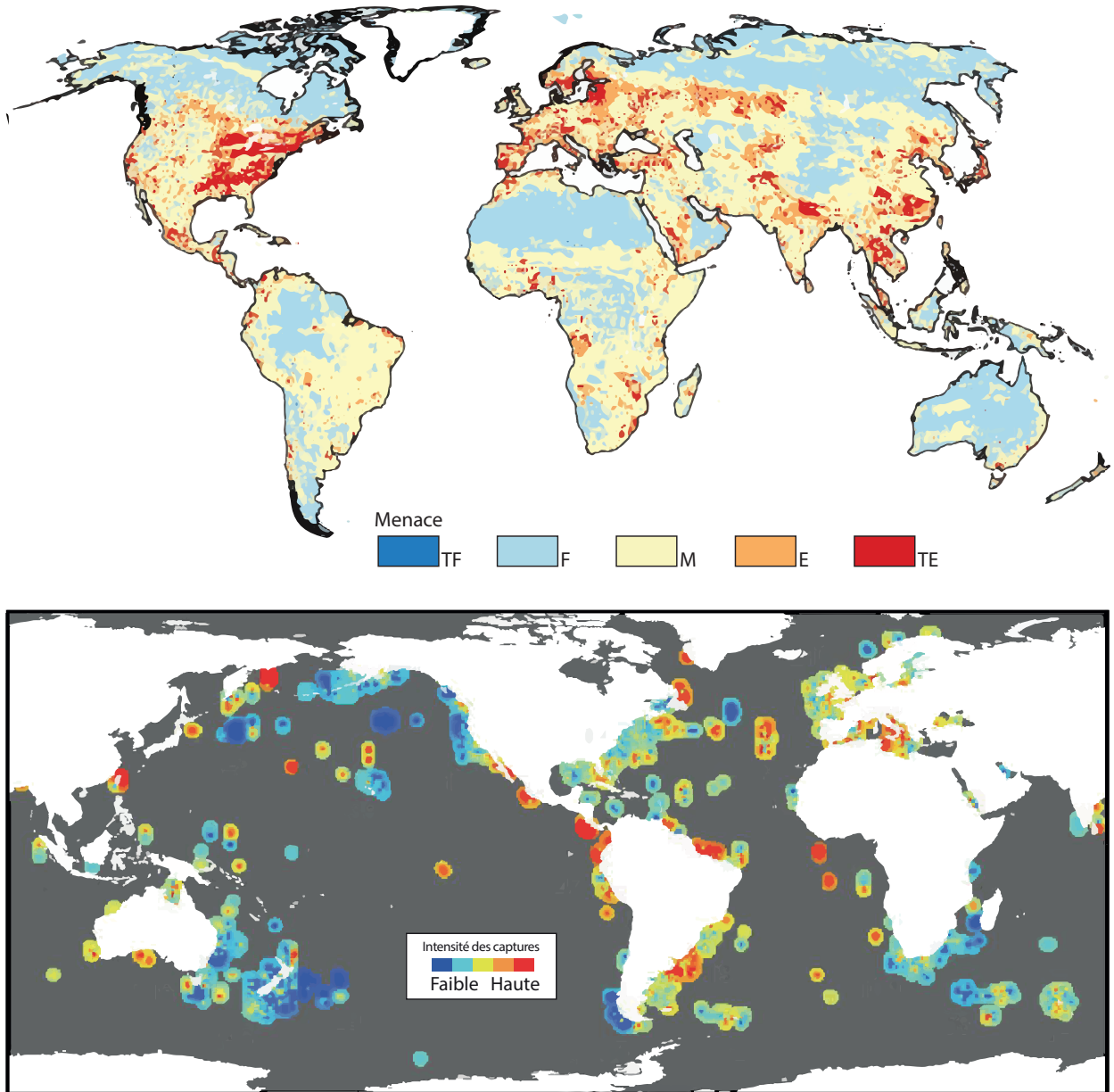
Figure 6.2 : Interconnexions entre les personnes, la biodiversité, la santé des écosystèmes et la prestation de services écosystémiques et mise en évidence des forces motrices et des pressions



Source : Fonds mondial pour la nature (WWF) et al. (2012).



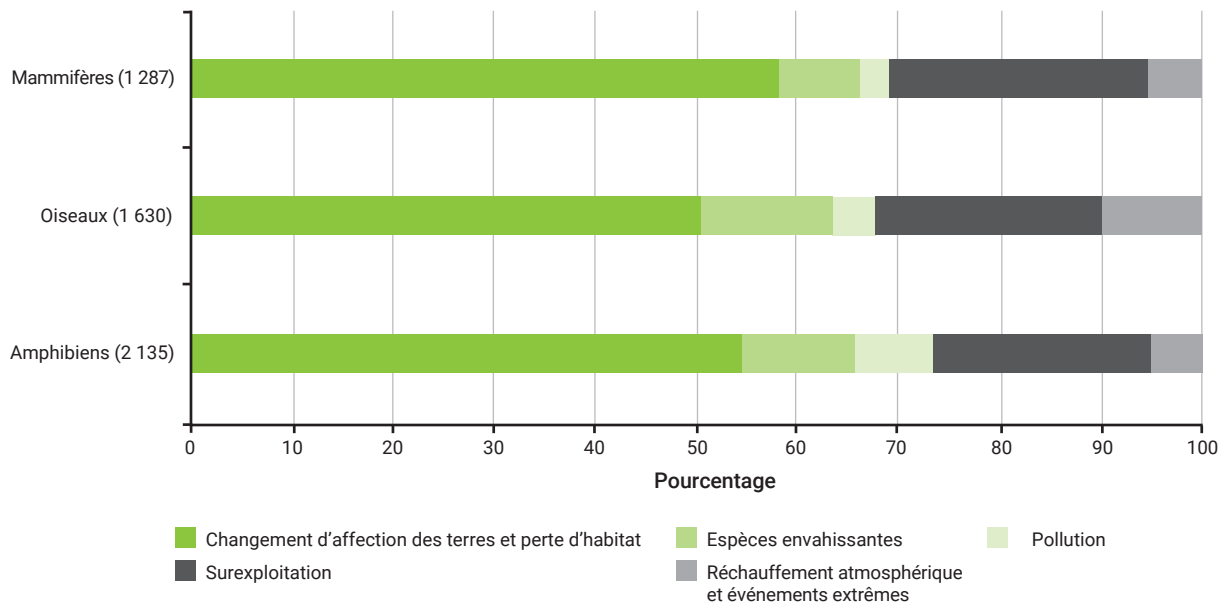
Figure 6.3 : Exemples de répartition mondiale des pressions exercées sur : a) l'intensité des menaces (E : élevée ; F : faible ; M : moyenne ; TE : très élevée ; TF : très faible) par les espèces allogènes envahissantes terrestres ; b) l'intensité cumulative des prises accessoires d'oiseaux de mer, de mammifères marins et de tortues de mer par tous les types d'engins de pêche (filet maillant, palangre et chalut)



Sources : a) Early *et al.* (2016) ; b) Lewison *et al.* (2014).



Figure 6.4 : Proportion des espèces menacées (en danger critique d'extinction, en voie de disparition et vulnérables) et quasi menacées d'amphibiens, d'oiseaux et de mammifères, selon la classe de menace principale



Le nombre d'espèces menacées dans chaque classe taxonomique est indiqué entre parenthèses. Les classes de menaces sont regroupées comme suit: 1 = Mise en valeur résidentielle et commerciale, Agriculture et aquaculture, Production d'énergie et exploitation minière, Corridors de transport et de service, Intrusions et perturbations humaines, Modifications du système naturel; 2 = Espèces envahissantes et autres espèces, gènes et maladies problématiques; 3 = Pollution; 4 = Utilisation des ressources biologiques; 5 = Événements géologiques, Changement climatique et phénomènes météorologiques extrêmes.

Source : Maxwell *et al.* (2016), actualisé avec Union internationale pour la conservation de la nature [UICN] (2018).

6.4.1 Le changement d'affectation des terres et la perte d'habitat

L'empreinte humaine mondiale – les infrastructures, la couverture terrestre et l'accès humain aux zones naturelles – s'étend (figure 6.5) (Venter *et al.*, 2016). Les forces motrices économiques et les pressions démographiques constituent les principales sources d'accélération des changements d'affectation des terres. Elles promeuvent l'expansion agricole – le principal facteur de changement d'affectation des terres – pour la production d'aliments, de produits de base, de fourrage et de biocarburants (Alexander *et al.*, 2015), la demande d'extraction de ressources minérales, métalliques et énergétiques (Mudd et Jowitt, 2017), l'urbanisation, la construction de routes, l'occupation des sols et la déforestation, la dégradation des terres, la désertification et la fragmentation des habitats.

La croissance urbaine est un important facteur de changement d'affectation des terres et de perte d'habitat par la déforestation. Dans les pays en développement, la création et l'expansion des zones urbaines (le plus souvent sans planification adéquate) et la croissance des infrastructures peuvent empiéter sur des sites sensibles de la biodiversité (PNUE, 2016d). La construction de routes facilite la propagation des espèces envahissantes et l'accès à des habitats auparavant intacts, exposant ceux-ci aux menaces associées à la chasse et à l'exploitation des ressources (Alamgir *et al.*, 2017). D'autres pratiques d'utilisation des terres, telles que la culture sur brûlis (ou la suppression des incendies naturels) (Smith *et al.*, 2016) et le pâturage, exercent des pressions supplémentaires sur des systèmes déjà dégradés (Royal Botanic Gardens Kew, 2010). Le milieu marin est lui aussi fortement affecté par les pratiques de pêche commerciale telles que le chalutage de fond, par l'aménagement du littoral et par le dragage (Ocean Health Index, 2017 ; voir le chapitre 7). Le commerce international peut exporter vers les pays en développement des menaces pour la biodiversité résultant de la demande des pays développés

(Lenzen *et al.*, 2012). De nombreuses causes de la destruction des habitats contribuent également aux pressions et aux déplacements des populations humaines, ce qui exacerbe les menaces pour la biodiversité (Black *et al.*, 2011 ; voir le chapitre 2).

On s'attend généralement à une progression de la pression exercée par l'utilisation des terres agricoles (Kehoe *et al.*, 2017). La production alimentaire mondiale devrait croître de 60 à 100 % d'ici à 2050 sous l'effet de la croissance démographique et du développement économique, induisant une augmentation nette d'au moins 70 millions d'hectares de la superficie des terres consacrées aux cultures (Tilman *et al.*, 2011 ; Alexandratos et Bruinsma, 2012 ; voir le chapitre 8). L'agriculture industrielle à grande échelle a de nombreux effets environnementaux et sociaux défavorables, tels que la dégradation des terres, les variations de l'albédo, la hausse des émissions de méthane et la perte de capacités de séquestration du carbone (Laurance, Sayer et Cassman, 2014 ; Dangal *et al.*, 2017 ; Houspanossian *et al.*, 2017). L'intensification de l'agriculture peut réduire la pression sur les terres non agricoles (Phalan *et al.*, 2016), mais elle pourrait aussi avoir des effets néfastes sur les espèces végétales et animales sauvages qui cohabitent dans les agroécosystèmes diversifiés (Emmerson *et al.*, 2016).

Les effets rapides induits par le développement résultent de la construction de barrages, de mines et d'autres infrastructures matérielles, notamment associées à la production d'énergie (Butt *et al.*, 2013).

Le réchauffement climatique et la fréquence croissante des phénomènes météorologiques extrêmes contribuent à la perte et à la dégradation d'habitats (voir le chapitre 2). Le réchauffement des mers réduit l'étendue de la glace de mer (un habitat de chasse essentiel pour les ours polaires, les phoques et les oiseaux pêcheurs) (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2014, p. 80) et, en conjonction avec la hausse



des concentrations de CO₂ atmosphérique, acidifie les habitats océaniques (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2017). Les phénomènes météorologiques extrêmes tels les inondations, les sécheresses et les incendies peuvent accélérer la dégradation d'habitats déjà vulnérables (GIEC, 2014, p. 294).

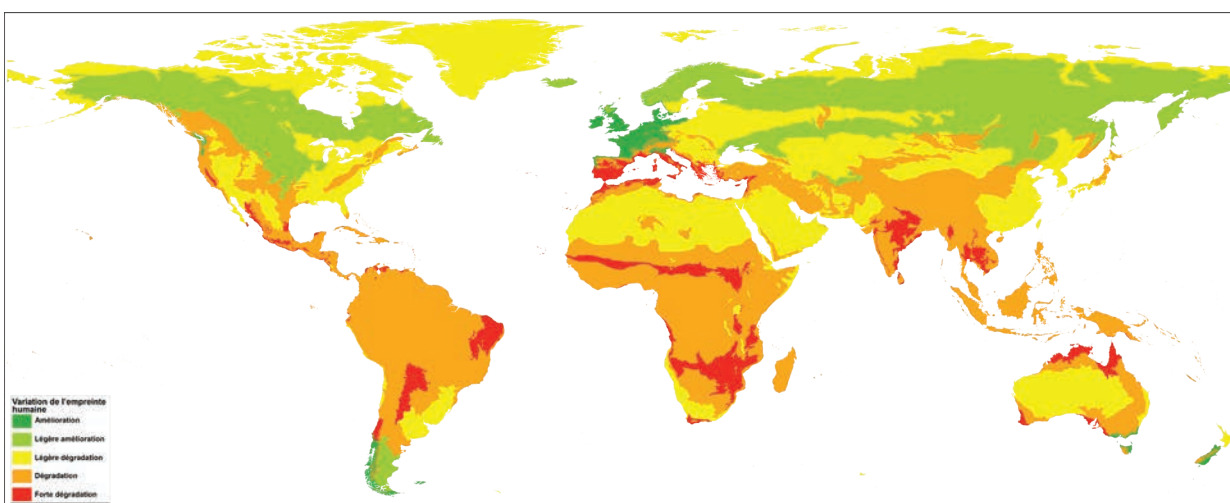
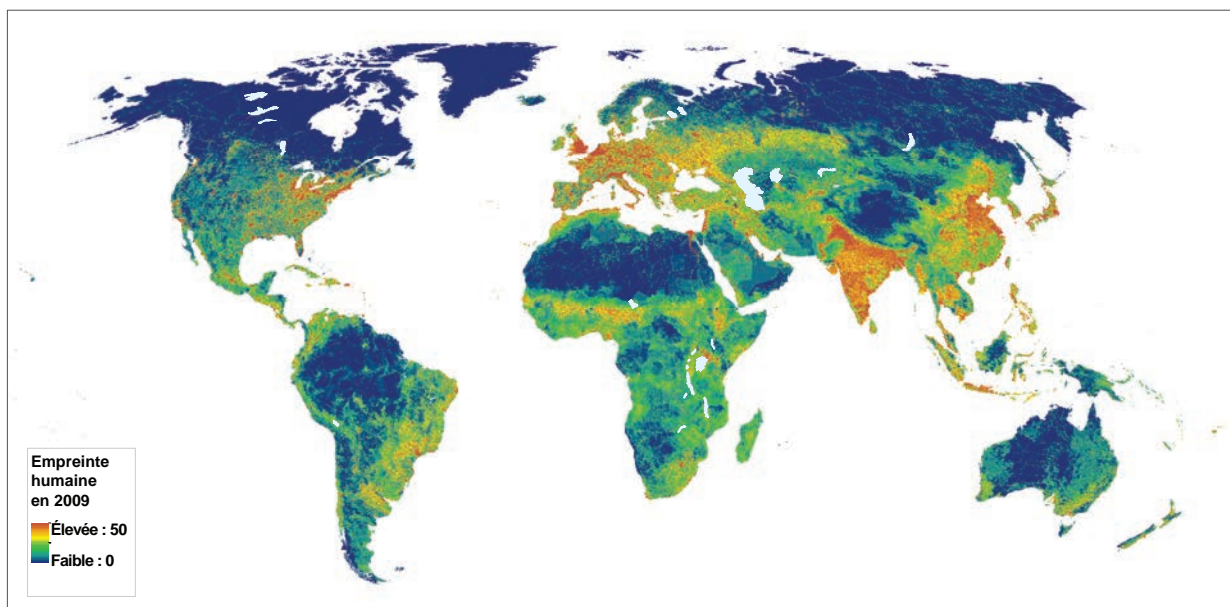
Les changements d'affectation des terres, qui pourraient aussi bien avoir des répercussions sur les milieux aquatiques que sur les milieux terrestres, peuvent entraîner :

- ❖ une exposition à des polluants, à des agents pathogènes exotiques et à de nouvelles maladies infectieuses nocives

pour les humains, le bétail et les espèces sauvages (OMS et SCDB, 2015, p. 1-19) ;

- ❖ une exacerbation des conflits humains (Ghazi, Muniruzzaman et Singh, 2016, p. ii) ;
- ❖ la perte d'habitats des espèces sauvages telles que les pollinisateurs et les prédateurs des nuisibles des cultures et la perte des services écosystémiques qu'elles fournissent (Potts *et al.*, 2016 ; Woodcock *et al.*, 2016) ;
- ❖ la perte de l'accès humain à la nature (voir le chapitre 8), avec des répercussions disproportionnées sur les communautés vulnérables et autochtones (Haines-Young et Potschin, 2010).

Figure 6.5 : Carte de l'empreinte humaine mondiale pour l'année 2009 (pressions combinées des infrastructures, de la couverture terrestre et de l'accès humain aux zones naturelles, sur une échelle de couleurs froides à chaudes allant de 0 à 50) (a); évolution absolue de l'empreinte humaine moyenne, 1993-2009, à l'échelle des écorégions (b)



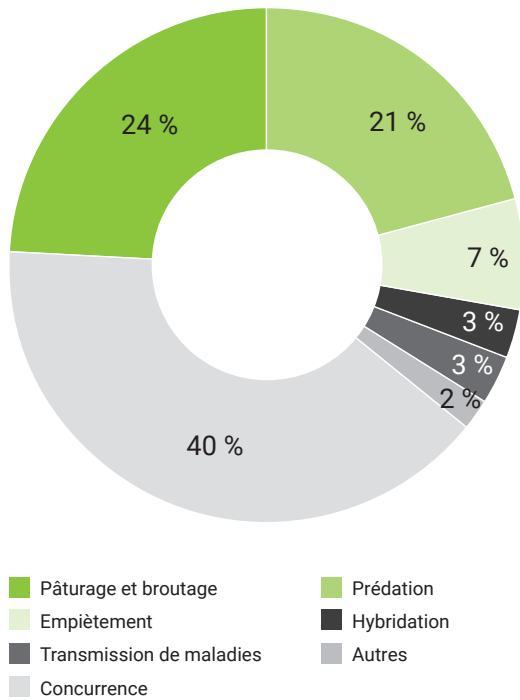
Source : Venter *et al.* (2016).



6.4.2 Les espèces envahissantes

Les espèces envahissantes menacent les écosystèmes, les habitats et d'autres espèces (Bellard, Cassey et Blackburn, 2016). En général, elles ne sont pas indigènes (les espèces allogènes envahissantes), mais elles peuvent également inclure des populations indigènes en expansion (Nackley *et al.*, 2017). Le rythme annuel des premiers enregistrements d'espèces non indigènes s'accroît depuis 200 ans, et cette croissance ne montre aucun signe de saturation, ce qui signifie que les efforts visant à atténuer les invasions ne sont pas efficaces (Seebens *et al.*, 2017). Les principaux impacts écologiques des espèces envahissantes sont la concurrence directe et indirecte, la prédation, la dégradation des habitats, l'hybridation et le rôle d'agents et de vecteurs de maladies de ces espèces, lequel constitue également une menace pour la santé humaine et la sécurité alimentaire (figure 6.6) (Strayer, 2010 ; Paini *et al.*, 2016).

Figure 6.6 : Mécanisme de l'impact des espèces allogènes envahissantes sur les espèces menacées en Europe



Source : Genovesi, Carnevali et Scalera (2015).

Les plantes envahissantes peuvent avoir un impact sur l'approvisionnement en services écosystémiques essentiels tel l'accès à l'eau potable, par la congestion et l'eutrophisation des cours d'eau, et par la dégradation des bassins versants et de la viabilité des pâturages et des parcours (Packer *et al.*, 2017). Les espèces d'invertébrés devenues envahissantes pourraient poser un risque encore plus important. La population de moules zébrées qui envahit les Grands Lacs de l'Amérique du Nord a connu une telle expansion qu'elle a entravé l'écoulement de l'eau de sources d'approvisionnement municipales et de centrales hydroélectriques (Rapai, 2016). Les nuisibles envahissants, tels que la lymantripe spongieuse, l'agrile du frêne et le puceron lanigère de la pruche en Amérique du Nord, ont de graves répercussions sur la biodiversité comme sur l'économie (Aukema *et al.*, 2011). Les insectes vecteurs envahissants peuvent également faciliter la propagation de parasites et de maladies infectieuses émergentes (Rabitsch, Essl et Schindler, 2017), notamment le virus Chikungunya, la dengue et le virus Zika,

qui sont transmis par les moustiques (Akiner *et al.*, 2016). Les vertébrés envahissants présentent un danger critique pour les îles (Spatz *et al.*, 2017), où ils constituent parfois le principal facteur de perte de la biodiversité (Leadley *et al.*, 2014 ; Doherty *et al.*, 2016).

Les coûts économiques, tant directs qu'indirects (par exemple, le coût des efforts de lutte), s'élèvent à plusieurs milliards de dollars par an (pour des estimations régionales, voir Kettunen *et al.*, 200 ; Pejchar et Mooney, 2009 ; van Wilgen *et al.*, 2012). Le coût de la restauration des services écosystémiques perdus à la suite de l'invasion des Grands Lacs laurentiens par le cladocère épineux a été estimé entre 86,5 et 163 millions de dollars des États-Unis (Walsh, Carpenter et Vander Zanden, 2016). Ces coûts ne reflètent pas les répercussions additionnelles d'ordre environnemental, social ou culturel des espèces envahissantes.

Les principales voies d'invasion sont la dissémination volontaire, la fuite, ainsi que les introductions accidentelles par le commerce, le tourisme et les eaux de ballast des navires (Convention sur la diversité biologique [CDB], 2014 ; Early *et al.*, 2016). La bonne gouvernance pourrait réduire le risque d'invasion par le commerce (Brenton-Rule, Barbieri et Lester, 2016), tandis que le changement climatique pourrait faciliter une propagation accrue en créant de nouvelles niches (Wolkovich *et al.*, 2013) et en éliminant les obstacles à l'établissement, en particulier dans les milieux extrêmes (Duffy *et al.*, 2017). La perte de la biodiversité indigène est susceptible d'exacerber le risque d'invasion, tandis que la hausse des températures dans les régions froides accroît la probabilité d'établissement (Molina-Montenegro *et al.*, 2012 ; Cuba-Díaz *et al.*, 2013 ; Chown *et al.*, 2017). Les menaces futures sont posées par le transport accru dans l'Arctique associé à la fonte de la glace de mer, l'utilisation de microbes à des fins commerciales dans la production de cultures, le transfert horizontal de gènes d'organismes génétiquement modifiés (OGM) et l'émergence d'agents pathogènes microbiens envahissants (Ricciardi *et al.*, 2017).

6.4.3 La pollution

La pollution peut prendre des formes très variées (par exemple, les déchets et produits chimiques rejetés délibérément ou accidentellement dans l'environnement, mais aussi la lumière, le bruit, la chaleur et les microbes) ; les principaux émetteurs sont les transports, l'industrie, l'agriculture (Landrigan *et al.*, 2017) et l'aquaculture (Klinger et Naylor, 2012 ; Bouwman *et al.*, 2013). Les nouveaux polluants comprennent un large éventail de produits chimiques synthétiques, de pesticides, de produits cosmétiques, de produits de soins personnels et ménagers et de produits pharmaceutiques (Gavrilescu *et al.*, 2015 ; Landrigan *et al.*, 2017).

Sur terre, les décharges à ciel ouvert ont des incidences locales sur les végétaux et les animaux (voir le chapitre 8), et la pollution du sol peut affecter la population microbienne et réduire le fonctionnement d'importants écosystèmes (Wall, Nielson et Six, 2015). Les pesticides engrais et autres produits chimiques utilisés dans les processus agricoles peuvent nuire aux pollinisateurs et aux prédateurs naturels des organismes nuisibles (Woodcock *et al.*, 2016), le ruissellement de surface ayant également des répercussions sur la biodiversité des eaux douces et des côtes (voir les chapitres 7 et 9). La bioaccumulation de toxines, notamment les métaux lourds (Araújo et Cedeño-Macias, 2016), pourrait avoir des effets en cascade sur l'ensemble de la chaîne alimentaire, y compris sur les humains. Dans les milieux marins et dulcicoles, l'accumulation de la pollution microplastique et nanoplastique (voir le chapitre 7 et l'encadré 6.2) est considérée comme étant un problème émergent (SCDB, 2016).

L'accumulation de perturbateurs endocriniens et de polluants organiques persistants (POP) dans les écosystèmes naturels fait planer d'autres menaces pour les espèces sauvages (Bergman *et al.*, 2013), en particulier dans les systèmes aquatiques (Wang et Zhou, 2013 ; voir le chapitre 9).



Encadré 6.2 : Les menaces que font peser les déchets marins et les microplastiques sur la biodiversité



Les déchets marins, notamment les déchets plastiques marins et les microplastiques, sont considérés comme étant une menace majeure pour la biodiversité, de graves impacts ayant été signalés depuis 40 ans (SCDB, 2012). Des recherches récentes montrent que plus de 800 espèces marines et côtières sont désormais affectées par l'ingestion, l'enchevêtrement, la pêche fantôme ou la dispersion par l'utilisation de radeaux (SCDB, 2016). Entre 2012 et 2016, les proportions d'espèces de mammifères aquatiques et d'oiseaux de mer connues pour être affectées par l'ingestion de déchets marins sont passées respectivement de 26 et 38 % à 40 et 44 % (SCDB, 2016). Il a été démontré que les plastiques, qui constituent 75 % des déchets marins, sont des vecteurs de substances persistantes, bioaccumulables et toxiques, qu'ils servent d'habitat à des communautés microbiennes uniques, qu'ils sont des vecteurs potentiels de maladies et qu'ils favorisent le transport d'espèces exotiques envahissantes à travers les océans et les lacs (Rochman *et al.*, 2013 ; SCDB, 2016). La recherche sur les effets physiques et toxicologiques des microplastiques fournit des preuves d'un transfert trophique dans les chaînes alimentaires planctoniques ainsi que de l'absorption directe de microplastiques par des invertébrés marins (Wright, Thompson et Galloway, 2013 ; SCDB, 2016). Il a été démontré que l'ingestion de microplastiques par les poissons provoque un stress physiologique, le cancer du foie et un dysfonctionnement endocrinien, affectant la fertilité des femelles et la croissance des tissus reproducteurs chez les mâles (Groupe mixte d'experts sur les aspects scientifiques de la protection du milieu marin [GESAMP], 2015). Selon l'ONU, 51 000 milliards de particules microplastiques, soit 500 fois plus que le nombre d'étoiles dans notre galaxie, jonchent nos mers, mettant gravement en péril les espèces sauvages marines (van Sebille *et al.*, 2015).

La pollution atmosphérique contribue à l'acidification et à l'eutrophisation des écosystèmes terrestres, des lacs, des estuaires et des eaux côtières (O'Dea *et al.*, 2017 ; Payne *et al.*, 2017), ainsi qu'à la bioaccumulation du mercure dans les réseaux alimentaires aquatiques (Lavoie *et al.*, 2013 ; voir le chapitre 5).

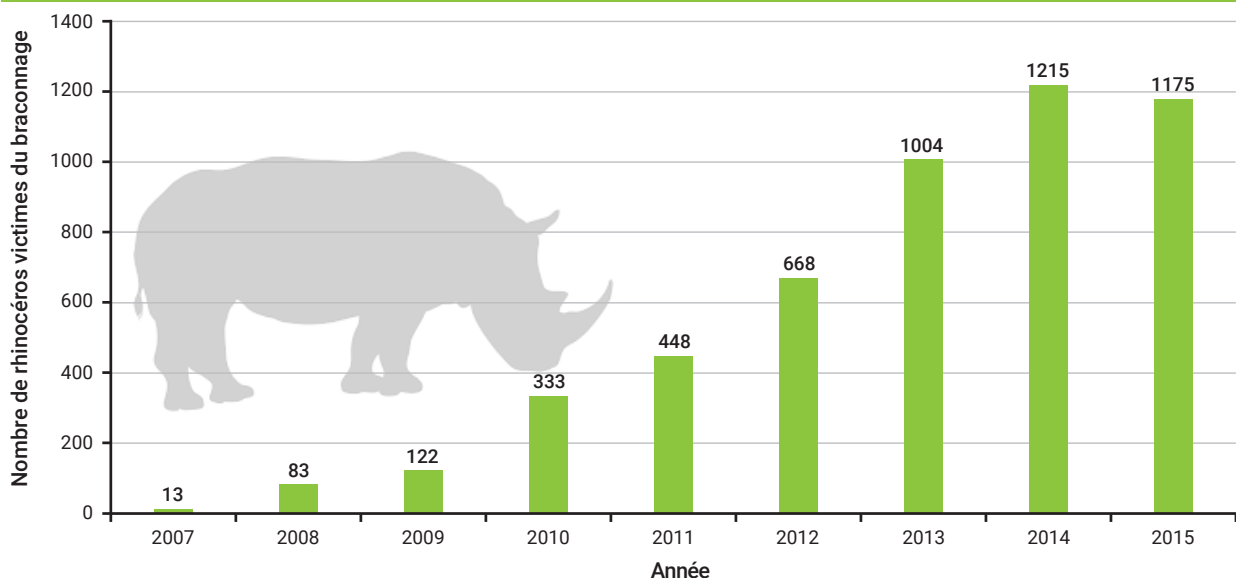
6.4.4 La surexploitation

Le concept de surexploitation englobe la pêche illégale, non déclarée et non réglementée, l'exploitation forestière illégale et non durable, le surpâturage, la consommation non réglementée de viande de brousse, ainsi que le braconnage et l'abattage illégal d'espèces sauvages (souvent destinées aux marchés étrangers). Elle comprend également l'exploitation légale, mais écologiquement intenable à cause de quotas mal conçus et d'un manque de connaissances sur la base de ressources et les nouveaux progrès technologiques qui favorisent l'exploitation efficace des ressources. L'exploitation directe a entraîné des menaces pour des espèces terrestres et marines emblématiques, tel le beluga – une espèce d'esturgeon dont le caviar est très prisé (He *et al.*, 2017) –, les requins capturés pour leur aileron (Worm *et al.*, 2013), les espèces de rhinocéros ciblées par les braconniers pour leurs

cornes (**figure 6.7**), l'éléphant d'Afrique chassé pour son ivoire (Maxwell *et al.*, 2016), le condor andin d'Amérique du Sud chassé pour ses plumes et ses os (Williams *et al.*, 2011), et le bois d'agar (*Thymelaeaceae*) abattu pour son parfum et son encens (Office des Nations Unies contre la drogue et le crime [ONUDC], 2016, p. 59).

Le commerce illégal des produits fauniques, forestiers et du poisson est généralisé : les estimations de sa valeur totale se situent entre 90 et 270 milliards de dollars des É.-U. par an, et il a des liens avec le crime organisé transnational (PNUE, 2014 ; Stimson Center, 2016 ; Stoett, 2018 ; voir aussi l'étude de cas sur le projet Predator, à la section 13.3.2). Certes, la pauvreté constitue une forte incitation au braconnage, mais le développement économique peut améliorer l'infrastructure qui facilite l'accès aux zones riches en espèces sauvages et qui alimente la demande de produits dérivés de ces espèces (ONUDC, 2016, p. 19). Toutefois, l'exploitation légale mais non durable, des espèces sauvages est probablement une menace encore plus grande pour la biodiversité que les pratiques illégales actuelles (FAO, 2018a). C'est peut-être dans les pêches marines que l'impact de la mauvaise gestion des prélèvements est le plus manifeste (voir la section 6.6.1 et le chapitre 7), bien que les projections soient relativement incertaines (Costello *et al.*, 2016).

Figure 6.7 : Nombre officiel de rhinocéros victimes du braconnage en Afrique du Sud, 2007-2015. En 2011, la population de rhinocéros d'Afrique du Sud dépassait tout juste 20 000 individus



Source : Department of Environmental Affairs (Afrique du Sud) (2016).



La surexploitation des espèces sauvages a des conséquences pour l'équité, dans la mesure où elle prive des communautés locales démunies et vulnérables et des populations autochtones de leurs moyens de subsistance, de leurs médicaments traditionnels, de revenus du tourisme et d'autres avantages écosystémiques (Haines-Young et Potschin, 2010 ; O'Neill et al., 2017). En revanche, une réglementation accrue de l'exploitation des espèces sauvages peut avoir des incidences sociétales positives, telles que le renforcement du rôle de leadership des femmes, ce qui pourrait se répercuter sur la conception des politiques de conservation de la biodiversité (FAO, 2016).

6.4.5 Le réchauffement climatique et les phénomènes météorologiques extrêmes

Les répercussions du changement climatique anthropique sur la biodiversité sont surtout évidentes dans les systèmes naturels (GIEC, 2014, p. 40) ; ils se manifestent par une évolution du climat moyen et par une augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes (**encadré 6.3**). Selon une estimation, jusqu'à une espèce sur six pourrait être menacée d'extinction à l'horizon 2050 si les tendances actuelles au réchauffement se poursuivent (Urban, 2015). Toutefois, les effets connus ne sont pas répartis également et notre connaissance des répercussions demeure incomplète (**figure 6.8**).

En réponse à la hausse des températures, les espèces peuvent soit se déplacer vers des régions plus fraîches, soit adapter leur phénologie afin de fleurir, se reproduire ou migrer plus tôt (Parmesan, 2006 ; Scheffers et al., 2016). Des données probantes indiquent qu'elles font les deux : les espèces se déplacent, en moyenne, de 16,9 km par décennie vers les pôles ou de 11 m d'altitude par décennie vers les sommets (Chen et al., 2011), et la phénologie de la floraison serait de 2,3 à 5,1 jours plus hâtive par décennie (Wolkovich et al., 2012 ; GIEC, 2014). On envisage de plus en plus la possibilité que ces variations de la distribution et de la phénologie induites par le climat se répercutent en cascade par le biais d'interactions trophiques, entraînant des asynchronies entre les espèces, par exemple entre les fleurs et leurs pollinisateurs. D'après l'analyse de plus de 10 000 séries chronologiques, la sensibilité au climat (c'est-à-dire la réponse phénologique



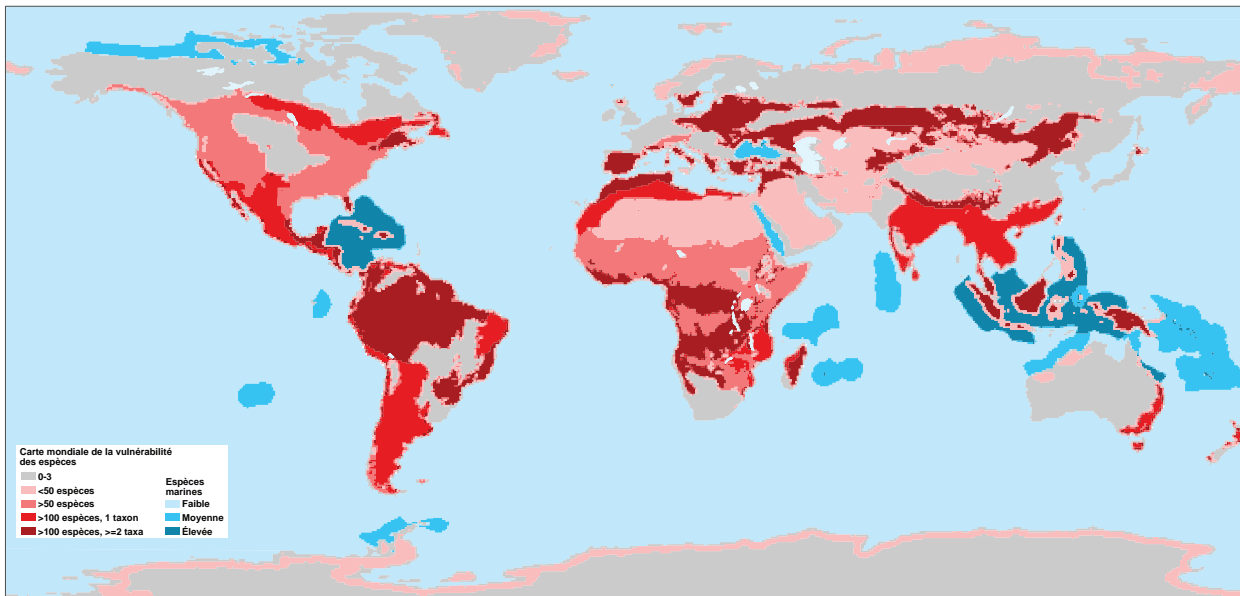
Encadré 6.3 : Les phénomènes météorologiques extrêmes: de nouvelles pressions sur la biodiversité

Les catastrophes naturelles telles que les séismes et les tsunamis, ainsi que les inondations, les glissements de terrain, les incendies de forêt et les sécheresses consécutives à des phénomènes météorologiques extrêmes, font des centaines de milliers de victimes et de blessés chaque année, en plus de causer la destruction généralisée d'habitats écologiques et de menacer de disparition des populations locales d'espèces sauvages. Depuis le séisme et le tsunami de 2011 sur la côte pacifique du Tōhoku, au Japon, on a constaté un déclin général de la diversité des espèces locales, tandis que les forêts côtières et la végétation des plages de sable et des zones côtières de faible altitude ont été gravement endommagées (Miura, Sasaki et Chiba, 2012 ; Hara et al., 2016). La perte d'habitats côtiers naturels tels que les forêts de mangrove et les récifs coralliens, causée par la pollution, la transformation des habitats et la hausse des températures de surface de la mer, peut compromettre encore davantage la protection des côtes contre les vagues, les ondes de tempête et l'érosion côtière. Lorsque les communautés sont rapidement reconstruites après une catastrophe, les matériaux de construction sont souvent rassemblés de manière non viable, ce qui constitue une menace supplémentaire pour les habitats locaux, et les communautés sont parfois relogées dans des zones écologiquement sensibles.

au changement climatique) diffère selon le groupe trophique (Thackeray et al., 2016), mais les données sur les interactions entre espèces demeurent rares (Kharouba et al., 2018).

Dans le milieu marin, le réchauffement et l'acidification des océans sont associés au blanchissement des récifs coralliens ; un blanchissement pantropical sans précédent a d'ailleurs été enregistré en 2015-2016 (Hughes et al., 2017 ; voir la section 7.3.1). L'acidification des océans pourrait également avoir des incidences négatives sur d'autres systèmes marins, notamment les bancs de moules et certains habitats de macroalgues (Sunday et al., 2017). Le réchauffement des eaux a en outre un coût métabolique direct pour les poissons de récif, car il réduit leur capacité de nage et augmente leur taux de mortalité (Johansen et Jones, 2011). Dans les régions polaires, la fonte de la glace de mer et l'augmentation du ruissellement de surface peuvent accroître la productivité primaire et secondaire, ce qui a pour effet d'altérer la dynamique du réseau trophique (Post

Figure 6.8 : Carte mondiale de la vulnérabilité des espèces au changement climatique



Les zones terrestres abritant un nombre élevé d'espèces vulnérables sont déterminées sur la base du nombre d'espèces évaluées et du nombre de rangs taxonomiques supérieurs à celui des espèces considérées.

Source : Pacifici et al. (2015).

et al., 2013) et de rendre plus probable l'établissement d'espèces envahissantes (Duffy et al., 2017 ; voir la section 4.4.2).

6.5 État et tendances de la biodiversité mondiale

Le changement mondial a des incidences négatives sur toutes les dimensions de la biodiversité, depuis les gènes jusqu'aux écosystèmes. Toutefois, la diversité génétique de la plupart des populations naturelles n'est toujours pas mesurée, les données de référence sur les populations font souvent défaut et l'état des écosystèmes est sous-évalué. Il est urgent de disposer de données et de cibles d'évaluation scientifique supplémentaires.

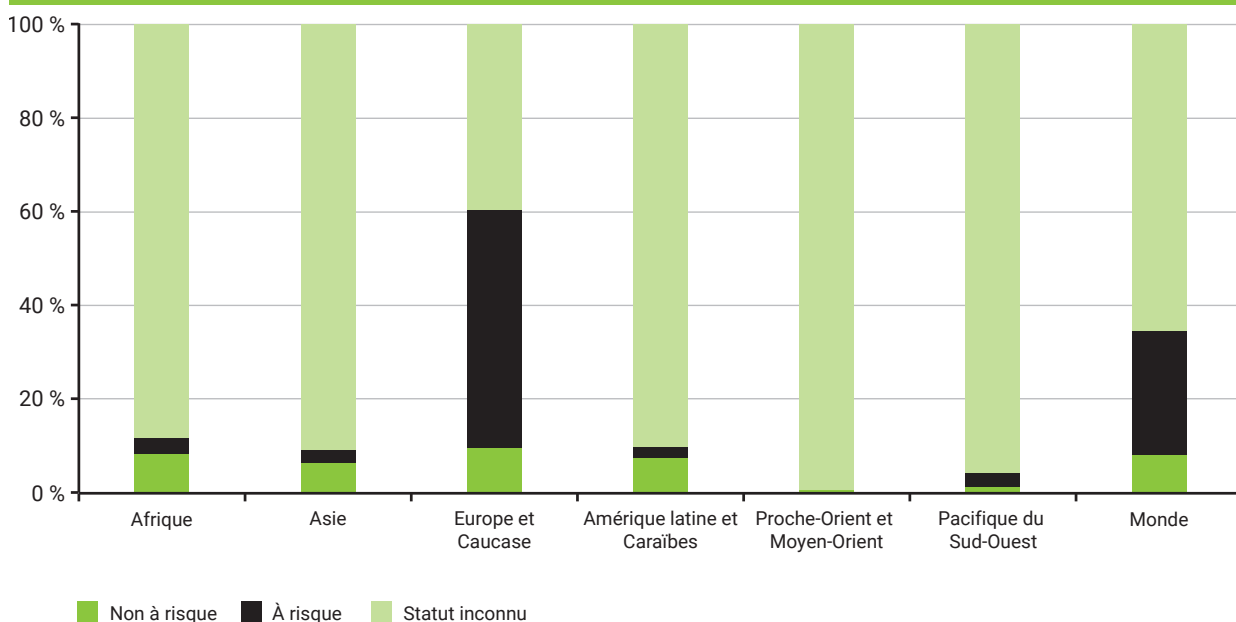
6.5.1 État et tendances de la diversité génétique

La diversité génétique est d'une importance fondamentale non seulement en tant que matière première pour l'adaptation continue des espèces sauvages par la sélection naturelle, mais également pour le maintien et l'amélioration de la diversité des plantes cultivées et des races d'animaux d'élevage sur lesquelles reposent la résilience des systèmes agricoles et la sécurité alimentaire (Khoury et al., 2014 ; FAO, 2015a ; Bruford et al., 2017). La conservation de la diversité génétique peut être mise en œuvre *in situ*, dans les champs sauvages ou cultivés, ou, de plus en plus, *ex situ*, dans des banques de gènes et des collections de semences conservées aux échelons local et national (voir la section 13.2.4).

Le déclin à long terme du nombre de variétés de cultures et de races d'animaux d'élevage se poursuit et, pour une bonne part, cette diversité, de même que celle des espèces sauvages apparentées et des espèces moins utilisées, ne bénéficie toujours pas d'une protection suffisante (FAO, 2015a). Plus de 35 espèces d'oiseaux et de mammifères ont été domestiquées pour être utilisées dans l'agriculture et la production alimentaire, et on dénombre environ 8 800 races homologuées (FAO, 2018a). Une évaluation du risque d'extinction des races animales locales existantes révèle que 65 % d'entre elles font partie de la catégorie « statut inconnu » – faute de données sur les populations ou de mises à jour récentes –, 20 % de la catégorie « à risque » et seulement 16 % de la catégorie « non à risque » (FAO, 2018a). Ces proportions varient d'une région à l'autre, notamment pour ce qui est de la disponibilité des données (figure 6.9).



Figure 6.9 : Proportions des races animales locales classées comme étant à risque de disparition, non à risque ou à statut inconnu



Source : FAO (2018a).



Les nouveaux outils génomiques qui permettent un séquençage rapide et de plus en plus abordable de l'ADN font désormais partie intégrante de la conservation *ex situ* de la diversité génétique, ce qui nous aide à comprendre le potentiel génétique des plantes sauvages apparentées en vue d'améliorer la productivité des cultures, leur contenu nutritionnel et leur résilience aux changements environnementaux (Royal Botanic Gardens Kew, 2016). En 2017, quelque 225 espèces végétales, principalement des plantes cultivées, avaient des séquences complètes de leur génome (Royal Botanic Gardens Kew, 2017 ; voir la **figure 6.10**). Toutefois, le séquençage est encore une activité onéreuse, et il demeure essentiel de communiquer l'information pertinente à ceux dont les moyens de subsistance dépendent de la biodiversité, mais qui n'ont pas les ressources nécessaires pour accéder à ces données.

Les méthodes conventionnelles d'amélioration sélective des variétés de plantes et des races de bétail demeurent prédominantes. Toutefois, les OGM continuent d'attirer l'attention et de nouvelles avancées, telles les techniques d'édition du génome CRISPR-Cas, font progresser la biologie synthétique (SCDB, 2015 ; CDB, 2016). Il existe des données probantes sur l'apport positif des techniques d'édition du génome dans la lutte contre les espèces envahissantes (Webber, Raghu et Edwards, 2015), associé à l'atténuation du besoin d'insecticides qui sont nocifs pour des organismes non ciblés (par exemple, Li *et al.*, 2015). Toutefois, la propagation de cultures génétiquement modifiées peut également entraîner des résultats négatifs pour la biodiversité et l'environnement, par exemple en facilitant la propagation de mauvaises herbes résistantes aux herbicides (Rótolo *et al.*, 2015) et en réduisant la diversité des insectes (Schütte *et al.*, 2017 ; Tsatsakis *et al.*, 2017). Au bout du compte, l'adaptation naturelle des écosystèmes aux caractères des OGM pourrait nécessiter d'autres innovations technologiques et un recours accru aux herbicides et aux insecticides (Rótolo *et al.*, 2015).

L'état de conservation de la diversité génétique de la plupart des espèces sauvages non liées aux cultures agricoles et au bétail

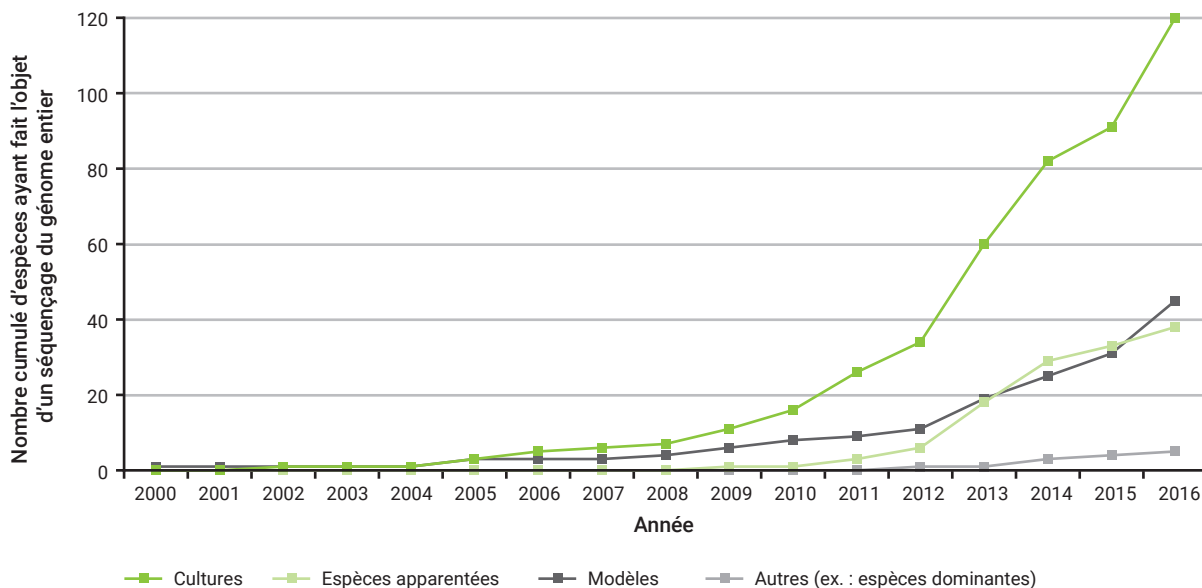
demeure mal documenté (malgré des efforts concertés pour combler cette lacune ; voir <http://www.genomicobservatories.org>). Pourtant, les déclin de populations sont de plus en plus fréquents (Ceballos, Ehrlich et Dirzo, 2017 ; McRae, Deinet et Freeman, 2017). Une baisse de la taille de la population, en particulier lorsqu'elle s'étend sur plusieurs générations, se traduit souvent par une perte de diversité génétique. Ainsi, les facteurs qui menacent les espèces et les populations risquent également d'éroder leur diversité génétique.

6.5.2 Situation et tendances mondiales des espèces

Le déclin mondial de la biodiversité, illustré par les tendances des espèces, demeure frappant (Dirzo *et al.*, 2014). Bon nombre d'observateurs avancent que nous assistons à un nouvel événement d'extinction massive (Ceballos *et al.*, 2015), bien qu'il n'y ait pas encore de consensus scientifique sur ce sujet. La Liste rouge des espèces menacées de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) (<http://www.iucnredlist.org>) (**encadré 6.4**) présente l'inventaire le plus complet de l'état de conservation mondial des espèces végétales, animales et fongiques. Le statut des vertébrés a été relativement bien étudié (Rodrigues *et al.*, 2014), mais moins de 1 % des invertébrés décrits (Collen *et al.*, 2012) et seulement 5 % environ des plantes vasculaires (Royal Botanic Gardens Kew, 2016) ont fait l'objet d'une évaluation de leur risque d'extinction.

Selon les toutes dernières estimations de l'UICN, les espèces de cycadales sont confrontées au plus grand risque d'extinction, 63% des espèces de ce groupe de plantes étant considérées comme menacées (**figure 6.11**). Le groupe de vertébrés le plus menacé est celui des amphibiens (41 %). Parmi les quelques évaluations d'espèces d'invertébrés réalisées, 42 % des espèces terrestres, 34 % des espèces d'eau douce et 25 % des espèces marines sont considérées comme menacées d'extinction (Collen *et al.*, 2012). Parmi les groupes d'invertébrés bien échantillonnés, les coraux formant des récifs présentent la plus forte proportion (33 %) d'espèces menacées.

Figure 6.10 : Nombre cumulé d'espèces ayant fait l'objet d'un séquençage du génome entier (2000-2016)

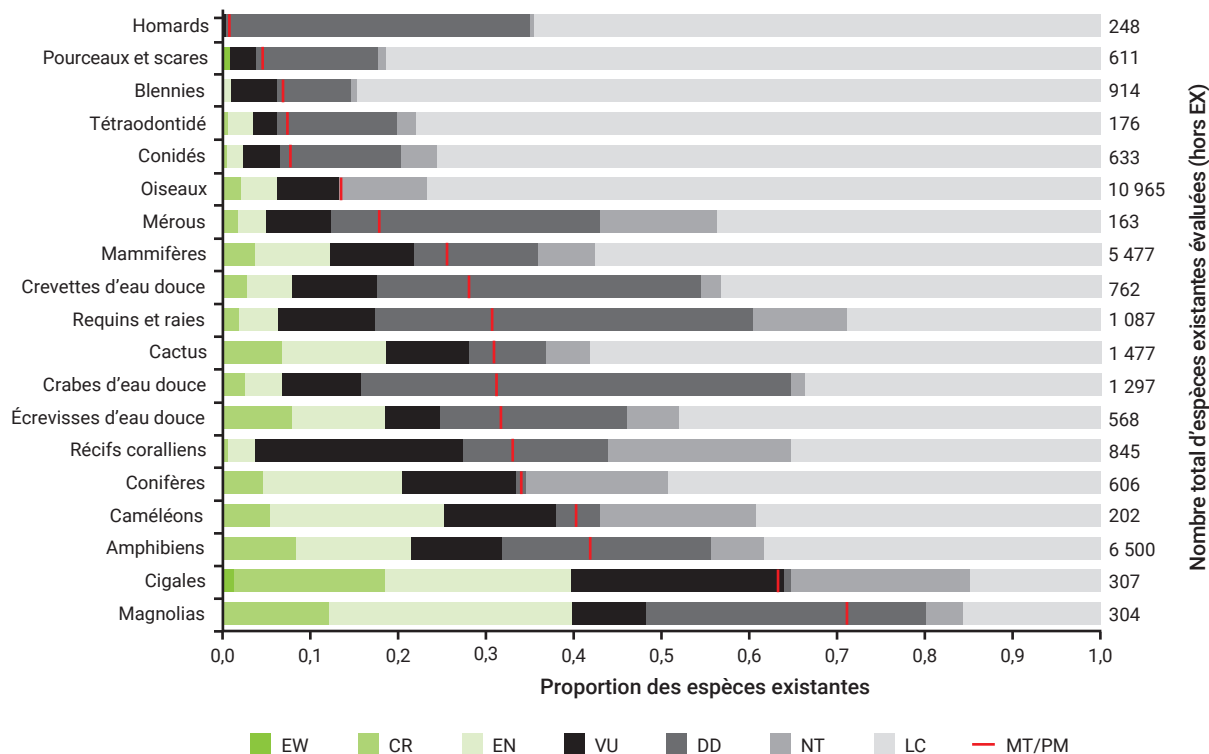


Les couleurs indiquent le type d'espèces: cultures, généralement alimentaires; espèces sauvages apparentées aux cultures; espèces modèles servant à l'étude de l'écologie ou de l'évolution des plantes; autres espèces, telles les espèces dominantes d'un écosystème.

Source : Royal Botanic Gardens Kew (2017).



Figure 6.11 : Proportion d'espèces dans chaque catégorie de risque d'extinction de la Liste rouge des espèces menacées de l'UICN



Les nombres à droite de chaque barre correspondent au nombre total d'espèces existantes évaluées pour chaque groupe. EW : Éteinte à l'état sauvage ; CR : En danger critique ; EN : En danger ; VU : Vulnérable ; DD : Données insuffisantes ; NT : Quasi menacée ; LC : Préoccupation mineure.

Source : UICN (2018).

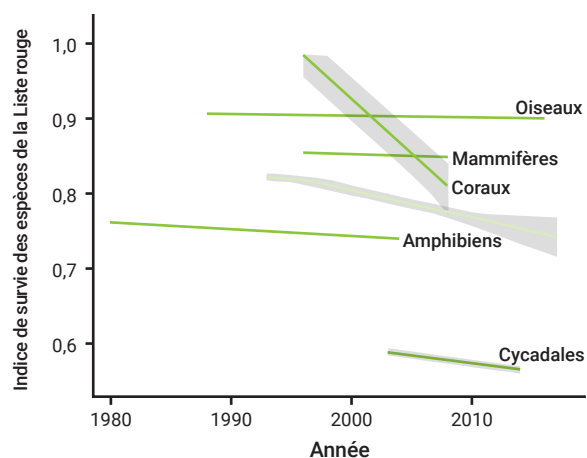


Encadré 6.4 : L'Union internationale pour la conservation de la nature

Depuis 1948, l'UICN sert d'interface entre les sciences et les politiques pour la biodiversité et les services écosystémiques. L'UICN est formée de membres dont la représentation en termes de gouvernance est répartie à part rigoureusement égale entre les organisations intergouvernementales (plus de 200 organismes étatiques et gouvernementaux membres) et les organisations de la société civile et des peuples autochtones (plus de 1 000 membres de la société civile). L'UICN mobilise des commissions indépendantes pour formuler des avis d'experts sur les défis urgents de la conservation de la nature ; on dénombre actuellement six commissions (Gestion des écosystèmes, Éducation et communication, Politiques environnementales, économiques et sociales, Sauvegarde des espèces, Droit de l'environnement et Aires protégées), rassemblant au total plus de 10 000 spécialistes. La Liste rouge des espèces menacées de l'UICN, établie en 1964, demeure aujourd'hui l'inventaire mondial des espèces en danger qui fait le plus autorité (figure 6.11).

En ce qui concerne les groupes ayant fait l'objet de plusieurs évaluations complètes, l'évolution du risque d'extinction au fil du temps a été examinée à l'aide de la Liste rouge de l'UICN. Les données disponibles laissent entrevoir une hausse du risque d'extinction pour tous les groupes, pris individuellement et collectivement, de 1993 à 2017 (figure 6.12).

Figure 6.12 : Indice de survie des espèces d'oiseaux, de mammifères, d'amphibiens, de coraux et de cycadales de la Liste rouge, et agrégation (en vert clair) de l'indice de toutes les espèces

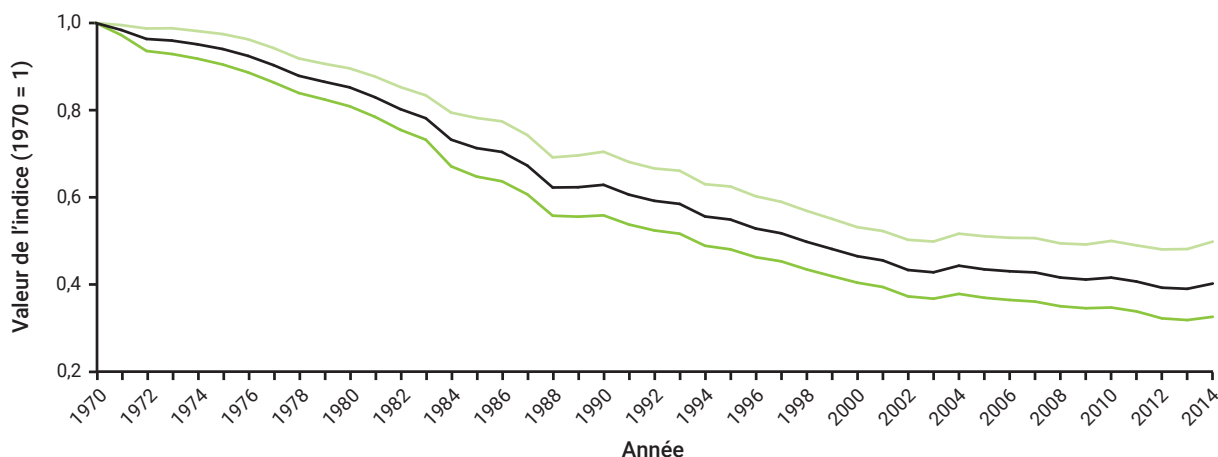


Une baisse de la courbe tendancielle indique soit que davantage d'espèces sont devenues menacées de disparition au fil du temps, soit que le niveau de risque de disparition de certaines espèces s'est accru au fil du temps. La partie grisée correspond aux intervalles de confiance de 95 %.

Sources : UICN (2017a), Hoffman et al. (2018).



Figure 6.13 : L'indice mondial Planète vivante



La courbe centrale présente les valeurs de l'indice pour une baisse de 60% entre 1970 et 2014; les courbes supérieure et inférieure représentent les intervalles de confiance de 95% entourant la tendance. Il s'agit de la variation moyenne de la taille de la population de 4 005 espèces de vertébrés, selon les données de 16 704 séries chronologiques provenant d'habitats terrestres, dulcicoles et marins.

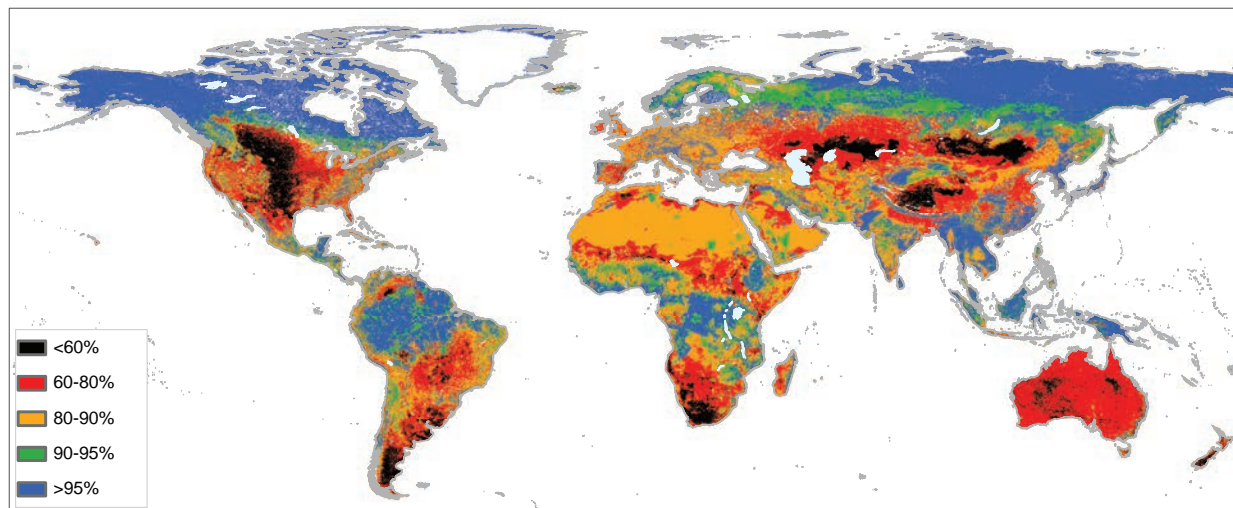
Source : WWF (2018).

Le suivi de l'abondance des espèces donne un indicateur complémentaire de la situation et des tendances. Bien qu'ils ne couvrent pas tous les groupes taxonomiques de la Liste rouge de l'UICN, ces indicateurs offrent une résolution spatiale et temporelle plus fine. Les tendances de l'abondance des populations mondiales d'espèces de vertébrés, telles que mesurées par l'indice Planète vivante (figure 6.13), affichent un déclin moyen de 60 % entre 1970 et 2014 (McRae, Deinet et Freeman, 2017 ; WWF, 2018). Les espèces dulcicoles ont un taux de déclin des populations plus élevé que les espèces terrestres ou marines (McRae, Deinet et Freeman, 2017). À l'échelle mondiale, on estime que l'abondance locale moyenne des espèces terrestres a chuté à 85 % des chiffres modélisés sans modification anthropique de l'utilisation des terres (Newbold *et al.*, 2016), bien qu'on observe des variations spatiales de l'intégrité de la biodiversité (Newbold *et al.*, 2015 ; Newbold *et*

al., 2016 ; figure 6.14) et que les données sur les tendances des populations d'espèces végétales et fauniques soient lacunaires.

Les tendances chez les invertébrés pourraient bien faire écho à celles qui ont été observées chez les vertébrés. Un indice mondial fondé sur un échantillon des populations de 452 espèces d'invertébrés révèle une baisse moyenne de 45 % de l'abondance sur 40 ans (Dirzo *et al.*, 2014), et des rapports récents font état de baisses supérieures à 75 % de la biomasse des insectes volants dans les aires protégées d'Allemagne (Hallmann *et al.*, 2017), des constatations similaires ayant été faites ailleurs en Europe occidentale (Vogel, 2017) et en Europe centrale (Hussain *et al.*, 2017 ; Hussain *et al.*, 2018). Des déclin particulièrement accentués ont été observés chez les syrphes, qui sont d'importants pollinisateurs (Vogel, 2017). Des baisses de l'abondance des

Figure 6.14 : Indice d'intégrité de la biodiversité terrestre



La valeur de l'indice d'intégrité correspond à l'abondance moyenne des espèces en pourcentage de l'abondance modélisée dans un habitat non perturbé.

Source : Newbold *et al.* (2016).

pollinisateurs ont également été documentées ailleurs, par exemple chez des espèces de bourdons d'Amérique du Nord (Bartomeus *et al.*, 2013).

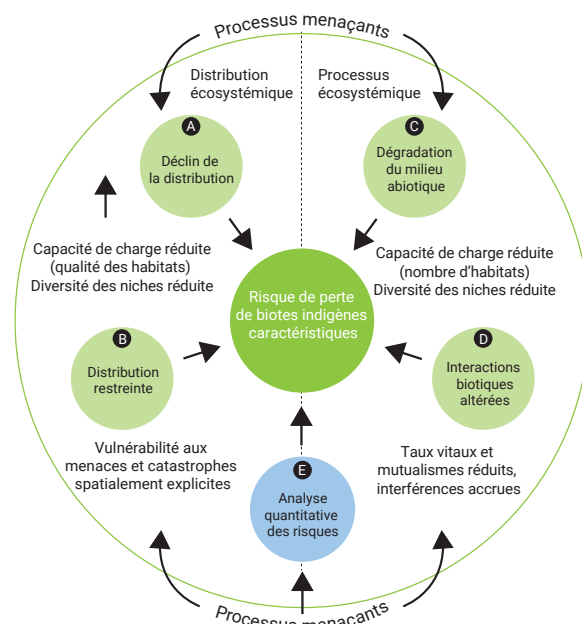
L'indice Planète vivante (figure 6.13) et l'indice d'intégrité de la biodiversité (figure 6.14) indiquent tous deux que l'abondance des espèces terrestres a diminué du fait des changements anthropiques d'affectation des terres, et que la tendance à la baisse des populations depuis 44 ans ne montre aucun signe de ralentissement (McRae, Deinet et Freeman, 2017 ; WWF, 2018). L'indice d'intégrité de la biodiversité laisse supposer qu'une limite planétaire terrestre a été franchie (sur la base d'une réduction de 10 % de l'intégrité de la biodiversité) ; on en déduit que la fonction des écosystèmes pourrait être altérée (Newbold *et al.*, 2016).

6.5.3 État et tendances des écosystèmes à l'échelle mondiale

Il est urgent d'élargir les évaluations des écosystèmes. L'UICN a commencé à publier sa Liste rouge des écosystèmes en vue de compléter son évaluation mondiale fondée sur les espèces (Keith *et al.*, 2015), et quelques écosystèmes ont été évalués selon des critères mondiaux et régionaux. L'évaluation d'un écosystème, la mer d'Aral, le considère comme « effondré » (figure 6.15) (Sehring et Diebold, 2012 ; Keith *et al.*, 2013), et plusieurs autres, tels que la forêt moussue et noueuse de la zone des brouillards, sur l'île Lord Howe, en Australie, et les forêts de gonakiers de la plaine alluviale du fleuve Sénégal partagée entre le Sénégal et la Mauritanie, ont été classés comme étant « en danger critique » (voir UICN, 2017b).

L'effondrement peut être réversible si toutes les composantes de l'écosystème effondré existent encore dans d'autres écosystèmes (Rodríguez *et al.*, 2015). Toutefois, une évolution vers un autre état stable, comme celle qui a été documentée dans les systèmes de

Figure 6.15 : Mécanismes d'effondrement d'un écosystème et symptômes du risque d'effondrement



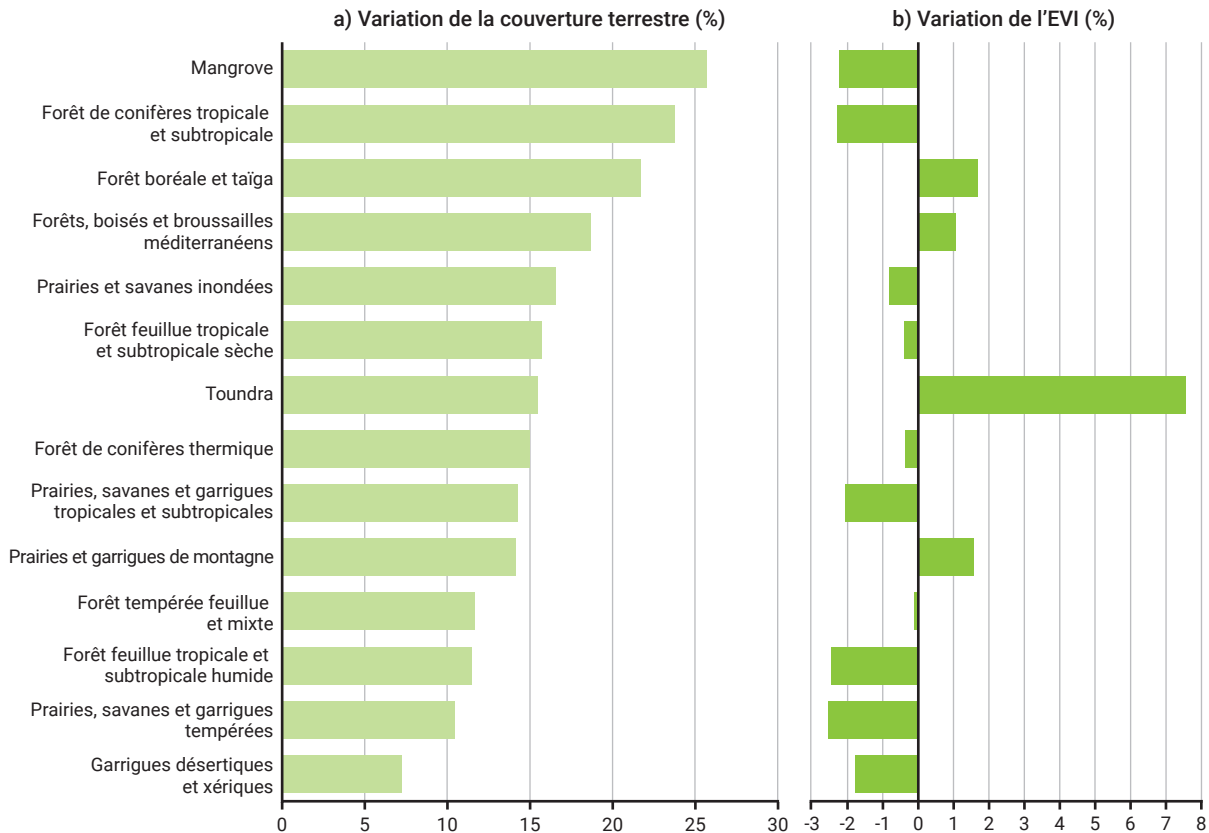
Source : Keith *et al.* (2013).

récif coralliens – de la domination des coraux à celle des algues –, accompagnée d'une eutrophisation anthropique, ne peut être inversée simplement (Hughes *et al.*, 2017).





Figure 6.16 : Variation moyenne, en pourcentage, de chaque type d'habitat principal selon l'imagerie satellitaire : a) écart par rapport au type de couverture terrestre initial entre 2001 et 2012 ; b) productivité de la végétation, mesurée à l'aide de l'indice de végétation amélioré (EVI) entre les périodes de 2000-2004 et de 2009-2013



Source : Royal Botanic Gardens Kew (2016).

Certaines données sont disponibles à grande échelle pour les 14 principaux types d'habitats terrestres ; d'après les estimations, 10 d'entre eux ont connu une baisse de productivité de la végétation entre 2000 et 2013, tandis que quatre ont enregistré une productivité accrue (**figure 6.16**), les facteurs anthropiques étant considérés comme les moteurs de ces tendances (Royal Botanic Gardens Kew, 2016). À une échelle plus fine, 24 % des écorégions terrestres se sont vu attribuer le statut « Nature en péril » (Dinerstein *et al.*, 2017).

Nous en savons davantage sur l'état des espèces et écosystèmes terrestres que sur leurs homologues aquatiques. Toutefois, un déclin moyen d'environ 30 % de la superficie des zones humides naturelles a été observé à l'échelle mondiale entre 1970 et 2008 (Dixon *et al.*, 2016), la perte variant de 50 % en Europe à 17 % en Océanie. Quant aux écosystèmes marins, l'étendue spatiale des impacts anthropiques qu'ils ont subis a fait l'objet d'une estimation (Jones *et al.*, 2018), mais on en sait relativement peu sur leur état actuel. Néanmoins, l'impact des pressions sur le milieu marin semble être en hausse, comme en témoignent la perte d'espèces sauvages marines (McCauley *et al.*, 2015) et l'état critique actuel des récifs coralliens (Hughes *et al.*, 2017). On s'attend à ce que l'écosystème des grands fonds marins, probablement l'un des moins bien étudiés, soit particulièrement vulnérable à la perte d'habitat et au changement climatique (Barbier *et al.*, 2014).

L'état de la biodiversité qui sous-tend explicitement les apports de la nature aux populations n'a pas encore fait l'objet d'une évaluation exhaustive, bien que la publication d'une évaluation globale de la biodiversité et des services écosystémiques par l'IPBES soit attendue en 2019. L'on pense toutefois que bon nombre de ces processus écosystémiques sont menacés par le déclin observé des espèces sauvages et par les menaces qui pèsent sur la biodiversité (Cardinale *et al.*, 2012 ; Mace, Norris et Fitter, 2012). Les espèces de mammifères et d'oiseaux qui sont utilisées à des fins alimentaires ou médicinales courent un plus grand risque d'extinction que celles qui ne le sont pas ; le contraire a été constaté pour la même évaluation des espèces d'amphibiens (Almond *et al.*, 2013). La valeur perçue d'une espèce peut imposer une pression additionnelle sur la conservation de la biodiversité : le commerce international de 1 280 des 28 187 espèces de plantes enregistrées comme étant d'usage médicinal fait l'objet de contrôles visant à réduire les menaces associées à leur surexploitation (Royal Botanic Gardens Kew, 2017).

6.6 Impacts sur les biomes du monde

Un biome est une importante communauté écologique d'organismes adaptés à une condition climatique ou environnementale particulière sur une vaste zone géographique. Plusieurs écosystèmes peuvent coexister au sein d'un même biome. La présente section porte sur huit biomes généraux qui, ensemble, couvrent la majeure partie de la biodiversité de la Terre.



6.6.1 Les océans et les zones côtières

Les principales pressions exercées sur la biodiversité de la haute mer sont la surexploitation, la pollution due aux activités terrestres et le changement climatique. Les écosystèmes côtiers subissent des pressions supplémentaires liées à la destruction des habitats, à l'aquaculture et aux espèces envahissantes (voir la section 7.2). Bien que les données soient limitées, on sait que ces pressions affectent l'état de la biodiversité marine depuis les populations jusqu'aux écosystèmes.

Les systèmes côtiers sont particulièrement vulnérables ; on a, par exemple, perdu entre 20 et 35 % de la superficie des mangroves depuis 1980 (Innis et Simcock, 2016), et le taux annuel de destruction de l'habitat des plantes marines est actuellement de l'ordre de 8 % (Innis et Simcock, 2016). Les récifs coralliens sont parmi les écosystèmes marins les plus riches en biodiversité, mais également les plus fragiles (voir la section 7.3.1).

La dégradation de la santé et de la biodiversité des écosystèmes marins affecte de plus en plus les populations (WWF, 2015). Les méthodes traditionnelles de capture des espèces marines fournissent des aliments sains et des moyens de subsistance (voir la section 7.3.2). Toutefois, la surexploitation entraîne un déclin de la population des pêcheries maritimes : la proportion des stocks mondiaux pêchés à des niveaux non durables sur le plan biologique est passée de 10 % en 1975 à 33 % en 2015, les plus fortes augmentations ayant eu lieu de la fin des années 1970 à celle des années 1980 (FAO, 2018b ; **figure 6.17**). En 2015, plus de 50 % des stocks de la Méditerranée, de la mer Noire, du Pacifique Sud-Ouest et de l'Atlantique Sud-Ouest ont fait l'objet d'une pêche à des niveaux biologiquement intenable (FAO, 2018b).

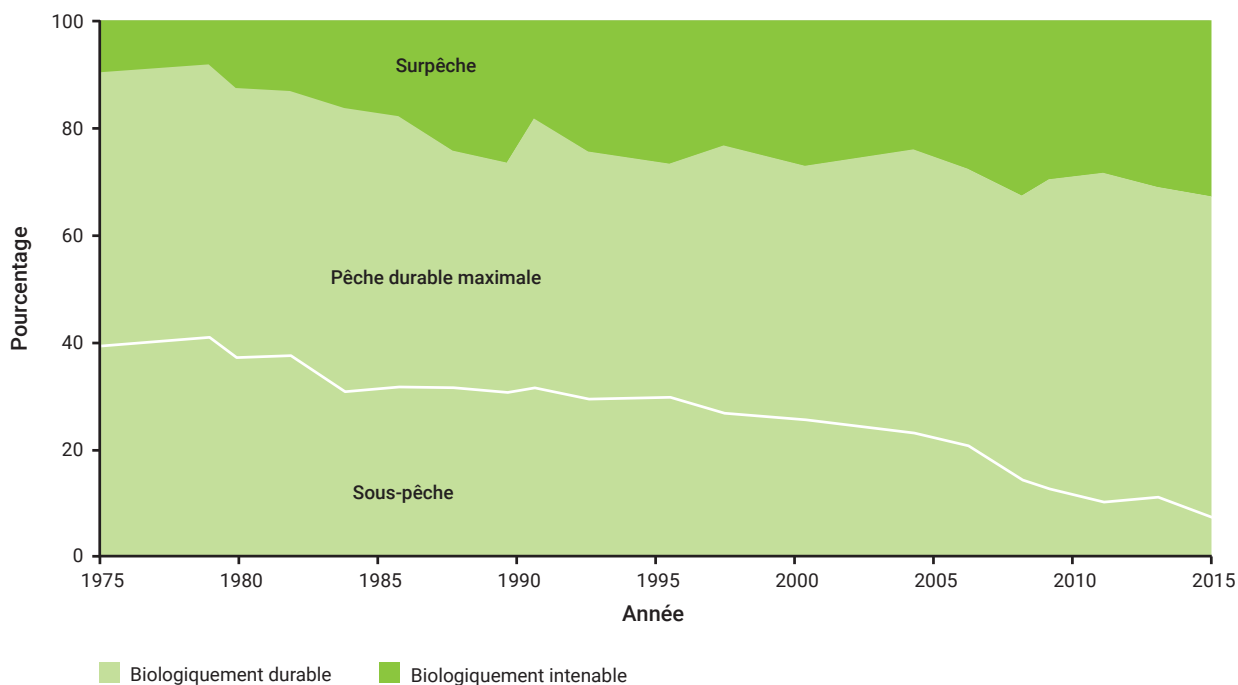
L'exploitation des espèces cibles est combinée à des effets négatifs supplémentaires sur la biodiversité, dus aux prises accessoires et aux dommages occasionnés aux milieux benthiques par le chalutage, bien que certaines populations d'oiseaux de mer aient augmenté en se nourrissant des rejets (Foster, Swann et Furness, 2017). L'essor de l'aquaculture peut réduire les pressions de l'exploitation sur certaines espèces sauvages, mais il ouvre également la porte aux espèces envahissantes, à la reproduction interspécies, à l'eutrophisation et à la propagation de maladies (Ottinger, Clauss et Kuenzer, 2016 ; voir la section 7.4.3).

La pollution, notamment par les déchets plastiques marins et les microplastiques (**encadré 6.2**), ainsi que la perte et la dégradation des habitats entraînent une réduction plus poussée des apports des systèmes naturels – le déclin des zones d'alevinage du poisson ou des réserves de bois des mangroves (Nordlund *et al.*, 2016 ; Quinn *et al.*, 2017) en sont des exemples – ainsi qu'une vulnérabilité accrue aux phénomènes extrêmes (**encadré 6.3**) associée à la réduction de la protection côtière.

6.6.2 L'eau douce

Les systèmes d'eau douce sont exposés à toute la palette des pressions multiples : les changements d'affectation des terres, la perte d'habitats, les espèces envahissantes, l'aménagement hydroélectrique des cours d'eau et la pollution ont des répercussions considérables et généralisées (voir la section 9.2). La perte massive de zones humides dure depuis longtemps, et les espèces dulciicoles, en particulier dans les écosystèmes tropicaux, ont enregistré une baisse plus rapide que celles de tout autre biome (voir la section 6.4.1).

Figure 6.17 : Tendances mondiales de l'état des stocks marins du monde, 1975-2015



Source : FAO (2018b).



Labondance des populations de vertébrés d'eau douce surveillées a chuté en moyenne de 81 % en 42 ans (WWF, 2016). D'après un sommaire du risque d'extinction de la faune dulcicole mondiale, les reptiles présentent le risque estimatif le plus élevé parmi les six groupes évalués (figure 6.18). Environ le tiers de la population de plus de 7 000 espèces d'invertébrés d'eau douce figurant sur la Liste rouge de l'UICN est considéré comme menacé, les gastéropodes étant le groupe le plus à risque (Collen *et al.*, 2012). Ensemble, ces espèces fournissent aux humains un large éventail de services essentiels, tels que la protection contre les inondations, l'alimentation, la filtration de l'eau et la séquestration du carbone (Collen *et al.*, 2014).

L'agriculture à l'ère industrielle entraîne une eutrophisation des écosystèmes terrestres, dulcicoles et marins littoraux par l'azote et le phosphore, et l'utilisation de pesticides peut dégrader davantage les écosystèmes d'eau douce (Malaj *et al.*, 2014 ; Mekonnen et Hoekstra, 2015). À l'échelle mondiale, le nombre de lacs où prolifèrent des algues nuisibles croîtra, selon les estimations, d'au moins 20 % à l'horizon 2050 (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture [UNESCO], 2014). Les proliférations d'algues cyanobactériennes peuvent entraîner une baisse de la valeur des utilisations récréatives, une atteinte à l'esthétique, une diminution des concentrations d'oxygène dissous, une baisse de la qualité de l'eau potable et la production de toxines, ce qui peut avoir des répercussions sur la santé des espèces sauvages et des humains (Brooks *et al.*, 2016).

6.6.3 Les prairies

Les prairies couvrent environ 8 % de la superficie totale des terres et abritaient par le passé certains des plus grands assemblages d'animaux sauvages de la planète (UICN, 2017c). Elles sont aujourd'hui considérées comme l'écosystème terrestre le plus altéré au monde et le plus menacé sur la plupart des continents,

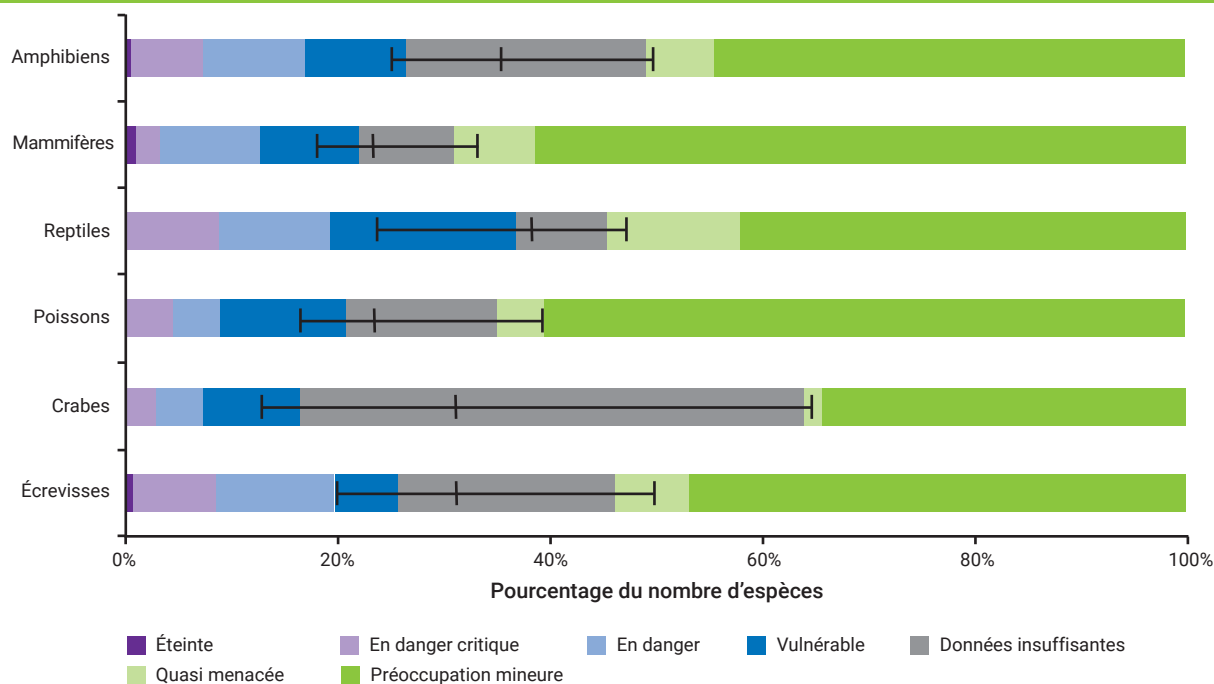
confrontées qu'elles sont à de multiples pressions telles que le changement d'affectation des terres, le surpâturage, la fragmentation, les espèces envahissantes, la suppression des incendies naturels, le changement climatique et le boisement (UICN, 2017c).

Les prairies renferment une grande diversité végétale, mais l'expansion agricole entraîne la destruction et la fragmentation de ces habitats. Par exemple, la production de soja a remplacé la subsistance traditionnelle du bétail dans les aires de pâturage naturel sur une grande partie du Cerrado, un écosystème de savane boisée d'Amérique du Sud (Aide *et al.*, 2013). Le Cerrado brésilien, qui abrite environ 5 % de la biodiversité mondiale, a perdu près de 50 % de son aire de répartition initiale (Ministério do Meio Ambiente, 2015). La hausse des températures est associée à l'empiètement sur les terres boisées et à la désertification partout en Afrique (Midgley et Bond, 2015 ; Engelbrecht et Engelbrecht, 2016), en Amérique du Sud et, dans une moindre mesure, en Australie (Stevens *et al.*, 2017).

Selon les estimations, 49 % des écosystèmes de prairie ont subi une dégradation sur une période de dix ans (de 2000 à 2010) et près de 5 % de ces écosystèmes ont subi une dégradation allant d'un niveau élevé à un niveau extrême (Gang *et al.*, 2014), ce qui a considérablement réduit leur capacité à soutenir la biodiversité. Actuellement, 4,5 % des prairies mondiales ont le statut d'aire protégée (UICN, 2017c).

La forte relation entre la biodiversité des prairies et leur biomasse (Cardinale *et al.*, 2012), dont on tire souvent du fourrage pour les animaux, des produits agricoles et des matières premières textiles pour les populations locales, laisse présager que les réductions de la biodiversité auront des implications négatives sur la productivité économique et les moyens de subsistance à petite échelle.

Figure 6.18 : Risque d'extinction de la faune dulcicole mondiale, par groupe taxonomique



Note : Les lignes verticales centrales représentent la meilleure estimation de la proportion des espèces menacées d'extinction et les moustaches, les limites de l'intervalle de confiance. Les données relatives aux poissons et aux reptiles sont des échantillons de leur groupe respectif ; toutes les autres données sont des évaluations exhaustives de toutes les espèces (n = 568 écrevisses, 1 191 crabes, 630 poissons, 57 reptiles, 490 mammifères et 4 147 amphibiens).

Source : Collen *et al.* (2014)



Encadré 6.5 : Agrobiodiversité et genre

Dans bon nombre de sociétés, les femmes sont traditionnellement les gardiennes d'une connaissance approfondie des plantes, des animaux et des processus écologiques qui les entourent. L'utilisation de variétés de semences hybrides (qui se généralise depuis quelques décennies) peut empêcher les femmes de collecter des semences, mettant ainsi en péril leur statut de collectionneuses de semences, ainsi que la sécurité alimentaire, en particulier dans les pays en développement (Bhutani, 2013). La perte de biodiversité provoquée par l'agriculture industrielle a donc des répercussions spécifiques sur les femmes, notamment par la perte de connaissances relatives aux semences ainsi qu'à la transformation et à la cuisson des aliments (Groupe international d'experts sur les systèmes alimentaires durables, 2016). Depuis quelques années, des banques de semences communautaires qui conservent les semences locales ont été rétablies dans certaines régions ; ces banques sont fréquemment gérées par des femmes, qui procèdent notamment à des échanges de semences locales. Les programmes de sélection végétale participative visant à améliorer les semences renforcent eux aussi le statut des femmes dans l'agriculture (Galiè *et al.*, 2017).

6.6.4 Les paysages agricoles

Depuis environ 8 000 ans, l'extension et l'intensification de l'agriculture ont entraîné une perte de la biodiversité dans de nombreux biomes (Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, 2017). La demande mondiale et les chaînes d'approvisionnement concentrent la production dans les régions « greniers » (Khoury *et al.*, 2014), où la transformation du paysage réduit et fragmente l'habitat naturel, et où les intrants qui améliorent le rendement (engrais et pesticides) peuvent avoir une incidence sur les aires non cultivées, les cours d'eau et la qualité de l'air. Les plus récentes décennies ont été marquées par une évolution notable de l'utilisation des terres dans les régions tropicales, associée à la hausse de la production d'oléagineux, en particulier le soja et le palmier à huile, dont l'essentiel s'est fait au détriment de biomes à forte biodiversité (Foley *et al.*, 2011). Un déclin spectaculaire des populations animales au sein et à l'extérieur des aires protégées (Keesing et Young, 2014) est associé à un risque accru que les prédateurs s'attaquent au bétail (Zheng et Cao, 2015 ; Malhi *et al.*, 2016), ce qui a un impact négatif sur les moyens de subsistance agricoles. Les pratiques agricoles telles que le labour, les cultures mixtes et l'application d'engrais et de pesticides ont également des incidences sur la biodiversité souterraine (FAO et Platform for Agrobiodiversity Research, 2011, p. ix). Qui plus est, les paysages agricoles peuvent parfois maintenir des espèces rares dans des habitats semi-naturels, tandis que l'abandon des pratiques agricoles peut même entraîner un déclin de la biodiversité (Plieninger *et al.*, 2014).

La perte de la diversité dans les agroécosystèmes accroît la vulnérabilité de ces derniers et réduit ainsi la durabilité de bon nombre de systèmes de production. La réduction de la prestation de services de régulation et de soutien peut accroître l'utilisation de produits chimiques et créer des boucles de rétroaction néfastes (OMS et SCDB, 2015, p. 5). Il est attesté que les exploitants agricoles exerçant dans des paysages homogènes ont des revenus supérieurs à ceux des exploitants évoluant dans des paysages hétérogènes (Watts et Williamson, 2015). Mais leur résilience

face aux pressions telles que le changement climatique est souvent plus faible, tandis que la variabilité de leurs revenus est plus importante (Abson, Fraser et Benton, 2013). En outre, l'homogénéisation de la production agricole a des répercussions sur la santé, car elle contribue à l'homogénéisation des régimes alimentaires et à une consommation accrue d'aliments transformés, laquelle est associée à l'obésité et aux maladies non transmissibles liées au régime alimentaire (Khoury *et al.*, 2014). En revanche, la diversité de la production est fortement corrélée à la diversité alimentaire et nutritionnelle chez les petits exploitants agricoles dont la participation au marché est limitée (Sibhatu, Krishna et Qaim, 2015), et ce sont souvent les agricultrices qui détiennent les connaissances locales sur les variétés de semences (**encadré 6.5**).

Dans certains cas, l'agriculture intensive pourrait également accroître la prévalence de maladies infectieuses (Cable *et al.*, 2017). À titre d'exemple, les plantations de palmiers à huile en Amérique du Sud semblent accroître le risque de la maladie de Chagas (Rendón *et al.*, 2015), et dans la province indonésienne de Kalimantan, le brûlage des forêts afin de planter des palmiers à huile pourrait avoir contribué à la migration de chauves-souris connues pour être porteuses du virus Nipah (Pulliam *et al.*, 2011).

La biodiversité des paysages agricoles est essentielle à la sécurité alimentaire et nutritionnelle (**encadré 6.6**). La pollinisation par environ 100 000 espèces d'insectes, d'oiseaux et de mammifères représente 35 % de la production agricole mondiale (SCDB, 2013 ; IPBES, 2016) et jusqu'à 15 % de la valeur des économies à base de cultures de rapport (IPBES, 2016, p. 209). La production connaît une baisse dans les localités où la diversité des pollinisateurs a diminué (IPBES, 2016, p. 154 et 185-186). Le maintien de parcelles résiduelles à quelques centaines de mètres des fermes peut aider à maintenir les populations de pollinisateurs et à accroître le rendement des cultures (Pywell *et al.*, 2015 ; IPBES 2016, p. 394).



Encadré 6.6 : L'importance des pratiques et connaissances traditionnelles pour la préservation des pollinisateurs

Les connaissances autochtones et locales sont reconnues comme une source importante d'expertise pour trouver des solutions au déclin des pollinisateurs animaux – les espèces sauvages telles que les oiseaux, les chauves-souris, les bourdons et les syrphes, et les espèces gérées comme les abeilles domestiques (Lyver *et al.*, 2015 ; IPBES, 2016, p. xxii). En 2013, l'Indigenous Pollinators Network a été créé dans l'optique d'allier les savoirs traditionnels des peuples autochtones à la science moderne pour assurer la préservation des pollinisateurs et de leurs services vitaux (Platform for Agrobiodiversity Research, 2013). Outre la conservation des pollinisateurs, les pratiques traditionnelles d'apiculture peuvent avoir des avantages plus généraux pour la biodiversité, tels que de renforcer la conservation des bassins versants face au changement climatique (Kumsa et Gorfu, 2014) et la conservation des forêts (Wiersum, Humphries et van Bommel, 2013).

L'Éthiopie est le plus grand producteur africain de miel et de cire d'abeille (Begna, 2015). Ces produits servent à fabriquer des bougies et du tej (un vin de miel important dans la vie culturelle), et le miel blanc de la région montagneuse de Balé est utilisé à des fins médicinales (IPBES, 2016, p. 312-314). Les femmes contribuent à cette chaîne de valeur, généralement en fabriquant des produits à base de miel plutôt qu'en pratiquant elles-mêmes l'apiculture. Toutefois, l'apiculture a le potentiel de générer des revenus et de contribuer à l'autonomisation des femmes dans les zones rurales d'Éthiopie (Ejigu, Adgaba et Bekele, 2008 ; Serda *et al.*, 2015).



6.6.5 Les zones arides

Bien que les zones arides soient moins diversifiées que d'autres écosystèmes, elles abritent des milliers d'espèces très bien adaptées à un environnement aride ; pourtant, les efforts de conservation négligent souvent de les prendre en compte. Les écosystèmes de parcours arides et semi-arides connaissent des conditions climatiques saisonnières extrêmes et des régimes de précipitations imprévisibles, mais l'évolution des espèces des zones arides les a rendues très résilientes et capables de se remettre rapidement d'une sécheresse, d'un incendie ou de la pression des herbivores. La désertification (ou la dégradation des terres arides) est un phénomène d'envergure mondiale (voir la section 8.4.2).

Les conflits humains sont l'une des nombreuses causes de la dégradation des zones arides. De grandes quantités de déchets, d'ordures et de matières toxiques ont été déversées et brûlées dans les écosystèmes désertiques du fait de la guerre entre la République islamique d'Iran et l'Irak (PNUE, 2016f). La sécheresse, le surpâturage, la surexploitation des eaux souterraines et les pratiques agricoles non durables imposent des pressions supplémentaires (O'Connor et Ford, 2014 ; Southern African Development Community, 2014), bien que l'ampleur relative des causes humaines et des causes naturelles soit souvent difficile à démêler.

La dégradation des paysages semi-arides et arides réduit les capacités d'approvisionnement en eau douce et de production alimentaire, diminue la disponibilité des aliments sauvages et représente une menace pour des espèces et des ressources génétiques emblématiques (Low, 2013). La désertification a un effet néfaste sur la santé des sols et la végétation, entraînant des répercussions négatives en cascade tout au long de la chaîne alimentaire (Assan, Caminade et Obeng, 2009). La salinisation, due principalement à des systèmes d'irrigation non viables, au mauvais drainage de certaines zones irriguées et à la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation, est un problème majeur dans les régions arides et semi-arides (voir la section 9.5.6). L'assèchement quasi complet de la mer d'Aral s'est soldé par la création du désert d'Aral Kum, provoquant la dégradation de forêts, de pâturages et d'autres couverts végétaux riverains (Kulmatov, 2008).

6.6.6 Les forêts

Les forêts sont l'habitat d'un grand nombre d'espèces animales et végétales, de sorte que la déforestation figure parmi les principales menaces pour la diversité des espèces (FAO, 2015b ; Alroy, 2017). La déforestation et la dégradation des forêts se poursuivent dans plusieurs régions, souvent en réponse à la demande de biomasse et sous l'action de forces motrices extérieures au secteur forestier, telles que l'expansion urbaine et le développement de l'agriculture, de l'énergie, des mines et des transports (voir la section 8.4.2). Selon des estimations récentes, la perte de couvert forestier est élevée dans tous les types de forêts, mais elle diffère selon la région (Leadley *et al.*, 2014). La densité du couvert forestier est autant associée à des pertes qu'à des gains, mais les pertes sont particulièrement conséquentes dans les forêts tropicales et boréales. En effet, la forêt pluviale tropicale a subi 32 % de la perte mondiale de couvert forestier mondial au cours de la période de 2000 à 2012, la moitié de cette perte survenant en Amérique du Sud (Hansen *et al.*, 2013). Les taux de gains forestiers réalisés avoisinent ou dépassent les taux de perte du couvert arboré dans certaines régions, en particulier dans les régions tempérées, ce qui reflète une gestion des terres dominée par la foresterie.

D'après des travaux récents, l'accroissement du nombre de forêts présentant une biodiversité contribue à élargir l'éventail de services écosystémiques (Garnfeldt *et al.*, 2013). Les forêts fournissent des services – dont la séquestration du carbone – qui sont essentiels à la régulation du climat et à la protection du sol et de l'eau (Foley *et al.*, 2007 ; Brockerhoff *et al.*, 2017). Toutefois, l'exacerbation de

la déforestation et de la dégradation des forêts peut transformer les puits de carbone nets que sont les écosystèmes forestiers en sources de carbone (Baccini *et al.*, 2017).

Le nombre total estimatif de personnes qui tirent parti des forêts – sous forme de nourriture, de produits forestiers, d'emplois et d'apports directs ou indirects aux moyens de subsistance et aux revenus – se situe entre 1 et 1,5 milliard d'individus (Agrawal *et al.*, 2013). En Afrique, environ 80 % de la population utilise exclusivement le bois de chauffage (y compris le charbon de bois) comme source d'énergie (PNUE, 2016a, p. 76). La valeur des exportations mondiales de produits forestiers s'élevait à 226 milliards de dollars É.-U. en 2015, le bois de chauffage représentant neuf millions de mètres cubes (Mm³) et le bois rond industriel, 122 Mm³ (FAO, 2015b). Les produits forestiers non ligneux, notamment les ressources végétales sauvages, représentent généralement un apport moindre aux économies locales, mais ils peuvent avoir une forte valeur sur le marché mondial. L'apport des forêts aux économies du monde en développement est estimé à plus de 250 milliards de dollars É.-U. (Agrawal *et al.*, 2013). On ne peut maintenir ces avantages économiques que si les forêts sont gérées de façon durable (FAO, 2015a).

Bien que la déforestation entraîne des gains d'emplois à court terme, la perte de forêts se traduit par une perte de moyens de subsistance : plus de 13 millions de personnes sont employées dans le secteur forestier officiel, et de 40 à 60 millions de personnes de plus travaillent dans de petites et moyennes exploitations forestières informelles (Agrawal *et al.*, 2013 ; FAO, 2018c). L'écart entre les sexes dans l'accès aux ressources forestières est bien documenté, ce qui incite à croire que la mauvaise gestion ou la perte d'écosystèmes forestiers aurait des incidences différentes sur les femmes et les hommes (WWF, 2013 ; Djoudi *et al.*, 2015).

Les conséquences directes de la déforestation sur la santé sont complexes : d'après certaines données probantes, les forêts favorisent le bien-être physique et mental (Oh *et al.*, 2017), alors que la perte de forêts peut accroître l'exposition à des maladies infectieuses, notamment le paludisme (Guerra, Snow et Hay, 2006 ; Fornace *et al.*, 2016) et d'autres maladies parasitaires à transmission vectorielle (Plowright *et al.*, 2015 ; Hunt *et al.*, 2017 ; Olivero *et al.*, 2017).

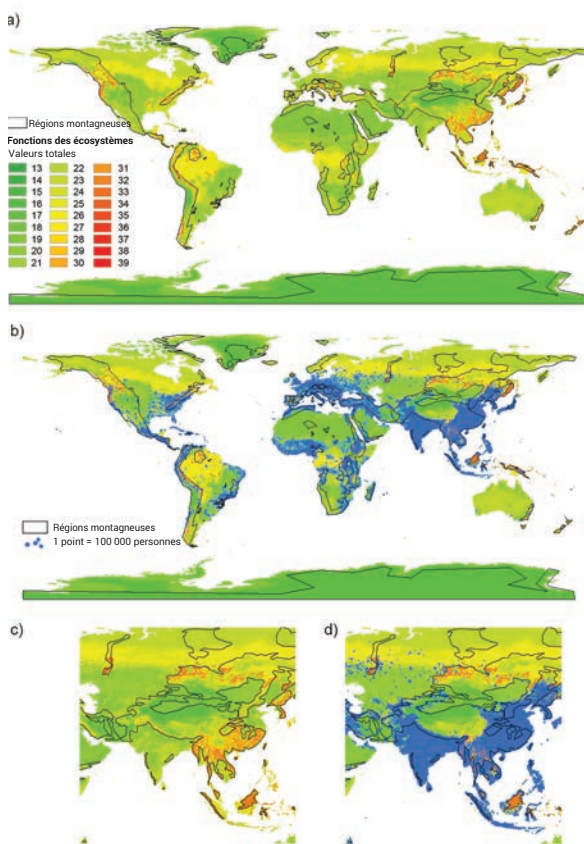
6.6.7 Les montagnes

Les chaînes de montagnes couvrent environ 22 % de l'espace terrestre de la planète et fournissent de multiples services écosystémiques. Les habitats de montagne de basse altitude, en particulier dans les régions tropicales, sont souvent plus riches en biodiversité et présentent des niveaux d'endémisme plus élevés que les plaines adjacentes. Toutefois, la dégradation et la fragmentation des habitats ont eu des répercussions sur de nombreux écosystèmes de montagne (Shrestha, Gautam et Bawa, 2012 ; Chettri, 2015 ; Venter *et al.*, 2016 ; voir la section 4.3.2).

Les écosystèmes de montagne sont particulièrement vulnérables au changement climatique. Les effets de cette vulnérabilité se font sentir dans l'évolution des aires de répartition et de la composition des espèces, avec des répercussions notables sur les organismes dont l'expansion est ralentie ou qui sont confinés aux hautes altitudes, ainsi que dans le risque d'extinction locale des espèces se trouvant dans les marges supérieures des gradients d'altitude (Pauli *et al.*, 2012 ; Khan *et al.*, 2013 ; Grytnes *et al.*, 2014 ; Knapp *et al.*, 2017). Le réchauffement induit par le climat peut altérer le fonctionnement des écosystèmes, hâter les stades phénologiques printaniers et accroître la productivité et l'absorption du carbone (Piao *et al.*, 2012 ; Shen *et al.*, 2016). Au nombre des pressions localisées figurent la construction de routes, la déforestation, l'exploitation minière, le tourisme, le pâturage du bétail domestique, les incendies et les conflits armés (voir Epple et Dunning, 2014 ; Young, 2014).



Figure 6.19 : Capacité des montagnes à fournir des services écosystémiques



Ces cartes illustrent la capacité approximative des terres à fournir des services écosystémiques, d'après la mesure du degré de soutien fourni par leurs caractéristiques sous-jacentes à 15 services écosystémiques sélectionnés: a) analyse mondiale; b) données sur la densité démographique mettant en exergue les régions à forte demande de services écosystémiques; c) et d) offre et demande élevées de services écosystémiques dans l'Himalaya.

Source : Grêt-Regamey, Brunner et Kienast (2012).

La plupart des régions montagneuses sont actuellement soumises à une forte pression humaine, notamment dans des points névralgiques pour la biodiversité des Andes tropicales et des montagnes d'Asie centrale. La grande vulnérabilité au changement climatique de l'Himalaya, qui abrite environ 19 000 espèces (Khan *et al.*, 2013), a été documentée (Shrestha, Gautam et Bawa,

2012). En Europe, le réchauffement a entraîné une croissance des populations de nombreuses espèces, donnant lieu à une augmentation locale de la diversité au sommet des montagnes boréales et tempérées. Mais on a constaté un effet inverse dans les montagnes méditerranéennes, qui ont perdu des espèces (Pauli *et al.*, 2012). Dans certaines régions, l'abandon des terres agricoles dans les chaînes de montagnes a également entraîné un appauvrissement de la biodiversité, en particulier chez les populations d'oiseaux (Hussain *et al.*, 2018).

La perte de la biodiversité réduit les apports de la nature aux populations des montagnes et des plaines (figure 6.19) (Grêt-Regamey, Brunner et Kienast, 2012). La dégradation des écosystèmes de montagne entraînera des changements dans la qualité de l'air et la régulation du climat se traduisant notamment par une séquestration réduite des GES (Ward *et al.*, 2014). Au nombre des menaces pour les communautés locales, on peut citer la perte de la sécurité alimentaire, de plantes médicinales, de l'approvisionnement en eau et de sa qualité, ainsi qu'une exposition accrue aux risques associés aux glissements de terrain, à la sédimentation des rivières et aux inondations, ce qui modifie les moyens de subsistance de ces populations et la couverture terrestre (Eriksson *et al.*, 2009 ; Khan *et al.*, 2013 ; Young, 2014). Dans quelques zones de montagne (dont les Andes et l'Himalaya), l'utilisation traditionnelle des espèces perdure, alors que dans les Alpes, les changements d'affectation des terres ont entraîné la perte de connaissances ethnobotaniques (Khan *et al.*, 2013). La fonte des glaciers a des répercussions sur la sécurité hydrique, certaines populations des pays d'Asie du Sud étant tributaires du débit des cours d'eau de l'Himalaya occidental, mais aussi des portions centrales et orientales de ce massif (Khan *et al.*, 2013 ; voir l'encadré 6.7). Le changement d'affectation des terres pourrait également avoir un coût économique élevé. Au Népal, par exemple, on a constaté une réduction de 75 % des avantages économiques des loisirs en nature à la suite du remplacement de la forêt de montagne par des cultures (Thapa *et al.*, 2016).

6.6.8 Les régions polaires

La biodiversité des régions de l'Arctique et de l'Antarctique est soumise à un stress particulier (Bennett *et al.*, 2015 ; voir la section 4.3.2). Bon nombre d'espèces indigènes connaissent un déclin. La hausse des températures et les espèces envahissantes, en particulier dans la péninsule subantarctique et antarctique, exercent de fortes pressions (Hughes, Cowan et Wilmotte, 2015 ; Amesbury *et al.*, 2017). Le développement industriel, la pollution et les perturbations locales sont aussi la source de pressions (Conservation of Arctic Flora and Fauna [CAFF], 2013), les régions polaires ayant une fonction de puits pour de nombreux polluants anthropiques tels que les POP et d'autres produits chimiques organiques de synthèse (Alava *et al.*, 2017).



Encadré 6.7 : Le changement climatique et la nécessité d'une adaptation fondée sur les écosystèmes: le cas de l'Hindou-Kouch-Himalaya

Si le changement climatique peut apporter certains avantages aux régions montagneuses (par exemple, l'allongement des saisons de culture), les effets négatifs sont prépondérants. Selon les prévisions, la variabilité accrue des régimes de précipitations (y compris la variabilité de la mousson et la fréquence croissante des pluies extrêmes) associée à la fonte des glaces fera croître les risques d'inondation (charriant des roches, des sédiments et des débris), de glissement de terrain, d'incendie, d'érosion des sols et de propagation de maladies hydriques et à transmission vectorielle (Ebi *et al.*, 2007 ; Armstrong, 2010 ; Ahmed et Suphachalasai, 2014). Les effets potentiellement dévastateurs des inondations dues au déversement brusque de lacs glaciaires, dont la fréquence a augmenté depuis le milieu du XX^e siècle, sont particulièrement préoccupants (Armstrong, 2010 ; Centre international pour le développement intégré des montagnes, 2011).

La vaste région montagneuse de l'Hindou-Kouch-Himalaya, qui s'étend de l'est du Népal et du Bhoutan jusqu'au nord de l'Afghanistan, est l'une des zones recouvertes de glaciers et de pergélisol les plus étendues de la planète. Ses ressources en eau qu'elle contient s'écoulent dans dix des plus grands fleuves d'Asie, dont plus de 1,3 milliard de personnes tirent leurs moyens de subsistance et dont un nombre bien plus grand encore utilise l'eau et les autres ressources (Eriksson *et al.*, 2009). L'Hindou-Kouch-Himalaya est reconnu comme étant une région unique, riche en biodiversité, qui présente des caractéristiques topographiques et des défis socio-économiques et environnementaux tout aussi singuliers. Le rythme accéléré du réchauffement, la fonte des glaciers et les répercussions connexes sur les systèmes hydrologiques figurent parmi les défis les plus pressants pour cet écosystème montagneux unique (Gerlitz *et al.*, 2017). Il est essentiel d'intégrer ces effets macroclimatiques dans les plans de conservation de la fragile biodiversité de la région.



Les changements substantiels qui devraient survenir dans les inlandsis de l'Antarctique d'ici la fin du siècle pourraient avoir des conséquences considérables à l'échelle mondiale (Chown *et al.*, 2017 ; voir la section 4.3.2). D'après la plupart des scénarios climatiques, l'Arctique devrait être libre de glace en été à l'horizon 2050 (GIEC, 2013, p. 1090), même si des vestiges de glace pluriannuelle subsisteront au large des côtes du Canada et de l'Alaska. Le retrait de la glace de mer entraînera probablement des changements écologiques majeurs liés aux phénomènes suivants :

- a) la hausse de la productivité primaire causée par la quantité accrue d'eau libre et par la hausse du débit d'eau douce charriant des nutriments ;
- b) un changement comparable dans la source et la qualité de la nourriture pour les espèces des niveaux trophiques supérieurs, tels le krill, le poisson et les mammifères marins (Frey *et al.*, 2016 ; Alsos *et al.*, 2016) ;
- c) l'afflux de nouvelles espèces dans les régions polaires, associé à une évolution de la productivité et des interrelations du réseau alimentaire, à mesure que les systèmes de glace côtière et marine des régions polaires favoriseront la prolifération printanière hâtive des microalgues et l'allongement de leur période de croissance (Potts *et al.*, 2016).

L'abondance moyenne des vertébrés de l'Arctique s'est accrue de 1970 à 1990, puis elle est demeurée assez stable jusqu'en 2007, d'après les mesures issues de l'Arctic Species Trend Index (McRae *et al.*, 2012 ; CAFF, 2013). Toutefois, certaines ressources alimentaires sont perdues dans les zones où le volume de la glace de mer diminue, ce qui pose des risques pour la santé d'espèces telles que le morse, la mouette blanche, l'ours polaire et le phoque du Groenland de la mer de Barents (CAFF, 2017). Les populations de manchots – un groupe d'espèces qui fait l'objet d'un suivi régulier dans l'Antarctique – ont évolué depuis un siècle, et un déclin a été constaté dans certaines colonies de gorfous dorés, de manchots d'Adélie et de manchots à jugulaire (Trathan, Lynch et Fraser, 2016).

Il est probable qu'en raison d'une productivité plus élevée, les peuples et communautés circumpolaires bénéficieront d'une disponibilité accrue de certaines ressources naturelles (Arrigo, 2014), mais les changements dans les conditions de chasse auront une incidence négative sur les Inuits et sur d'autres groupes qui comptent sur la chasse au phoque et sur les autres sources de nourriture traditionnelles auxquelles la glace de mer donne accès. Certains effets négatifs se font déjà sentir. Par exemple, la mortalité massive de phoques et de morses survenue dans l'Arctique pacifique en 2011 a affecté les sources de nourriture de communautés autochtones des États-Unis, du Canada et de la Russie (CAFF, 2017). Le réveil de bactéries et virus pathogènes en état de dormance associé au dégel du pergélisol fait planer une menace directe pour la santé humaine (Sutherland *et al.*, 2018).

L'ouverture de nouvelles zones de pêche potentielles, l'exploitation du pétrole et du gaz et le transport maritime pourraient entraîner des conflits à l'avenir, notamment en ce qui concerne l'exploitation économique, la gouvernance, les intérêts culturels et les zones marines protégées. Étant donné que l'Antarctique ne compte ni populations autochtones ni communautés locales et qu'il n'entre pas dans le champ d'application du Protocole de Nagoya à la CDB, le partage équitable des avantages de la biodiversité pour les populations, y compris les avantages tirés de la bioprospection, pose un défi particulier qui n'a pas été totalement pris en compte par le Système du Traité sur l'Antarctique (Chown *et al.*, 2017).

6.7 Réponses

Un large éventail d'approches de gouvernance et d'instruments politiques aident à contrer la perte de la biodiversité. Leur

efficacité et des exemples spécifiques sont examinés au chapitre 13.

6.7.1 La Convention sur la diversité biologique

La CDB, la principale convention mondiale sur la diversité biologique intervenue ces dernières décennies, comporte trois objectifs principaux : la conservation de la biodiversité ; l'utilisation durable de ses éléments ; et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'utilisation des ressources génétiques. Comptant 196 Parties en 2018, la CDB établit des normes internationales et offre aux États un cadre de coopération, de partage de renseignements et de coordination des politiques. En 2010, les États membres ont adopté le Plan stratégique 2011-2020 pour la biodiversité, ainsi que les Objectifs d'Aichi pour la diversité biologique, un ensemble d'objectifs spécifiques, exhaustifs et ambitieux qui ont ensuite été repris dans de nombreux objectifs de développement durable (ODD) de l'ONU. L'évaluation à mi-parcours des progrès accomplis dans la mise en œuvre des Objectifs d'Aichi pour la diversité biologique conclut que des progrès ont été certes accomplis, mais qu'ils sont insuffisants pour réaliser ces objectifs à l'horizon 2020 (SCDB, 2014).

Le Protocole de Cartagena sur la biosécurité de la CDB, qui porte sur le transfert international d'organismes vivants modifiés (OVM), exige un accord préalable et « éclairé » du pays importateur avant tout échange d'OVM, ce qui inclut les OGM tels que les semences. Le Protocole de Nagoya sur l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation à la CDB établit un cadre pour l'accès aux ressources génétiques et le partage des avantages découlant de leur utilisation, y compris le transfert des technologies pertinentes, qui vise directement à freiner la biopiraterie et à promouvoir l'équité dans les futurs accords de bioprospection. En date de mai 2018, il a été ratifié par 105 pays. Le SCDB joue un rôle clé dans la sensibilisation et l'organisation d'ateliers régionaux et d'autres exercices de renforcement des capacités.

Une importante exigence obligatoire des Parties à la CDB tient à l'engagement de produire des stratégies et plans d'action nationaux pour la biodiversité (SPANB) assortis de cibles connexes (voir la section 13.1). Le Fonds pour l'environnement mondial (FEM), par l'entremise de son guichet d'activités habilitantes, fournit aux Parties admissibles un soutien qui porte principalement sur la révision ou la mise à jour de leurs SPANB au regard du Plan stratégique 2011-2020 pour la biodiversité de la CDB et des Objectifs d'Aichi pour la diversité biologique. Ce soutien est fourni dans le cadre du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et du PNUÉ, qui en sont les principaux organes d'exécution (Pisupati et Prip, 2015). La CDB soutient l'élaboration de stratégies et de plans d'action sur la biodiversité et de plans régionaux (supranationaux) en la matière ; elle collabore également avec d'autres accords multilatéraux clés sur l'environnement dont le mandat a des liens avec la biodiversité, telle la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (voir l'encadré 6.8 et l'annexe 6-1).

6.7.2 La Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques

En 2012, l'IPBES a été officiellement créée avec pour mission affichée de « renforcer l'interface science-politique pour la biodiversité et les services écosystémiques [les apports de la nature aux populations] pour la conservation et l'utilisation



Encadré 6.8 : Le commerce international des espèces sauvages et la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction



La Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) est entrée en vigueur en 1975 et comptait 183 Parties en 2018. Le commerce international de la flore et de la faune rapporte des milliards de dollars et met en jeu des centaines de millions d'espèces et de parties d'espèces, notamment des produits alimentaires, des ornements artistiques et de nombreux médicaments traditionnels (Broad, Mulliken et Roe, 2003 ; Rosen et Smith, 2010). Aujourd'hui, la Convention accorde divers degrés de protection à plus de 35 000 espèces végétales et animales (CITES, 2018).

Les espèces inscrites à la CITES qui font l'objet d'un commerce transfrontalier sont soumises à des contrôles par le biais d'un système d'octroi de licences géré par les pays membres. Les espèces de la CITES figurent dans trois annexes jointes à la Convention: l'annexe I assure un degré de protection maximal, interdisant effectivement tout commerce de spécimens d'espèces morts ou vivants prélevés en milieu sauvage ; le commerce des spécimens figurant à l'annexe II est strictement réglementé ; quant à l'annexe III, elle indique qu'un pays a sollicité unilatéralement l'aide d'autres Parties pour contrôler le commerce d'une espèce, sous réserve de la réglementation en vigueur sur son territoire.

Le programme de la CITES est ambitieux et la Convention n'est pas auto-exécutoire : les Parties doivent appliquer et faire respecter ses dispositions dans le cadre de leur législation nationale. Cette tâche difficile nécessite d'importantes ressources en matière d'éducation et d'application, et la corruption peut poser problème (Bennett, 2015).

« durable de la biodiversité, le bien-être humain à long terme et le développement durable ». L'IPBES est organisée sous les auspices de quatre entités de l'ONU – le PNUE, l'UNESCO, la FAO et le PNUD – et est administrée par le PNUE. En juin 2018, son effectif comptait 130 gouvernements ainsi qu'un certain nombre de groupes importants de parties prenantes.

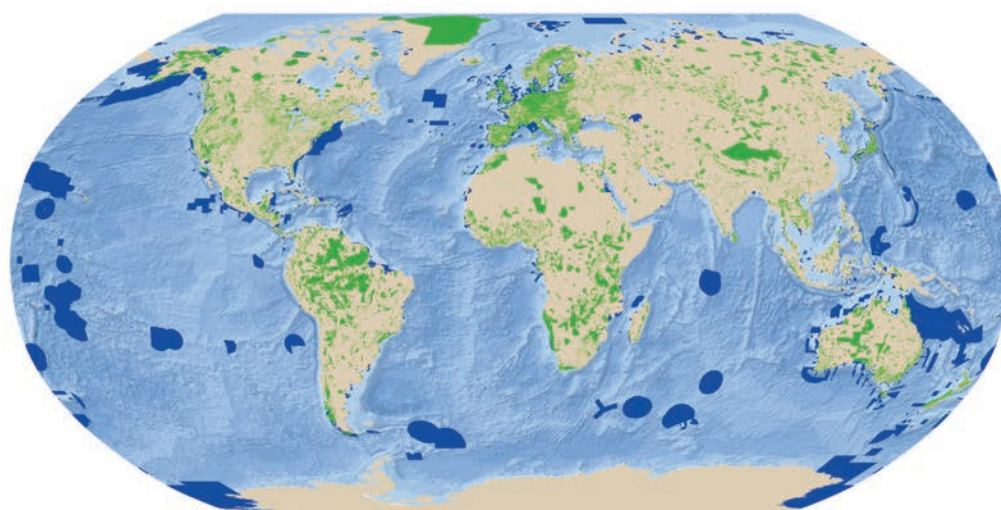
6.7.3 Les aires protégées

Les aires protégées ont réussi à réduire la perte d'habitats (objectif 5 d'Aichi pour la diversité biologique) et ont contribué à atténuer le risque d'extinction de certaines espèces cibles (objectif 12 d'Aichi) (UNEP-WCMC et UICN, 2018). Toutefois, en dépit des preuves manifestes selon lesquelles l'investissement dans la conservation

peut aider à réduire la perte de la biodiversité (Geldmann *et al.*, 2013 ; Waldron *et al.*, 2017), moins de 15 % des eaux terrestres et intérieures du monde, moins de 11 % des zones côtières et marines sous juridiction nationale et moins de 4 % des océans du monde sont couverts par des aires protégées (**figure 6.20**) (UNEP-WCMC et UICN, 2018 ; Sala *et al.*, 2018). En outre, le tiers de la superficie terrestre contenue dans les limites des aires protégées est déjà dégradé par des impacts humains (Jones *et al.*, 2018).

Tout en procurant des avantages sur le plan de la biodiversité, les aires protégées peuvent avoir des effets potentiellement négatifs sur les moyens de subsistance des communautés locales, en raison de la réduction de l'accès aux ressources naturelles ou du manque de soutien au développement des immobilisations

Figure 6.20 : Les aires protégées du monde



Les aires protégées du monde

■ Aires protégées terrestres ■ Aires protégées marines et côtières

Source : UNEP-WCMC et UICN (2018).



Encadré 6.9 : La conservation de la biodiversité et la pauvreté

Il est de plus en plus admis que la perte de la biodiversité et la pauvreté sont des problèmes étroitement liés, bien que la recherche de solutions à l'un ne règle pas automatiquement l'autre (SCDB, 2010 ; Suich, Howe et Mace, 2015). En effet, certaines approches visant à protéger une espèce ou une zone naturelle en particulier exacerbent l'inégalité d'accès aux ressources naturelles et imposent un fardeau disproportionné à des populations déjà vulnérables (Dowie, 2009 ; Sylvester, Segura et Davidson-Hunt, 2016). La justice intergénérationnelle est un autre thème important, étant donné que la perte de la biodiversité appauvrira les générations futures à plus d'un titre, notamment en réduisant leur capacité à compter sur un monde naturel riche en biodiversité et à s'identifier avec lui.

La conservation de la biodiversité est probablement plus efficace dans les programmes qui intègrent avec succès le soutien social et écologique, et les avantages qui en découlent sont plus susceptibles d'être directement accessibles aux populations humaines locales (Figurel, Durán et Bray, 2011 ; Persha, Agrawal et Chhatre, 2011 ; Fischer *et al.*, 2017).

culturelles, sociales, financières, naturelles, humaines, physiques et politiques (Bennett et Dearden, 2014). Il peut en résulter une gestion inefficace, des problèmes d'équité, un manque de responsabilisation ou des conflits (Halpern *et al.*, 2014 ; Watson *et al.*, 2014 ; Di Minin et Toivonen 2015 ; Eklund et Cabeza 2017 ; voir également l'encadré 6.9). L'engagement actif des communautés autochtones et locales dans le processus de prise de décision s'est révélé très efficace pour remédier à ces déséquilibres (encadré 6.10). L'analyse des taux de déforestation révèle que ceux-ci sont parfois nettement plus bas dans les forêts gérées par des communautés que dans les aires faisant l'objet d'une protection stricte (Porter-Bolland *et al.*, 2012). L'élaboration d'une approche plus inclusive et intégrée établissant des liens entre les communautés et les administrations nationale, régionale et provinciale pour le développement durable s'est avérée très efficace (voir l'étude de cas sur les zones marines gérées localement aux îles Fidji, à la section 13.2.1). De plus en plus, les apports et les actions collectives des communautés autochtones et locales présentent un potentiel de généralisation, éclairent les pratiques nationales et internationales et offrent une approche pratique de la gouvernance comme solution de rechange à l'élaboration de politiques descendantes (du haut vers le bas).

6.7.4 Autres approches

Bon nombre d'autres approches ont vu le jour pour faire face à la perte de la biodiversité et réagir aux forces motrices connexes. Les compensations de la biodiversité créent des avantages de la biodiversité afin de compenser les pertes (Gordon *et al.*, 2015 ; Apostolopoulou et Adams, 2017). Des programmes de compensation controversés, car reposant sur la monétisation de la nature (Adams, 2014 ; Costanza *et al.*, 2017) ont été élaborés dans bon nombre de pays depuis dix ans. L'évaluation monétaire peut servir utilement à étayer des instruments politiques – telle

l'évaluation socio-économique des politiques et investissements publics – et les incitations économiques – tels le paiement des services écosystémiques, les permis et les régimes fiscaux (Bateman *et al.*, 2013 ; Gaworecki, 2017). Le Système de comptabilité environnementale et économique de l'ONU (Comptabilité expérimentale des écosystèmes), mis au point en 2012, est un autre instrument économique. Des exemples de comptabilité des écosystèmes ont été préparés (par exemple, dans l'État australien de Victoria, en Ouganda et au Royaume-Uni) (Eigenraam, Chua et Hasker, 2013 ; UNEP-WCMC et Institute for Development of Environmental-Economic Accounting, 2017 ; United Kingdom Office for National Statistics, 2018), et des initiatives visant à encourager son utilisation dans la planification ont été lancées (voir <https://www.wavespartnership.org> et <https://naturalcapitalcoalition.org>).

Les efforts de lutte contre la déforestation et la dégradation des forêts dans les pays en développement ont abouti, sous l'égide de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), à un accord international sur les orientations méthodologiques pour la mise en œuvre des activités relatives à la réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation forestière (REDD). Cet accord, qui porte également sur le rôle de la conservation, de la gestion durable des forêts et du renforcement des stocks de carbone forestier dans les pays en développement, est connu sous le nom de REDD+ (CCNUCC, 2018). La certification forestière – telle qu'elle est promue par le Forest Stewardship Council (<https://www.fsc.org>) et le Programme de reconnaissance des certifications forestières (<https://www.pefc.org>) – permet de bonifier le flux d'information vers les consommateurs. Elle prend en compte non seulement l'exploitation et l'extraction, mais également le bien-être social et économique des travailleurs et des communautés locales (par exemple, la certification de la gestion forestière en Indonésie ; Miteva, Loucks



Encadré 6.10 : Les gardes forestières d'Afrique du Sud

En 2015, l'unité anti-braconnage des Black Mambas, un groupe de gardes forestiers sud-africains majoritairement composé de femmes, a figuré parmi les lauréats du premier prix des Nations Unies pour l'environnement. Cette unité a été créée dans le but d'inciter les communautés locales établies à l'extérieur des parcs de conservation à protéger la biodiversité à l'intérieur des limites des parcs. Composée au départ de 26 diplômées du secondaire sans emploi, elle a, depuis son lancement en 2013, réduit de 76 % le nombre de pièges, retiré plus de 1 000 pièges et démantelé cinq camps de braconniers et deux sites de préparation de viande de brousse (ONU, 2015).

http://www.blackmambas.org/uploads/8/3/5/5/83556980/screen-shot-2016-07-18-at-4-34-38-pm_orig.png



©tree-7mm Olwage

et Pattanayak, 2015), ainsi qu'une prise de décision marquée par la transparence et la participation inclusive. Dans le cadre de la politique agricole commune de l'Union européenne, certains mécanismes ont été mis en place pour faire face aux problèmes environnementaux par la protection et la promotion de la biodiversité dans les campagnes européennes.

Dans les milieux urbains, le mouvement des « villes vertes » qui prend de l'ampleur dans les pays développés, mais aussi ailleurs (Hegazy, Seddik et Ibrahim, 2017), met l'accent sur la protection et l'expansion des forêts urbaines, des espaces verts et des parcs, ainsi que sur les avantages qu'ils procurent à la population en termes de loisirs et de qualité de l'air (Salbitano *et al.*, 2016), y compris une exposition accrue à la biodiversité microbienne, qui a son importance pour une réponse immunitaire saine (Lax, Nagler et Gilbert, 2015). L'engagement du public dans l'agriculture urbaine et les programmes spécifiquement axés sur l'apiculture et la conservation des oiseaux peuvent faciliter le contact avec la nature dans un cadre urbain. L'agriculture urbaine et périurbaine, lorsqu'elle se guide sur les principes de l'agroécologie tels que la réutilisation des déchets (ou des sous-produits) comme matières premières, favorise l'autosuffisance, l'égalité des sexes, la résilience aux catastrophes, la conservation de l'eau et des sols et la durabilité environnementale (FAO, 2001 ; van Veenhuizen, 2012).

De façon plus générale, l'adaptation fondée sur les écosystèmes (AfE) favorise la conservation, la gestion durable et la restauration des écosystèmes naturels pour aider les personnes et les collectivités à s'adapter au changement climatique (Cohen-Shacham *et al.*, 2016). Toutefois, l'intégration efficace de l'AfE est remise en cause par l'incertitude scientifique à l'échelle internationale et par des différends concernant les critères de priorisation (Ojeda, 2015 ; Bourne *et al.*, 2016).

La gouvernance des océans est particulièrement complexe. Les efforts actuels sont axés sur l'élaboration du texte d'un instrument international juridiquement contraignant, dans le cadre de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, portant sur la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité marine dans les zones au-delà de toute juridiction nationale.

6.8 Conclusion

Jamais auparavant nous n'avions eu un tel niveau de compréhension du monde naturel et des menaces qui pèsent sur son intégrité. Les nouvelles technologies nous ont permis d'acquérir une connaissance inégalée des différentes dimensions de la biodiversité, du génome au biome. Les principales pressions qui s'exercent sur la biodiversité sont de mieux en mieux comprises – la transformation de l'habitat et le changement d'affectation des terres, les espèces envahissantes, la pollution, la surexploitation (notamment le commerce illicite des espèces sauvages) et le changement climatique –, bien que chacun des biomes du monde soit confronté à des défis distincts qui reflètent son contexte géographique, écologique et socio-économique particulier. La perte de la biodiversité est exacerbée lorsqu'il existe une forte inégalité de la richesse, et elle constitue une menace grave pour la justice intergénérationnelle. Mais la volonté politique et sociale nécessaire pour préserver la biodiversité fait défaut. Certes, certaines réponses politiques ont démontré leur efficacité pour la promotion de la conservation de la biodiversité, mais les tendances négatives persistantes dans presque tous les aspects de la biodiversité confirment la nécessité d'une action plus concertée. Des populations d'espèces sauvages sont en voie de disparition, ce qui réduit leur potentiel d'adaptation. On estime que le taux actuel d'extinction des espèces est d'un ordre de grandeur supérieur aux taux de référence – certains scientifiques laissant entendre que nous pourrions entrer dans un sixième événement d'extinction massive –, et les écosystèmes se dégradent de plus en plus.

Il est urgent d'accroître les investissements dans la conservation à l'échelle mondiale. Une attention accrue au renforcement des systèmes de gouvernance ; l'amélioration des cadres politiques par la recherche ; l'intégration, la mise en œuvre et l'application efficace des politiques adoptées ; l'encouragement des partenariats et de la participation : voilà autant de mesures susceptibles de répondre aux pressions les plus fortes sur la biodiversité. Les efforts de lutte contre la perte de la biodiversité doivent également porter sur l'éradication de la pauvreté, l'inégalité entre les sexes, la corruption systémique dans les structures de gouvernance et d'autres variables sociales. Le cheminement vers la conservation de la biodiversité mondiale et vers des solutions pour une utilisation durable est long, mais essentiel. L'humanité en dépend pour soutenir les apports de la nature aux populations et l'épanouissement de la santé et du développement.





Références

- Abson, D.J., Fraser, E.D.G. et Benton, T.G. (2013). Landscape diversity and the resilience of agricultural returns: A portfolio analysis of land-use patterns and economic returns from lowland agriculture. *Agriculture & Food Security* 2(2). <https://doi.org/10.1186/2048-7010-2-2>.
- Adams, W.M. (2014). The value of valuing nature. *Science* 346(6209), 549. <https://doi.org/10.1126/science.1255997>.
- Agrawal, A., Cashore, B., Hardin, R., Shepherd, G., Benson, C. et Miller, D. (2013). Economic contributions of forests. Dixième session du Forum des Nations Unies sur les Forêts. Istanbul, 8-19 avril. Forum des Nations Unies sur les Forêts.
- Ahmed, M. et Suphachalasai, S. (2014). *Assessing the Costs of Climate Change and Adaptation in South Asia*. Manille: Banque asiatique de développement. <https://think-asia.org/bitstream/handle/11540/46/assessing-costs-climate-change-and-adaptation-south-asia.pdf>.
- Aide, T.M., Clark, M.L., Grau, H.R., López-Carr, D., Levy, M.A., Redo, D. et al. (2013). Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001-2010). *Biotropica* 45(2), 262-271. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00908.x>.
- Akner, M.M., Demirci, B., Babuadze, G., Robert, V. et Schaffner, F. (2016). Spread of the invasive mosquito *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in the Black Sea region increases risk of chikungunya, dengue, and Zika outbreaks in Europe. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 10(4), e004664. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.004664>.
- Alamgir, M., Campbell, M.J., Sloan, S., Goosem, M., Clements, G.R., Mahmoud, M.I. et al. (2017). Economic, socio-political and environmental risks of road development in the tropics. *Current Biology* 27(20), R1130-R1140. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.08.067>.
- Alava, J.J., Cheung, W.W.L., Ross, P.S. et Sumalla, U.R. (2017). Climate change-contaminant interactions in marine food webs: Toward a conceptual framework. *Global Change Biology* 23(10), 3984-4001. <https://doi.org/10.1111/gcb.13667>.
- Alexander, P., Rounsevell, M.D.A., Dislich, C., Dodson, J.R., Engström, K. et Moran, D. (2015). Drivers for global agricultural land use change: The nexus of diet, population, yield and bioenergy. *Global Environmental Change* 35, 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.08.011>.
- Alexandratos, N. et Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision*. ESA Working Paper No. 12-03. Rome: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>.
- Almond, R.E.A., Butchart, S.H.M., Oldfield, T.E.E., McRae, L. et de Bie, S. (2013). Exploitation indices: Developing global and national metrics of wildlife use and trade. Dans Collen, B., Pettorelli, N., Baillie, J.E.M. et Durant, S.M. (dir.). *Biodiversity Monitoring and Conservation: Bridging the Gap between Global Commitment and Local Action*. Oxford: Wiley-Blackwell. Chapitre 8. 159-188. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781118490747.ch8>.
- Aloy, J. (2017). Effects of habitat disturbance on tropical forest biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(23), 6056-6061. <https://doi.org/10.1073/pnas.1611855114>.
- Alsos, I.G., Ehrlich, D., Seidenkrantz, M.-S., Bennike, O., Kirchhefer, A.J. et Geirsdottir, A. (2016). The role of sea ice for vascular plant dispersal in the Arctic. *Biology Letters* 12(9). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0264>.
- Amesbury, M.J., Roland, T.P., Royles, J., Hodgson, D.A., Convey, P., Griffiths, H. et al. (2017). Widespread biological response to rapid warming on the Antarctic Peninsula. *Current Biology* 27(11), 1616-1622. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.04.034>.
- Apostolopoulou, E. et Adams, W.M. (2017). Biodiversity offsetting and conservation: Reframing nature to save it. *Oryx* 51(1), 23-31. <https://doi.org/10.1017/S0030605315000782>.
- Araújo, C.V.M. et Cedeño-Macias, L.A. (2016). Heavy metals in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) landed on the Ecuadorian coast. *Science of the Total Environment* 541, 149-154. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.090>.
- Armstrong, R.L. (2010). *The Glaciers of the Hindu Kush-Himalayan Region: A Summary of the Science regarding Glacier Melt/Retreat in the Himalayan, Hindu Kush, Karakoram, Pamir, and Tien Shan Mountain Ranges*. Katmandou: Centre international pour le développement intégré des montagnes. http://lib.icimod.org/record/26917/files/attachment_734.pdf.
- Arrigo, K.R. (2014). Sea ice ecosystems. *Annual Review of Marine Science* 6, 439-467. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135103>.
- Assan, J.K., Caminade, C. et Obeng, F. (2009). Environmental variability and vulnerable livelihoods: Minimising risks and optimising opportunities for poverty alleviation. *Journal of International Development* 21(3), 403-418. <https://doi.org/10.1002/ijd.1563>.
- Aukema, J.E., Leung, B., Kovacs, K., Chivers, C., Britton, K.O., Englin, J. et al. (2011). Economic impacts of non-native forest insects in the continental United States. *PLoS One* 6(9), e24587. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024587>.
- Baccini, A., Walker, W., Carvalho, L., Farina, M., Sulla-Menashe, D. et Houghton, R.A. (2017). Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss. *Science* 358(6360), 230-234. <https://doi.org/10.1126/science.aam5962>.
- Barbier, E.B., Moreno-Mateos, D., Rogers, A.D., Aronson, J., Pendleton, L., Danovaro, R. et al. (2014). Ecology: Protect the deep sea. *Nature* 505(7484), 475-477. <https://www.nature.com/news/ecology-protect-the-deep-sea-1.14547>.
- Barnosky, A.D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G.O.U., Swartz, B., Quental, T.B. et al. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471(7336), 51-57. <https://doi.org/10.1038/nature09678>.
- Bartomeus, I., Ascher, J.S., Gibbs, J., Danforth, B.N., Wagner, D.L., Hedtke, S.M. et al. (2013). Historical changes in northeastern US bee pollinators related to shared ecological traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(12), 4656-4660. <https://doi.org/10.1073/pnas.1218503110>.
- Bateman, I.J., Harwood, A.R., Mace, G.M., Watson, R.T., Abson, D.J., Andrews, B. et al. (2013). Bringing ecosystem services into economic decision-making: Land use in the United Kingdom. *Science* 341(6141), 45. <https://doi.org/10.1126/science.1234379>.
- Begna, D. (2015). Assessment of pesticides use and its economic impact on the apiculture subsector in selected districts of Amhara Region, Ethiopia. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology* 5(3), 267. <https://doi.org/10.4172/2161-0525.1000267>.
- Bellard, C., Cassey, P. et Blackburn, T.M. (2016). Alien species as a driver of recent extinctions. *Biology Letters* 12(2). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623>.
- Bennett, E.L. (2015). Legal ivory trade in a corrupt world and its impact on African elephant populations. *Conservation Biology* 29(1), 54-60. <https://doi.org/10.1111/cobi.12377>.
- Bennett, J.R., Shaw, J.D., Terauds, A., Smol, J.P., Aerts, R., Bergstrom, D.M. et al. (2015). Polar lessons learned: Long-term management based on shared threats in Arctic and Antarctic environments. *Frontiers in Ecology and the Environment* 13(6), 316-324. <https://doi.org/10.1890/140315>.
- Bennett, N.J. et Dearden, P. (2014). Why local people do not support conservation: Community perceptions of marine protected area livelihood impacts, governance and management in Thailand. *Marine Policy* 44, 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.08.017>.
- Bergman, A., Heindel, J.J., Jobling, S., Kidd, K.A. et Zoeller, R.T. (dir.) (2013). *State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals - 2012*. Genève: Programme des Nations Unies pour l'environnement et Organisation mondiale de la Santé. http://www.who.int/iris/bitstream/10665/78101/1/9789241505031_eng.pdf?ua=1.
- Bhutan, S. (2013). *Re-searching Agriculture in South Asia: The Law and Policy Context for Agricultural Research and Development and Its Impact on Smallholder Farmers*. Londres: Institut international pour l'environnement et le développement. [https://www.fao.org/docs/eims/upload/313113/FINAL%20Re-Searching%20Agriculture%20\(2\).pdf](https://www.fao.org/docs/eims/upload/313113/FINAL%20Re-Searching%20Agriculture%20(2).pdf).
- Black, R., Adger, W.N., Arnell, N.W., Dercon, S., Geddes, A. et Thomas, D. (2011). The effect of environmental change on human migration. *Global Environmental Change* 21(Supplement 1), S3-S11. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.001>.
- Bourne, A., Holness, S., Holden, P., Scorgie, S., Donatti, C.I. et Midgley, G. (2016). A socio-ecological approach for identifying and contextualising spatial ecosystem-based adaptation priorities at the sub-national level. *PLoS One* 11(5), e0155235. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155235>.
- Bouwman, A.F., Beusen, A.H.W., Overbeek, C.C., Bureau, D.P., Pawlowski, M. et Gilbert, P.M. (2013). Hindcasts and future projections of global inland and coastal nitrogen and phosphorus loads due to fish aquaculture. *Reviews in Fisheries Science* 21(2), 112-156. <https://doi.org/10.1080/10641262.2013.790340>.
- Brenton-Rule, E.C., Barbieri, R.F. et Lester, P.J. (2016). Corruption, development and governance indicators predict invasive species risk from trade. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283(1832). <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0901>.
- Broad, S., Mulliken, T. et Roe, D. (2003). The nature and extent of legal and illegal trade in wildlife. Dans Oldfield, S. (dir.). *The Trade in Wildlife: Regulation for Conservation*. Londres: Earthscan. Chapitre 1. 3-22.
- Brockerhoff, E.G., Barbaro, L., Castagnyrol, B., Forrester, D.I., Gardiner, B., González-Olabarria, J.R. et al. (2017). Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. *Biodiversity and Conservation* 26(13), 3005-3035. <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1453-2>.
- Brooks, B.W., Lazorchak, J.M., Howard, M.D.A., Johnson, M.-V.V., Morton, S.L., Perkins, D.A.K. et al. (2016). Are harmful algal blooms becoming the greatest inland water quality threat to public health and aquatic ecosystems? *Environmental Toxicology and Chemistry* 35(1), 6-13. <https://doi.org/10.1002/etc.3220>.
- Bruford, M.W., Davies, N., Dullo, M.E., Faith, D.P. et Walters, M. (2017). Monitoring changes in genetic diversity. Dans Walters, M. et Scholes, R. (dir.). *The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks*. Cham: Springer. 107-128. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-27288-7_5.
- Butt, N., Beyer, H.L., Bennett, J.R., Biggs, D., Maggini, R., Mills, M. et al. (2013). Biodiversity risks from fossil fuel extraction. *Science* 342(6157), 425-426. <https://doi.org/10.1126/science.1237261>.
- Cable, J., Barber, I., Boag, B., Ellison, A.R., Morgan, E.R., Murray, K. et al. (2017). Global change, parasite transmission and disease control: Lessons from ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372(1719). <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0088>.
- Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., Venail, P. et al. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486(7401), 59-67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>.
- Ceballos, G., Ehrlich, P.R., Barnosky, A.D., Garcia, A., Pringle, R.M. et Palmer, T.M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances* 1(5), e1400253. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253>.
- Ceballos, G., Ehrlich, P.R. et Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(30), E6089-E6096. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>.
- Centre international pour le développement intégré des montagnes (2011). *Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods in Nepal*. Katmandou. https://lib.icimod.org/record/27755/files/icimod-glacial_lakes_and_glacial_lake_outburst_floods_in_nepal.pdf.
- Centres pour le contrôle et la prévention des maladies (États-Unis) (2017). *Zoonotic Diseases*. <https://www.cdc.gov/onehealth/basics/zoonotic-diseases.html>.
- Chen, I.C., Hill, J.K., Ohlemüller, R., Roy, D.B. et Thomas, C.D. (2011). Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333(6045). <https://doi.org/10.1126/science.1206432>.
- Chettri, N. (2015). Reconciling mountain biodiversity conservation in a changing climate: A Hindu Kush-Himalayan perspective. *Conservation Science* 2(1), 17-27. <https://doi.org/10.3126/cs.v2i1.13766>.
- Chown, S.L., Brooks, C.M., Terauds, A., Le Bohec, C., van Klaveren-Impagliazzo, C., Whittington, J.D. et al. (2017). Antarctica and the strategic plan for biodiversity. *PLoS Biology* 15(3), e2001656. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2001656>.
- Clark, N.E., Lovell, R., Wheeler, B.W., Higgins, S.L., Depledge, M.H. et Norris, K. (2014). Biodiversity, cultural pathways, and human health: A framework. *Trends in Ecology & Evolution* 29(4), 198-204. <https://www.doi.org/10.1016/j.tree.2014.01.009>.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G.M., Janzen, C. et Maginnis, S. (2016). *Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges*. Gland: Union internationale pour la conservation de la nature. https://www.researchgate.net/profile/Emmanuelle_Cohen-Shacham/publication/307608144_Nature-based_Solutions_to_address_global_societal_challenges/links/57cd67f408ae59a25189ca7a.pdf.
- Collen, B., Böhm, M., Kemp, R. et Baillie, J.E.M. (2012). *Spineless: Status and Trends of the World's Invertebrates*. Londres: Zoological Society of London. <https://www.zsl.org/sites/default/files/media/2014/02/spineless-report.pdf>.
- Collen, B., Whittton, F., Dyer, E.E., Baillie, J.E.M., Cumberlidge, N., Darwall, W.R.T. et al. (2014). Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global Ecology and Biogeography* 23(1), 40-51. <https://doi.org/10.1111/geb.12096>.
- Conservation of Arctic Flora and Fauna (2013). *Arctic Biodiversity Assessment: Status and Trends in Arctic Biodiversity*. Akureyri. <http://arcticcc.org/assets/resources/ABA2013Science.pdf>.
- Conservation of Arctic Flora and Fauna (2017). *State of the Arctic Marine Biodiversity: Key Findings and Advice for Monitoring*. Akureyri. https://oaarchive.arctic-council.org/bitstream/handle/11374/1955/SAMBR_Summary_avril_2017_LR.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (2018). *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation and the Role of Conservation, Sustainable Management of Forests and Enhancement of Forest Carbon Stocks in Developing Countries (REDD+)*. <https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/reddplus>.



- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (2017). *Global Land Outlook*. Bonn. https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/GLO%20English_Full_Report_rev1.pdf.
- Convention sur la diversité biologique (2014). *Les voies d'introduction des espèces envahissantes, leur classement par ordre de priorité et leur gestion*. Organe subsidiaire chargé de fournir des avis scientifiques, techniques et technologiques. UNEP/CBD/SBSTTA/18/9/Add.1. <https://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-18/official/sbstta-18-09-add1-fr.pdf>.
- Convention sur la diversité biologique (2016). *Décision adoptée par la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique. XIII/17. Biologie synthétique*. Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique. CBD/COP/DEC/XIII/17. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-13/cop-13-dec-17-fr.pdf>.
- Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (2018). *La CITES en bref*. <https://www.cites.org/tra/disc/what.php>.
- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, L., Fioramonti, L., Sutton, P. et al. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services* 28, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>.
- Costello, C., Ovando, D., Clavelle, T., Strauss, C.K., Hilborn, R., Melnychuk, M.C. et al. (2016). Global fishery prospects under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(18), 5125-5129. <https://doi.org/10.1073/pnas.1520420113>.
- Cuba-Díaz, M., Troncoso, J.M., Cordero, C., Finot, V.L. et Rondanelli-Reyes, M. (2013). *Juncus bufonius*, a new non-native vascular plant in King George Island, South Shetland Islands. *Antarctic Science* 25(3), 385-386. <https://doi.org/10.1017/S0954102012000958>.
- Dangal, S.R.S., Tian, H., Zhang, B., Pan, S., Lu, C. et Yang, J. (2017). Methane emission from global livestock sector during 1890-2014: Magnitude, trends and spatiotemporal patterns. *Global Change Biology* 23(10), 4147-4161. <https://doi.org/10.1111/gcb.13709>.
- Department of Environmental Affairs (Afrique du Sud) (2016). *Rhino Poaching Statistics Update 2007-2015*. https://www.environment.gov.za/projectsprogrammes/rhiodialogues/poaching_statistics (consulté le 2 avril 2017).
- Di Minin, E. et Toivonen, T. (2015). Global protected area expansion: Creating more than paper parks. *BioScience* 65(7), 637-638. <https://doi.org/10.1093/biosci/biv064>.
- Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., Vynne, C., Burgess, N.D., Wikramanayake, E. et al. (2017). An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. *BioScience* 67(6), 534-545. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix014>.
- Dirzo, R., Young, H.S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N.J.B. et Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345(6195), 401-406. <https://doi.org/10.1126/science.1251817>.
- Dixon, M.J.R., Loh, J., Davidson, N.C., Beltrame, C., Freeman, R. et Walpole, M. (2016). Tracking global change in ecosystem area: The Wetland Extent Trends index. *Biological Conservation* 193, 27-35. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.10.023>.
- Djoudi, H., Vergès, E., Blackie, R.R., Koame, C.K. et Gautier, D. (2015). Dry forests, livelihoods and poverty alleviation: Understanding current trends. *International Forestry Review* 17(Supplement 2), 54-69. <https://doi.org/10.1505/146554815815834868>.
- Doherty, T.S., Glen, A.S., Nimmo, D.G., Ritchie, E.G. et Dickman, C.R. (2016). Invasive predators and global biodiversity loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(40), 11261-11265. <https://doi.org/10.1073/pnas.1602480113>.
- Downie, M. (2009). *Conservation Refugees: The Hundred-Year Conflict between Global Conservation and Native Peoples*. Cambridge, MA: MIT Press. http://web.mnstate.edu/robertsb/307/Articles/Conservation_Refugees_Intro.pdf.
- Duffy, G.A., Coetzee, B.W.T., Latombe, G., Akerman, A.H., McGeoch, M.A. et Chown, S.L. (2017). Barriers to globally invasive species are weakening across the Antarctic. *Diversity and Distributions* 23(9), 982-996. <https://doi.org/10.1111/ddi.12593>.
- Early, R., Bradley, B.A., Dukes, J.S., Lawler, J.J., Olden, J.D., Blumenthal, D.M. et al. (2016). Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nature Communications* 7, 12485. <https://doi.org/10.1038/ncomms12485>.
- Ebi, K.L., Woodruff, R., von Hildebrand, A. et Corvalan, C. (2007). Climate change-related health impacts in the Hindu Kush-Himalayas. *EcoHealth* 4(3), 264-270. <https://doi.org/10.1007/s10393-007-0119-z>.
- Eigenraam, M., Chua, J. et Hasker, J. (2013). *Environmental-Economic Accounting: Victorian Experimental Ecosystem Accounts*. Version 1.0. Ministère de la Durabilité et de l'Environnement, État de Victoria. https://www.researchgate.net/profile/Mark_Eigenraam2/publication/273692801_Environmental-Economic_Accounting_Victorian_Experimental_Ecosystem_Accounts_Version_1_0/links/550881190cf2d7a28129f415/Environmental-Economic_Accounting-Victorian-Experimental-Ecosystem-Accounts-Version-10.pdf.
- Ejigu, K., Adgaba, N. et Bekele, W. (2008). The role of women, and indigenous knowledge in Ethiopian beekeeping. *Bees for Development Journal* 86. <http://www.beesfordevelopment.org/media/2656/bfdj86-women-ethiopia008.pdf>.
- Eklund, J. et Cabeza, M. (2017). Quality of governance and effectiveness of protected areas: Crucial concepts for conservation planning. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1399(1), 27-41. <https://doi.org/10.1111/nyas.13284>.
- Emmerson, M., Morales, M.B., Oñate, J.J., Batáry, P., Berendse, F., Liira, J. et al. (2016). How agricultural intensification affects biodiversity and ecosystem services. Dans Dumbrell, A.J., Kordas, R.L. et Woodward, G. (dir.). *Advances in Ecological Research* 55, 43-97. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065250416300204>.
- Engelbrecht, C.J. et Engelbrecht, F.A. (2016). Shifts in Köppen-Geiger climate zones over southern Africa in relation to key global temperature goals. *Theoretical and Applied Climatology* 123(1-2), 247-261. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1354-1>.
- Epple, C. et Dunning, E. (2014). *Ecosystem Resilience to Climate Change: What Is It and How Can It Be Addressed in the Context of Climate Change Adaptation?* Cambridge: Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature du Programme des Nations Unies pour l'environnement. https://www.unep-wcmc.org/system/dataset_file_fields/files/000/000/288/original/Ecosystem_resilience_to_climate_change_formatted_20141219.pdf?1419260116.
- Eriksson, M., Xu, J., Shrestha, A.B., Vaidya, R.A., Santosh, N. et Sandström, K. (2009). *The Changing Himalayas: Impact of Climate Change on Water Resources and Livelihoods in the Greater Himalayas*. Katmandou: Centre international pour le développement intégré des montagnes. <https://www.preventionweb.net/publications/view/11621>.
- Figel, J.J., Durán, E. et Bray, D.B. (2011). Conservation of the jaguar *Panthera onca* in a community-dominated landscape in montane forests in Oaxaca, Mexico. *Oryx* 45(4), 554-560. <https://doi.org/10.1017/S0030605310001353>.
- Fischer, J., Abson, D.J., Bergsten, A., Collier, N.F., Dorrestein, I., Hanspach, J. et al. (2017). Reframing the food: Biodiversity challenge. *Trends in Ecology & Evolution* 32(5), 335-345. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.02.009>.
- Foale, S., Adhuri, D., Aliño, P., Allison, E.H., Andrew, N., Cohen, P. et al. (2013). Food security and the Coral Triangle Initiative. *Marine Policy* 38, 174-183. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.05.033>.
- Foley, J.A., Asner, G.P., Costa, M.H., Coe, M.T., DeFries, R., Gibbs, H.K. et al. (2007). Amazonia revealed: Forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(1), 25-32. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[25:ARFDAL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[25:ARFDAL]2.0.CO;2).
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M. et al. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478(7369), 337-342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>.
- Fonds mondial pour la nature (2013). *Chitwan-Annapurna Landscape: A Rapid Assessment*. Katmandou. https://wwfasia.awsassets.panda.org/downloads/chal_rapid_assessment.pdf.
- Fonds mondial pour la nature (2015). *Living Blue Planet Report: Species, Habitats and Human Well-Being*. Gland. <https://www.wwf.org/jp/activities/data/201508311BPT.pdf>.
- Fonds mondial pour la nature (2016). *Living Planet Report 2016: Risk and Resilience in a New Era*. Gland. https://awsassets.panda.org/downloads/lpr_living_planet_report_2016.pdf.
- Fonds mondial pour la nature (2018). *Living Planet Report 2018: Aiming Higher*. Gland. https://c402277.ssl.cf1.rackcdn.com/publications/1187/files/original/LPR2018_Full_Report_Spreads.pdf.
- Fonds mondial pour la nature, Zoological Society of London, Global Footprint Network et European Space Agency (2012). *Living Planet Report 2012: Biodiversity, Biocapacity and Better Choices*. Gland: WWF International. <https://c402277.ssl.cf1.rackcdn.com/publications/333/files/original/Living-Planet-Report-2012-Biodiversity-biocapacity-and-better-choices.pdf?1345733116>.
- Formace, K.M., Abidin, T.R., Alexander, N., Brock, P., Grigg, M.J., Murphy, A. et al. (2016). Association between landscape factors and spatial patterns of *Plasmodium knowlesi* infections in Sabah, Malaysia. *Emerging Infectious Diseases* 22(2), 201-209. <https://doi.org/10.3201/eid2202.150656>.
- Foster, S., Swann, R.L. et Furness, R.W. (2017). Can changes in fishery landings explain long-term population trends in gulls? *Bird Study* 64(1), 90-97. <https://doi.org/10.1080/00063657.2016.1274287>.
- Frey, K.E., Comiso J.C., Cooper, L.W., Gradinger, R.R., Grebmeier, J.M. et Tremblay, J.-É. (2016). Arctic Ocean primary productivity. *Arctic Ocean Card: Update for 2016*. <https://arctic.noaa.gov/Report-Card/Report-Card-2016/ArtMid/5022/ArticleID/284/Arctic-Ocean-Primary-Productivity>.
- Galié, A., Jiggins, J., Struik, P.C., Grando, S. et Ceccarelli, S. (2017). Women's empowerment through seed improvement and seed governance: Evidence from participatory barley breeding in pre-war Syria. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* 81, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2017.01.002>.
- Garnfeldt, L., Snäll, T., Bagchi, R., Jonsson, M., Gustafsson, L., Kjellander, P. et al. (2013). Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature Communications* 4(1340). <https://doi.org/10.1038/ncomms2328>.
- Gang, C., Zhou, W., Chen, Y., Wang, Z., Sun, Z., Li, J. et al. (2014). Quantitative assessment of the contributions of climate change and human activities on global grassland degradation. *Environmental Earth Sciences* 72(11), 4273-4282. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3322-6>.
- Gavrilescu, M., Demnerová, K., Aamand, J., Agathos, S. et Fava, F. (2015). Emerging pollutants in the environment: Present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation. *New Biotechnology* 32(1), 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2014.01.001>.
- Gaworecki, M. (2017). Cash for conservation: Do payments for ecosystem services work? *Mongabay Series: Conservation Effectiveness*. <https://news.mongabay.com/2017/10/cash-for-conservation-do-payments-for-ecosystem-services-work/>.
- Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I.D., Hockings, M. et Burgess, N.D. (2013). Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biological Conservation* 161, 230-238. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.02.018>.
- Genovesi, P., Carnevali, L. et Scalerà, R. (2015). *The Impact of Invasive Alien Species on Native Threatened Species in Europe*. Technical report for the European Commission. Rome: Institute for Environmental Protection and Research. <https://www.isprambiente.gov.it/files/notizie-ispra/notizie-2015/the-impact-of-invasive-alien-species-on-native-threatened-species-in-europe/the-impact-of-invasive-alien-species-on-native-threatened-species-in-europe>.
- Gerlitz, J.-Y., Macchi, M., Brooks, N., Pandey, R., Banerjee, S. et Jha, S.K. (2017). The multidimensional livelihood vulnerability index: An instrument to measure livelihood vulnerability to change in the Hindu Kush Himalayas. *Climate and Development* 9(2), 124-140. <https://doi.org/10.1080/17565529.2016.1145099>.
- Ghazi, T.W., Muniruzzaman, A.N.M. et Singh, A.K. (2016). *Climate Change & Security in South Asia: Cooperating for Peace*. Global Military Advisory Council on Climate Change. http://gmacc.org/wp-content/uploads/2016/05/Climate_Change_and_Security_in_South_Asia.pdf.
- Gordon, A., Bull, J.W., Wilcox, C. et Maron, M. (2015). FORUM: Perverse incentives risk undermining biodiversity offset policies. *Journal of Applied Ecology* 52(2), 532-537. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12398>.
- Green Economy Coalition (2012). *The Green Economy Pocketbook: The Case for Action*. Londres. http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/The_Green_Economy_Pocketbook_The_case_for_action_GEC.pdf.
- Grêt-Regamey, A., Brunner, S.H. et Kienast, F. (2012). Mountain ecosystem services: Who cares? *Mountain Research and Development* 32, S23-S34. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-10-00115.S1>.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. et al. (dir.). Cambridge. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. et al. (dir.). Cambridge. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>.
- Groupe international d'experts sur les systèmes alimentaires durables (2016). *De l'uniformité à la diversité: changer de paradigme pour passer de l'agriculture industrielle à des systèmes agroécologiques diversifiés*. http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/Uniformitea%20Diversite_IPES_FR_Full_web.pdf.
- Groupe mixte d'experts sur les aspects scientifiques de la protection du milieu marin (2015). *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment*. Kershaw, P.J. (dir.). Londres: Organisation maritime internationale. http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status-descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf.
- Grytnes, J.-A., Kapfer, J., Jurasinski, G., Birks, H.H., Henriksen, H., Klanderud, K. et al. (2014). Identifying the driving factors behind observed elevational range shifts on European mountains. *Global Ecology and Biogeography* 23(8), 876-884. <https://doi.org/10.1111/gcb.12170>.
- Guerra, C.A., Snow, R.W. et Hay, S.I. (2006). A global assessment of closed forests, deforestation and malaria risk. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* 100(3), 189-204. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3204444/>.
- Haines-Young, R. et Potschin, M. (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. Dans Raffaelli, D.G. et Frid, C.L.J. (dir.), *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. Cambridge: Cambridge University Press. Chapitre 6. 110-139. https://www.nottingham.ac.uk/cem/pdf/Haines-Young&Potschin_2010.pdf.



- Hallmann, C.A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H. et al. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One* 12(10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>.
- Halpern, B.S. (2014). Making marine protected areas work. *Nature* 506, 167-168. <https://doi.org/10.1038/nature13053>.
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A. et al. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* 342(6160), 850-853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>.
- Hara, K., Zhao, Y., Tomita, M., Kamagata, N. et al. (2016). Impact of the Great East Japan Earthquake and tsunami on coastal vegetation and landscapes in Northeast Japan: Findings based on remotely sensed data analysis. Dans Urabe J. et Nakashizuka, T. (dir.). *Ecological Impacts of Tsunamis on Coastal Ecosystems*. Tokyo: Springer. 253-269. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-56448-5_16.
- Harrison, P.A., Berry, P.M., Simpson, G., Haslett, J.R., Blicharska, M., Bucur, M. et al. (2014). Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. *Ecosystem Services* 9, 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.05.006>.
- He, F., Zarfl, C., Bremerich, V., Henshaw, A., Darwall, W., Tockner, K. et al. (2017). Disappearing giants: A review of threats to freshwater megafauna. *WIREs Water* 4(3), e1208. <https://doi.org/10.1002/wat2.1208>.
- Hegazy, I., Seddik, W. et Ibrahim, H. (2017). Towards green cities in developing countries: Egyptian new cities as a case study. *International Journal of Low-Carbon Technologies* 12(4), 358-368. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctw009>.
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E. et al. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318(5857), 1737-1742. <https://doi.org/10.1126/science.1152509>.
- Hoffmann, M., Brooks, T.M., Butchart, S.H.M., Gregory, R.D. et al. (2018). Trends in biodiversity: Vertebrates. *Encyclopedia of the Anthropocene* 3, 175-184. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.00963-8>.
- Houspanossian, J., Giménez, R., Jobbágy, E. et Noretto, M. (2017). Surface albedo raise in the South American Chaco: Combined effects of deforestation and agricultural changes. *Agricultural and Forest Meteorology* 232, 118-127. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.08.015>.
- Hughes, K.A., Cowan, D.A. et Wilmutte, A. (2015). Protection of Antarctic microbial communities: «Out of sight, out of mind». *Frontiers in Microbiology* 6(151). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00151>.
- Hughes, T.P., Kerry, J.T., Álvarez-Roig, M., Álvarez-Romero, J.G., Anderson, K.D., Baird, A.H. et al. (2017). Global warming and recent mass bleaching of corals. *Nature* 543(7645), 373-377. <https://doi.org/10.1038/nature21707>.
- Hunt, S.K., Galatowitsch, M.L. et McIntosh, A.R. (2017). Interactive effects of land use, temperature, and predators determine native and invasive mosquito distributions. *Freshwater Biology* 62(9), 1564-1577. <https://doi.org/10.1111/fwb.12967>.
- Hussain, R.I., Walcher, R., Brandl, D., Arnberger, A., Zaller, J.G. et Frank, T. (2018). Efficiency of two methods of sampling used to assess the abundance and species diversity of adult *Syrphidae* (Diptera) in mountainous meadows in the Austrian and Swiss Alps. *European Journal of Entomology* 115, 150-156. <https://doi.org/10.14411/eje.2018.014>.
- Hussain, R.I., Walcher, R., Brandl, D., Jernej, I., Arnberger, A., Zaller, J.G. et al. (2017). Influence of abandonment on syrphid assemblages in mountainous meadows. *Journal of Applied Entomology* 142(4), 450-456. <https://doi.org/10.1111/jen.12482>.
- Innis, L. et Simcock, A. (dir.) (2016). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. New York: http://www.un.org/depts/los/global_reporting/WOA_RegProcess.htm.
- Johansen, J.L. et Jones, G.P. (2011). Increasing ocean temperature reduces the metabolic performance and swimming ability of coral reef damselfishes. *Global Change Biology* 17(9), 2971-2979. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02436.x>.
- Jones, K.R., Venter, O., Fuller, R.A., Allan, J.R., Maxwell, S.L., Negret, P.J. et al. (2018). One-third of global protected land is under intense human pressure. *Science* 360(6390), 788-791. <https://doi.org/10.1126/science.aap9565>.
- Karesh, W.B., Dobson, A., Lloyd-Smith, J.O., Lubroth, J., Dixon, M.A., Bennett, M. et al. (2012). Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories. *The Lancet* 380(9857), 1936-1945. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61678-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61678-X).
- Keesing, F. et Young, T.P. (2014). Cascading consequences of the loss of large mammals in an African savanna. *BioScience* 64(6), 487-495. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu059>.
- Kehoe, L., Romero-Muñoz, A., Polaina, E., Estes, L., Kreff, H. et Kuemmerle, T. (2017). Biodiversity at risk under future cropland expansion and intensification. *Nature Ecology & Evolution* 1(8), 1129-1135. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0234-3>.
- Keith, D.A., Rodriguez, J.P., Brooks, T.M., Burgman, M.A., Barrow, E.G., Bland, L. et al. (2015). The IUCN Red List of Ecosystems: Motivations, challenges, and applications. *Conservation Letters* 8(3), 214-226. <https://doi.org/10.1111/coln.12167>.
- Keith, D.A., Rodriguez, J.P., Rodriguez-Clark, K.M., Nicholson, E., Aapala, K., Alonso, A. et al. (2013). Scientific foundations for an IUCN Red List of Ecosystems. *PLoS One* 8(5), e62111. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062111>.
- Kelly, T.R., Karesh, W.B., Johnson, C.K., Gilardi, K.V.K., Anthony, S.J., Goldstein, T. et al. (2017). One Health proof of concept: Bringing a transdisciplinary approach to surveillance for zoonotic viruses at the human-wild animal interface. *Preventive Veterinary Medicine* 137, 112-118. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.11.023>.
- Kettunen, M., Genovesi, P., Gollasch, S., Pagad, S., Starfinger, U., ten Brink, P. et al. (2009). *Technical Support to EU Strategy on Invasive Alien Species (IAS): Assessment of the Impacts of IAS in Europe and the EU*. Bruxelles: Institut pour la politique européenne de l'environnement. http://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/docs/Kettunen2009_IAS_Task%201.pdf.
- Khan, S.M., Page, S.E., Ahmad, H. et Harper, D.M. (2013). Sustainable utilization and conservation of plant biodiversity in montane ecosystems: The western Himalayas as a case study. *Annals of Botany* 112(3), 479-501. <https://doi.org/10.1093/aob/mct125>.
- Kharouba, H.M., Ehlrlén, J., Gelman, A., Bolmgren, K., Allen, J.M., Travers, S.E. et al. (2018). Global shifts in the phenological synchrony of species interactions over recent decades. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115(20), 5211-5216. <https://doi.org/10.1073/pnas.1714511115>.
- Khoury, C.K., Bjorkman, A.D., Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis, A. et al. (2014). Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(11), 4001-4006. <https://doi.org/10.1073/pnas.1313490111>.
- Klinger, D. et Naylor, R. (2012). Searching for solutions in aquaculture: Charting a sustainable course. *Annual Review of Environment and Resources* 37(1), 247-276. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-021111-161531>.
- Knapp, S., Schweiger, O., Kraberg, A., Asmus, H., Asmus, R., Brey, T. et al. (2017). Do drivers of biodiversity change differ in importance across marine and terrestrial systems – Or is it just different research communities' perspectives? *Science of the Total Environment* 574, 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.002>.
- Kulmatov, R. (2009). Modern problems in using, protecting, and managing water and land resources of the Aral Sea Basin. Dans Qi, J. et Evered, K.T. (dir.). *Environmental Problems of Central Asia and their Economic, Social and Security Impacts*. Dordrecht: Springer. 15-30. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-8960-2_2.
- Kumsa, T. et Gofu, B. (2014). Beekeeping as integrated watershed conservation and climatic change adaptation: An action research in Boredo watershed. *Journal of Earth Science & Climatic Change* 5(7), 213. <https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000213>.
- Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N. et al. (2017). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet* 391(10119), 462-512. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0).
- Laurance, W.F., Sayer, J. et Cassman, K.G. (2014). Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends in Ecology & Evolution* 29(2), 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.12.001>.
- Lavoie, R.A., Jardine, T.D., Chumchal, M.M., Kidd, K.A. et Campbell, L.M. (2013). Biomagnification of mercury in aquatic food webs: A worldwide meta-analysis. *Environmental Science & Technology* 47(23), 13385-13394. <https://doi.org/10.1021/es403103i>.
- Lax, S., Nagler, C.R. et Gilbert, J.A. (2015). Our interface with the built environment: Immunity and the indoor microbiota. *Trends in Immunology* 36(3), 121-123. <https://doi.org/10.1016/j.it.2015.01.001>.
- Leadley, P.W., Krug, C.B., Alkemade, R., Pereira, H.M., Sumalla, U.R., Walpole, M. et al. (2014). *Progress towards the Aichi Biodiversity Targets: An Assessment of Biodiversity Trends, Policy Scenarios and Key Actions*. Technical Series 78. Montréal: Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-78-en.pdf>.
- Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Foran, B., Lobefero, L. et Geschke, A. (2012). International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature* 486, 109-112. <https://doi.org/10.1038/nature11145>.
- Lewisohn, R.L., Crowder, L.B., Wallace, B.P., Moore, J.E., Cox, T., Zydelski, R. et al. (2014). Global patterns of marine mammal, seabird, and sea turtle bycatch reveal taxa-specific and cumulative megafauna hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. <https://doi.org/10.1073/pnas.1318960111>.
- Li, Y., Hallerman, E.M., Liu, Q., Wu, K. et Peng, Y. (2015). The development and status of *Bt* rice in China. *Plant Biotechnology Journal* 14(3), 839-848. <https://doi.org/10.1111/pbi.12464>.
- Low, P.S. (2013). Economic and social impacts of desertification, land degradation and drought: White paper 1. *Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification*. 2nd Scientific Conference. Bonn, 9-12 avril. Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification https://profiles.unbi.ac.ke/manaia/files/unccd_white_paper_1.pdf.
- Lyver, P., Perez, E., Carneiro da Cunha, M. et Roué, M. (dir.) (2015). *Indigenous and Local Knowledge about Pollination and Pollinators Associated with Food Production: Outcomes from the Global Dialogue Workshop*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000233811>.
- MacDougall, A.S., McCann, K.S., Gellner, G. et Turkington, R. (2013). Diversity loss with persistent human disturbance increases vulnerability to ecosystem collapse. *Nature* 494(7435), 86-89. <https://doi.org/10.1038/nature11869>.
- Mace, G.M., Norris, K. et Fitter, A.H. (2012). Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution* 27(1), 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006>.
- Malaj, E., von der Ohe, P.C., Grote, M., Kühne, R., Mondy, C.P., Usseglio-Polatera, P. et al. (2014). Organic chemicals jeopardize the health of freshwater ecosystems on the continental scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(26), 9549-9554. <https://doi.org/10.1073/pnas.1321082111>.
- Malihi, Y., Doughty, C.E., Galetti, M., Smith, F.A., Svenning, J.-C. et Terborgh, J.W. (2016). Megafauna and ecosystem function from the Pleistocene to the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(4), 838-846. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502540113>.
- Marlow, J. (2017). The virus hunters. *Undark*. <https://undark.org/article/virus-hunters-ebola-usaid-predict/>.
- Maxwell, S.L., Fuller, R.A., Brooks, T.M. et Watson, J.E.M. (2016). Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature* 536(7615), 143-145. <https://doi.org/10.1038/536143a>.
- McCaulley, D.J., Pinsky, M.L., Palumbi, S.R., Estes, J.A., Joyce, F.H. et Warner, R.R. (2015). Marine defaunation: Animal loss in the global ocean. *Science* 347(6219), 1255641. <https://doi.org/10.1126/science.1255641>.
- McRae, L., Böhm, M., Deinet, S., Gill, M. et Collen, B. (2012). The Arctic Species Trend Index: Using vertebrate population trends to monitor the health of a rapidly changing ecosystem. *Biodiversity* 13(3-4), 144-156. <https://doi.org/10.1080/14888386.2012.705085>.
- McRae, L., Deinet, S. et Freeman, R. (2017). The diversity-weighted Living Planet Index: Controlling for taxonomic bias in a global biodiversity indicator. *PLoS One* 12(1), e0169156. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169156>.
- Mekonnen, M.M. et Hoekstra, A.Y. (2015). Global gray water footprint and water pollution levels related to anthropogenic nitrogen loads to fresh water. *Environmental Science & Technology* 49(21), 12860-12868. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03191>.
- Midgley, G.F. et Bond, W.J. (2015). Future of African terrestrial biodiversity and ecosystems under anthropogenic climate change. *Nature Climate Change* 5(9), 823-829. <https://doi.org/10.1038/nclimate2753>.
- Ministério do Meio Ambiente (Brasil) (2015). *TerraClass: Projeto TerraClass Cerrado mapeamento do uso e cobertura vegetal do Cerrado*. <http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/index.php>.
- Miteva, D.A., Loucks, C.J. et Pattanayak, S.K. (2015). Social and environmental impacts of forest management certification in Indonesia. *PLoS One* 10(7), e0129675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129675>.
- Miura, O., Sasaki, Y. et Chiba, S. (2012). Destruction of populations of *Batillaria atramentaria* (Caenogastropoda: Batillariidae) by tsunami waves of the 2011 Tohoku earthquake. *Journal of Molluscan Studies* 78(4), 377-380. <https://doi.org/10.1093/mollus/eyso25>.
- Molina-Montenegro, M.A., Carrasco-Urra, F., Rodrigo, C., Convey, P., Valladares, F. et Gianoli, E. (2012). Occurrence of the non-native annual bluegrass on the Antarctic mainland and its negative effects on native plants. *Conservation Biology* 26(4), 717-723. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01865.x>.
- Mudd, G.M. (2010). The environmental sustainability of mining in Australia: Key mega-trends and looming constraints. *Resources Policy* 35(2), 98-115. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2009.12.001>.
- Nackley, L.L., West, A.G., Skowron, A.L. et Bond, W.J. (2017). The nebulous ecology of native invasions. *Trends in Ecology & Evolution* 32(11), 814-824. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.08.003>.
- Naem, S., Chazdon, R., Duffy, J.E., Prager, C. et Worm, B. (2016). Biodiversity and human well-being: An essential link for sustainable development. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283(1844). <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2091>.
- Newbold, T., Hudson, L.N., Arnell, A.P., Contu, S., De Palma, A., Ferrier, S. et al. (2016). Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science* 353(6296), 288-291. <https://doi.org/10.1126/science.1250017>.



- Newbold, T., Hudson, L.N., Hill, S.L.L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R.A. et al. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature* 520(7545), 45-50. <https://doi.org/10.1038/nature14324>.
- Nordlund, L.M., Koch, E.W., Barbier, E.B. et Creed, J.C. (2016). Seagrass ecosystem services and their variability across genera and geographical regions. *PLoS One* 12(1), e0169942. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163091>.
- O'Connor, D. et Ford, J. (2014). Increasing the effectiveness of the «Great Green Wall» as an adaptation to the effects of climate change and desertification in the Sahel. *Sustainability* 6(10), 7142-7154. <https://doi.org/10.3390/su6107142>.
- O'Dea, C.B., Anderson, S., Sullivan, T., Landers, D. et Casey, C.F. (2017). Impacts to ecosystem services from aquatic acidification: Using FEQS-CS to understand the impacts of air pollution. *Ecosphere* 8(5), e01807. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1807>.
- O'Neill, A.R., Badola, H.K., Dhyani, P.P. et Rana, S.K. (2017). Integrating ethnobiological knowledge into biodiversity conservation in the Eastern Himalayas. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 13(21), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s13002-017-0148-9>.
- Ocean Health Index (2017). *Habitat Destruction*. <http://www.oceanhealthindex.org/methodology/components/habitat-destruction>.
- Office des Nations Unies contre la drogue et le crime (2016). *World Wildlife Crime Report: Trafficking in Protected Species*. Vienne. https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/wildlife/World_Wildlife_Crime_Report_2016_final.pdf.
- Oh, B., Lee, K.J., Zaslavski, C., Yeung, A., Rosenthal, D., Larkey, L. et al. (2017). Health and well-being benefits of spending time in forests: Systematic review. *Environmental Health and Preventive Medicine* 22(7), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12199-017-0677-9>.
- Ojea, E. (2015). Challenges for mainstreaming ecosystem-based adaptation into the international climate agenda. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.03.006>.
- Olivero, J., Fa, J.E., Real, R., Márquez, A.L., Farfán, M.A., Vargas, J.M. et al. (2017). Recent loss of closed forests is associated with Ebola virus disease outbreaks. *Scientific Reports* 7(1), 14291. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14727-9>.
- Organisation des Nations Unies (1992). *Convention sur la diversité biologique*. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf>.
- Organisation des Nations Unies (2015). *Majority Female Ranger Unit from South Africa Wins Top UN Environmental Prize*. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2015/09/majority-female-ranger-unit-from-south-africa-wins-top-un-environmental-prize-2/>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2001). *Urban and Peri-urban Agriculture: A Briefing Guide for the Successful Implementation of Urban and Peri-urban Agriculture in Developing Countries and Countries of Transition*. Handbook Series. Rome. http://www.fao.org/fileadmin/templates/FCIT/PDF/briefing_guide.pdf.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2015a). *Coping with Climate Change: The Roles of Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome. <http://www.fao.org/3/a/13866e.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2015b). *FAOSTAT-Forestry Database: Global Production and Trade of Forest Products in 2015*. Rome. <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2016). *Sustainable Wildlife Management and Gender*. Rome. <http://www.fao.org/3/a/16574e.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2018a). *Objectifs de développement durable: Indicateur 2.5.2 - Proportion des variétés et races locales considérées comme exposées à un risque d'extinction*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/252/fr/>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2018b). *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2018: atteindre les objectifs de développement durable*. Rome. <http://www.fao.org/publications/card/fr/c/19540FR>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2018c). *La situation des forêts du monde 2018: les forêts au service du développement durable*. Rome. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/19535FR>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et Platform for Agrobiodiversity Research (2011). *Biodiversity for Food and Agriculture: Contributing to Food Security and Sustainability in a Changing World*. Rome. http://www.fao.org/fileadmin/templates/biodiversity/paia/PAR-FAO-book_fr.pdf.
- Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2014). *Addressing the Impacts of Harmful Algal Blooms on Water Security*. <https://en.unesco.org/news/addressing-impacts-harmful-algal-blooms-water-security>.
- Organisation mondiale de la santé et Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2015). *Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health. A State of Knowledge Review*. Genève. <https://www.cbd.int/health/SOK-biodiversity-en.pdf>.
- Ottinger, M., Clauss, K. et Kuenzer, C. (2016). Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments: A review. *Ocean & Coastal Management* 119, 244-266. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.10.015>.
- Pacifici, M., Foden, W.B., Visconti, P., Watson, J.E.M., Butchart, S.H.M., Kovacs, K.M. et al. (2015). Assessing species vulnerability to climate change. *Nature Climate Change* 5(3), 215-224. <https://doi.org/10.1038/nclimate2448>.
- Packer, J.G., Meyerson, L.A., Richardson, D.M., Brundu, G., Allen, W.J., Bhattarai, G.P. et al. (2017). Global networks for invasion science: Benefits, challenges and guidelines. *Biological Invasions* 19(4), 1081-1096. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1302-3>.
- Paini, D.R., Sheppard, A.W., Cook, D.C., De Barro, P.J., Worner, S.P. et Thomas, M.B. (2016). Global threat to agriculture from invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(27), 7575-7579. <https://doi.org/10.1073/pnas.1602205113>.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37, 637-669. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100>.
- Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Steensen, M. et al. (2017). Valuing nature's contributions to people: The IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27, 7-16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006>.
- Pauli, H., Gottfried, M., Dullinger, S., Abdaladze, O., Akhalkatsi, M., Alonso, J.L.B. et al. (2012). Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Science* 336(6079), 353-355. <https://doi.org/10.1126/science.1219033>.
- Payne, R.J., Dise, N.B., Field, C.D., Dore, A.J., Caporn, S.J.M. et Stevens, C.J. (2017). Nitrogen deposition and plant biodiversity: Past, present, and future. *Frontiers in Ecology and the Environment* 15(8), 431-436. <https://doi.org/10.1002/fee.1528>.
- Pejchar, L. et Mooney, H.A. (2009). Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends in Ecology & Evolution* 24(9), 497-504. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.016>.
- Persha, L., Agrawal, A. et Chhatre, A. (2011). Social and ecological synergy: Local rulemaking, forest livelihoods, and biodiversity conservation. *Science* 331(6024), 1606-1608. <https://doi.org/10.1126/science.1199343>.
- Phalan, B., Green, R.E., Dicks, L.V., Dotta, G., Feniuk, C., Lamb, A. et al. (2016). How can higher-yield farming help to spare nature? *Science* 351(6272), 450-451. <https://doi.org/10.1126/science.aad0055>.
- Piao, S., Tan, K., Nan, H., Ciais, P., Fang, J., Wang, T. et al. (2012). Impacts of climate and CO₂ changes on the vegetation growth and carbon balance of Qinghai-Tibetan grasslands over the past five decades. *Global and Planetary Change* 98-99, 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.08.009>.
- Pimm, S.L., Jenkins, C.N., Abell, R., Brooks, T.M., Gittleman, J.L., Joppa, L.N. et al. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science* 344(6187), 1246752. <https://doi.org/10.1126/science.1246752>.
- Pisupati, B. et Prip, C. (2015). *Interim Assessment of Revised National Biodiversity Strategies and Action Plans (NBSAPs)*. Cambridge: Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature du Programme des Nations Unies pour l'environnement. <https://www.cbd.int/doc/nbsap/interim-assessment-of-nbsaps.pdf>.
- Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (2013). *Decision IPBES-2/4: Conceptual framework for the Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. 9. https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/Decision%20IPBES_2_4.pdf.
- Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (2016). *The Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production*. Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V.L. et Ngo, H.T. (dir.). Bonn. <https://ipbes.net/assessment-reports/pollinators>.
- Platform for Agrobiodiversity Research (2013). *The Indigenous Pollinators Network*.
- Plieninger, T., van der Horst, D., Schleyer, C. et Bieling, C. (2014). Sustaining ecosystem services in cultural landscapes. *Ecology and Society* 19(2), 59. <https://doi.org/10.5751/ES-06159-190259>.
- Plowright, R.K., Eby, P., Hudson, P.J., Smith, I.L., Westcott, D., Bryden, W.L. et al. (2015). Ecological dynamics of emerging bat virus spillover. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282(1798), 20142124. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2124>.
- Porter-Bolland, L., Ellis, E.A., Guariguata, M.R., Ruiz-Mallén, I., Negrete-Yankelevich, S. et Reyes-García, V. (2012). Community managed forests and forest protected areas: An assessment of their conservation effectiveness across the tropics. *Forest Ecology and Management* 268, 6-17. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.05.034>.
- Post, E., Bhatt, U.S., Bitz, C.M., Brodie, J.F., Fulton, T.L., Hebblewhite, M. et al. (2013). Ecological consequences of sea-ice decline. *Science* 341(6145), 519-524. <https://doi.org/10.1126/science.1235225>.
- Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H.T., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D. et al. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature* 540, 220-229. <https://doi.org/10.1038/nature20588>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2012). *Global Environment Outlook 5: Environment for the Future We Want*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GEO5_report_full_en.pdf?isAllowed=yes&sequence=5.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2014). *UNEP Year Book 2014 Emerging Issues Update: Illegal Trade in Wildlife*. Nairobi. http://large.stanford.edu/courses/2015/ph240/chen-hf/docs/UNEP_YearBook_2014.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016a). *L'avenir de l'environnement mondial (GEO-6): Evaluation régionale pour l'Afrique*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7595/GEO6_evaluation_regionale_afrique.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016b). *GEO-6: Regional Assessment for Asia and the Pacific*. Nairobi: Programme des Nations Unies pour l'environnement. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7548/GEO_Asia_Pacific_201611.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016c). *GEO-6: Regional Assessment for Latin America and the Caribbean*. Nairobi: Programme des Nations Unies pour l'environnement. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7659/GEO_LAC_201611.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016d). *GEO-6: L'avenir de l'environnement mondial (GEO-6): Evaluation régionale pour l'Amérique du Nord*. Nairobi: Programme des Nations Unies pour l'environnement. <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7611/GEO6%20NORTH%20AMERICA-FRENCH.pdf>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016e). *GEO-6: Regional Assessment for Pan European Region*. Nairobi: Programme des Nations Unies pour l'environnement. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7735/unep_geo_regional_assessments_europe_16-07513_hires.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016f). *GEO-6: Regional Assessment for West Asia*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7668/GEO_West_Asia_201611.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature (2016a). *The State of Biodiversity in Africa: A Mid-term Review of Progress towards the Aichi Biodiversity Targets*. Cambridge: UNEP-WCMC.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance continue de la conservation de la nature (2016b). *The State of Biodiversity in Asia and the Pacific: A Mid-term Review of Progress towards the Aichi Biodiversity Targets*. Cambridge: UNEP-WCMC. http://www.unep-wcmc.org/system/comfy/cms/files/files/000/000/733/original/Biodiversity_Review_ASIA_PACIFIC.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature (2016c). *The State of Biodiversity in Latin America and the Caribbean: A Mid-term Review of Progress towards the Aichi Biodiversity Targets*. Cambridge: UNEP-WCMC. http://www.unep-wcmc.org/system/comfy/cms/files/files/000/000/734/original/Biodiversity_Review_LAC.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature (2016d). *The State of Biodiversity in West Asia: A Mid-term Review of Progress towards the Aichi Biodiversity Targets*. Cambridge: UNEP-WCMC. http://www.unep-wcmc.org/system/comfy/cms/files/files/000/000/732/original/Biodiversity_Review_WEST_ASIA.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature et Institute for Development of Environmental-Economic Accounting (2017). *Experimental Ecosystem Accounts for Uganda*. Cambridge. <https://www.unep-wcmc.org/resources-and-data/experimental-ecosystem-accounts-for-uganda>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature, Union internationale pour la conservation de la nature et National Geographic Society (2018). *Protected Planet Report 2018: Tracking Progress towards Global Targets for Protected Areas*. Gland. https://liverport.protectedplanet.net/pdf/Protected_Planet_Report_2018.pdf.
- Pulliam, J.R.C., Epstein, J.H., Dushoff, J., Rahman, S.A., Bunning, M., Jamaluddin, A.A. et al. (2011). Agricultural intensification, priming for persistence and the emergence of Nipah virus: A lethal bat-borne zoonosis. *Journal of the Royal Society Interface* 9(66). <https://doi.org/10.1098/rsif.2011.0223>.



- Pwyell, R.F., Heard, M.S., Woodcock, B.A., Hinsley, S., Ridding, L., Nowakowski, M. et al. (2015). Wildlife-friendly farming increases crop yield: Evidence for ecological intensification. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282(1816). <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1740>.
- Quinn, C.H., Stringer, L.C., Berman, R.J., Le, H.T.V., Msuya, F.E., Pezutti, J.C.B. et al. (2017). Unpacking changes in mangrove social-ecological systems: Lessons from Brazil, Zanzibar, and Vietnam. *Resources* 6(1), 14. <https://doi.org/10.3390/resources610014>.
- Rabitsch, W., Essl, F. et Schindler, S. (2017). The rise of non-native vectors and reservoirs of human diseases. Dans Vila, M. et Hulme, P. (dir.). *Impact of Biological Invasions on Ecosystems Services*. Cham: Springer. 263-275. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45121-3_17.
- Rapai, W. (2016). *Lake Invaders: Invasive Species and the Battle for the Future of the Great Lakes*. Detroit: Wayne State University Press. <https://www.wsupress.wayne.edu/books/detail/lake-invaders>.
- Rendón, L.M., Guhl, F., Cordovez, J.M. et Erazo, D. (2015). New scenarios of *Trypanosoma cruzi* transmission in the Orinoco region of Colombia. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 110(3), 283-288. <https://doi.org/10.1590/0074-02760140403>.
- Ricciardi, A., Blackburn, T.M., Carlton, J.T., Dick, J.T.A., Hulme, P.E., Iacarella, J.C. et al. (2017). Invasion science: A horizon scan of emerging challenges and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution* 32(6), 464-474. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.03.007>.
- Rochman, C.M., Hoh, E., Kurobe, T. et Teh, S.J. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports* 3(2623). <https://doi.org/10.1038/srep03263>.
- Rodrigues, A.S.L., Brooks, T.M., Butchart, S.H.M., Chanson, J., Cox, N., Hoffmann, M. et al. (2014). Spatially explicit trends in the global conservation status of vertebrates. *PLoS One* 10(3), e0121040. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113934>.
- Rodriguez, J.P., Keith, D.A., Rodríguez-Clark, K.M., Murray, N.J., Nicholson, E., Regan, T.J. et al. (2015). A practical guide to the application of the IUCN Red List of Ecosystems criteria. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 370(1662), 20140003. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0003>.
- Rosen, G.E. et Smith, K.F. (2010). Summarizing the evidence on the international trade in illegal wildlife. *EcoHealth* 7(1), 24-32. <https://doi.org/10.1007/s10393-010-0317-y>.
- Rótolo, G.C., Francis, C., Craviotto, R.M., Viglia, S., Pereyra, A. et Ulgiati, S. (2015). Time to re-think the GMO revolution in agriculture. *Ecological Informatics* 26, 35-49. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2014.05.002>.
- Royal Botanic Gardens Kew (2010). *Plants under Pressure: A Global Assessment. The First Report of the Sampled Red List Index for Plants*. Kew et Londres: Royal Botanic Gardens, Natural History Museum et IUCN. https://www.researchgate.net/publication/322682345_Plants_under_pressure_-_a_global_assessment_the_first_report_of_the_sampled_red_list_index_for_plants.
- Royal Botanic Gardens Kew (2016). *State of the World's Plants 2016*. https://stateoftheworldsplants.org/2016/report/sotwp_2016.pdf.
- Royal Botanic Gardens Kew (2017). *State of the World's Plants 2017*. https://stateoftheworldsplants.com/2017/report/SOTWP_2017.pdf.
- Sala, E., Lubchenco, J., Groud-Colvert, K., Novelli, C., Roberts, C. et Sumaila, U.R. (2018). Assessing real progress towards effective ocean protection. *Marine Policy* 91, 11-13. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.02.004>.
- Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M. et Chen, Y. (2016). *Guidelines on Urban and Peri-urban Forestry*. FAO Forestry Paper No. 178. Rome: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/3/a-6210e.pdf>.
- Scheffers, B.R., De Meester, L., Bridge, T.C.L., Hoffmann, A.A., Pandolfi, J.M., Corlett, R.T. et al. (2016). The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. *Science* 354(6313). <https://doi.org/10.1126/science.1247671>.
- Schlütte, G., Eckerstorfer, M., Rastelli, V., Reichenbecher, W., Restrepo-Vassalli, S., Ruohonen-Lehto, M. et al. (2017). Herbicide resistance and biodiversity: Agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. *Environmental Sciences Europe* 29(5). <https://doi.org/10.1186/s12302-016-0100-y>.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2010). *Linking Biodiversity Conservation and Poverty Alleviation: A State of Knowledge Review*. Montréal. <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-55-en.pdf>.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2012). *Cities and Biodiversity Outlook: Action and Policy. A Global Assessment of the Links between Urbanization, Biodiversity, and Ecosystem Services*. Montréal. <https://www.cbd.int/doc/health/cbo-action-policy-en.pdf>.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2013). Biodiversity is key to sustainable, efficient and nutritious food production. *Biodiversity for Food Security and Nutrition*, 5. Juillet. <https://www.cbd.int/doc/newsletters/development/news-dev-2015-2013-07-en.pdf>.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2014). *Perspectives mondiales de la diversité biologique: évaluation à mi-parcours des progrès accomplis dans la mise en œuvre du Plan stratégique pour la diversité biologique 2011-2020*. Montréal. <https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-fr-04.pdf>.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2015). *Synthetic Biology*. CBD Technical Series No. 82. Montréal. <https://www.cbd.int/ts/cbd-ts-82-en.pdf>.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2016). *Marine Debris: Understanding, Preventing and Mitigating the Significant Adverse Impacts on Marine and Coastal Biodiversity*. CBD Technical Series No. 83. Montréal. <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-83-en.pdf>.
- Seddon, N., Mace, G.M., Naeem, S., Tobias, J.A., Pigot, A.L., Cavanagh, R. et al. (2016). Biodiversity in the Anthropocene: Prospects and policy. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283(1844). <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2094>.
- Seebens, H., Blackburn, T.M., Dyer, E.E., Genovesi, P., Hulme, P.E., Jeschke, J.M. et al. (2017). No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications* 8, 14435. <https://doi.org/10.1038/ncomms14435>.
- Sehring, J. et Diebold, A. (2012). *From the Glaciers to the Areal Sea: Water Unites*. Trescher Verlag. https://www.researchgate.net/publication/319112234_From_the_Glaciers_to_the_Areal_Sea_Water_Unites.
- Serda, B., Zewudu, T., Dereje, M. et Aman, M. (2015). Beekeeping practices, production potential and challenges of bee keeping among beekeepers in Haramaya District, Eastern Ethiopia. *Journal of Veterinary Science & Technology* 6(5), 255. <https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000255>.
- Shen, M., Piao, S., Chen, X., An, S., Fu, Y.H., Wang, S. et al. (2016). Strong impacts of daily minimum temperature on the green-up date and summer greenness of the Tibetan Plateau. *Global Change Biology* 22(9), 3057-3066. <https://doi.org/10.1111/gcb.13301>.
- Shrestha, U.B., Gautam, S. et Bawa, K.S. (2012). Widespread climate change in the Himalayas and associated changes in local ecosystems. *PLoS One* 7(5), e36741. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036741>.
- Sibhatu, K.T., Krishna, V.V. et Qaim, M. (2015). Production diversity and dietary diversity in smallholder farm households. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(34), 10657-10662. <https://doi.org/10.1073/pnas.1510982112>.
- Smith, P., House, J.I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G. et al. (2016). Global change pressures on soils from land use and management. *Global Change Biology* 22(3), 1008-1028. <https://doi.org/10.1111/gcb.13068>.
- Sobrevilla, C. (2008). *The Role of Indigenous Peoples in Biodiversity Conservation: The Natural but Often Forgotten Partners*. Banque mondiale. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/995271468177530126/pdf/443000WP0BOX321conservation01PUBLIC1.pdf>.
- Southern African Development Community (2014). *Livestock Information Management System*. Southern African Development Community. <http://gisportal.sadc.int/lims-doi/>.
- Spatz, D.R., Zilliacus, K.M., Holmes, N.D., Butchart, S.H.M., Genovesi, P., Ceballos, G. et al. (2017). Globally threatened vertebrates on islands with invasive species. *Science Advances* 3(10). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1603080>.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M. et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223), 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>.
- Stevens, N., Lehmann, C.E.R., Murphy, B. P. et Durigan, G. (2017). Savanna woody encroachment is widespread across three continents. *Global Change Biology* 23(1), 235-244. <https://doi.org/10.1111/gcb.13409>.
- Stimson Center (2016). *Environmental Crime: Defining the Challenge as a Global Security Issue and Setting the Stage for Integrated Collaborative Solutions*. Stimson. <https://www.stimson.org/enviro-crime/> (consulté le 12 avril 2017).
- Stoett, P. (2018). Unearthing under-governed territory: Transnational environmental crime. Dans Durr, W., Larik, J. et Ponzio, R. (dir.). *Just Security in an Undergoverned World*. Oxford: Oxford University Press. 238-263. <https://oxford.universitypressscholarship.com/view/10.1093/osq/9780198805373.001.0001/osq-9780198805373-chapter-10>.
- Strayer, L.D. (2010). Alien species in fresh waters: Ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. *Freshwater Biology* 55(1), 152-174. <https://www.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02380.x>.
- Suich, H., Howe, C. et Mace, G. (2015). Ecosystem services and poverty alleviation: A review of the empirical links. *Ecosystem Services* 12, 137-147. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.02.005>.
- Sunday, J.M., Fabricius, K.E., Kroeker, K.J., Anderson, K.M., Brown, N.E., Barry, J.P. et al. (2017). Ocean acidification can mediate biodiversity shifts by changing biogenic habitat. *Nature Climate Change* 7, 81-85. <https://doi.org/10.1038/nclimate3161>.
- Sutherland, W.J., Butchart, S.H.M., Connor, B., Culshaw, C., Dicks, L.V., Dinsdale, J. et al. (2018). A 2018 horizon scan of emerging issues for global conservation and biological diversity. *Trends in Ecology & Evolution* 33(1), 47-58. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.11.006>.
- Sylvester, O., Segura, A.G. et Davidson-Hunt, I.J. (2016). The protection of forest biodiversity can conflict with food access for indigenous people. *Conservation & Society* 14(3), 279-290. <https://doi.org/10.4103/0972-4923.191157>.
- Thackeray, S.J., Henrys, P.A., Hemming, D., Bell, J.R., Botham, M.S., Burthe, S. et al. (2016). Phenological sensitivity to climate across taxa and trophic levels. *Nature* 535(7611), 241-245. <https://doi.org/10.1038/nature18608>.
- Thapa, I., Butchart, S.H.M., Gurung, H., Stattersfield, A.J., Thomas, D.H.L. et Birch, J.C. (2016). Using information on ecosystem services in Nepal to inform biodiversity conservation and local to national decision-making. *Oryx* 50(1), 147-155. <https://doi.org/10.1017/S003063514000088>.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. et Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(50), 20260-20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>.
- Tittensor, D.P., Walpole, M., Hill, S.L.L., Boyce, D.G., Britten, G.L., Burgess, N.D. et al. (2014). A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science* 346(6206), 241-244. <https://doi.org/10.1126/science.1257484>.
- Trathan, P.N., Lynch, H.J. et Fraser, W.R. (2016). Changes in penguin distribution over the Antarctic Peninsula and Scotia Arc. *Antarctic Environments Portal*. <https://www.environments.gov.au/emerging-issues/changes-in-penguin-distribution-over-the-antarctic-peninsula-and-scotia-arc-updated>.
- Tsatsakis, A.M., Nawaz, M.A., Tutelyan, V.A., Golokhvast, K.S., Kalantzi, O.-I., Chung, D.H. et al. (2017). Impact on environment, ecosystem, diversity and health from culturing and using GMOs as feed and food. *Food and Chemical Toxicology* 107, 108-121. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.033>.
- Union internationale pour la conservation de la nature (2010). *Plants under Pressure: A Global Assessment. The First Report of the Sampled Red List Index for Plants*. Kew: Royal Botanic Gardens, Natural History Museum et Union internationale pour la conservation de la nature. <https://www.researchgate.net/publication/322682345>.
- Union internationale pour la conservation de la nature (2017a). *Red List Index*. <https://www.iucnredlist.org/assessment/red-list-index>.
- Union internationale pour la conservation de la nature (2017b). *Liste rouge des écosystèmes de l'IUCN*. <https://www.iucnle.org/>.
- Union internationale pour la conservation de la nature (2017c). *Grasslands*. <https://www.IUCN.org/theme/protected-areas/wcpa/what-we-do/grasslands> (consulté le 12 juin 2017).
- Union internationale pour la conservation de la nature (2018). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2018-1. <http://www.iucnredlist.org>.
- United Kingdom Office for National Statistics (2018). *UK Natural Capital: Ecosystem Service Accounts, 1997 to 2015*. ONS release. <https://naturalcapitalcoalition.org/ons-release-uk-natural-capital-ecosystem-service-accounts-1997-to-2015/>.
- Urban, M.C. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science* 348(6234), 571-573. <https://doi.org/10.1126/science.1244984>.
- van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B.D., van Franeker, J.A. et al. (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters* 10(12), 124006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124006>.
- van Veenhuizen, R. (2012). *Urban and Peri-urban Agriculture and Forestry (UPAF): An Important Strategy to Building Resilient Cities? The Role of Urban Agriculture in Building Resilient Cities*. Webinaire ICLEI. 18 octobre. Resource Centres on Urban Agriculture et Food Security Foundation.
- van Wilgen, B.W., Cowling, R.M., Marais, C., Esler, K.J., McConachie, M. et Sharp, D. (2012). Challenges in invasive alien plant control in South Africa. *South African Journal of Science* 108(11-12), 8-11. <http://ref.scielo.org/kstrpx>.
- Venter, O., Sanderson, E.W., Magrach, A., Allan, J.R., Beher, J., Jones, K.R. et al. (2016). Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nature Communications* 7(12558). <https://doi.org/10.1038/ncomms12558>.
- Vogel, G. (2017). Where have all the insects gone? *Science* 356(6338), 576-579. <https://doi.org/10.1126/science.356.6338.576>.
- Waldron, A., Miller, D.C., Redding, D., Mooers, A., Kuhn, T.S., Nibbelink, N. et al. (2017). Reductions in global biodiversity loss predicted from conservation spending. *Nature* 551, 364-367. <https://doi.org/10.1038/nature24295>.



- Wall, D.H., Nielsen, U.N. and Six, J. (2015). Soil biodiversity and human health. *Nature* 528(7580), 69-76. <https://doi.org/10.1038/nature15744>.
- Walsh, J.R., Carpenter, S.R. et Vander Zanden, M.J. (2016). Invasive species triggers a massive loss of ecosystem services through a trophic cascade. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(15), 4081-4085. <https://doi.org/10.1073/pnas.1600366113>.
- Wang, Y. et Zhou, J. (2013). Endocrine disrupting chemicals in aquatic environments: A potential reason for organism extinction? *Aquatic Ecosystem Health & Management* 16(1), 88-93. <https://doi.org/10.1080/14634988.2013.759073>.
- Ward, A., Dargusch, P., Thomas, S., Liu, Y. et Fulton, E.A. (2014). A global estimate of carbon stored in the world's mountain grasslands and shrublands, and the implications for climate policy. *Global Environmental Change* 28, 14-24. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.05.008>. Watson, J.E.M., Dudley, N., Segan, D.B. et Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. *Nature* 515(7525), 67-73. <https://doi.org/10.1038/nature13947>.
- Watts, M. et Williamson, S. (2015). *Replacing Chemicals with Biology: Phasing Out Highly Hazardous Pesticides with Agroecology*. Penang: Pesticide Action Network Asia and the Pacific. <https://www.panna.org/sites/default/files/Phasing-Out-HHPs-with-Agroecology.pdf>.
- Webber, B.L., Raghu, S. et Edwards, O.R. (2015). Opinion: Is CRISPR-based gene drive a biocontrol silver bullet or global conservation threat? *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(34), 10565-10567. <https://doi.org/10.1073/pnas.1514258112>.
- Wiersum, K.F., Humphries, S. et van Bommel, S. (2013). Certification of community forestry enterprises: Experiences with incorporating community forestry in a global system for forest governance. *Small-Scale Forestry* 12(1), 15-31. <https://doi.org/10.1007/s11842-011-9190-y>.
- Williams, R.S.R., Jara, J.L., Matsufuji, D. et Plenge, A. (2011). Trade in Andean condor vulture *gryphus* feathers and body parts in the city of Cusco and the Sacred Valley, Cusco region, Peru. *Vulture News* 61, 16-26. <http://dx.doi.org/10.4314/vulnew.v6i1i.2>.
- Wolkovich, E.M., Cook, B.I., Allen, J.M., Crimmins, T.M., Betancourt, J.L., Travers, S.E. et al. (2012). Warming experiments underpredict plant phenological responses to climate change. *Nature* 485(7399), 494-497. <https://doi.org/10.1038/nature11014>.
- Wolkovich, E.M., Davies, T.J., Schaefer, H., Cleland, E.E., Cook, B.I., Travers, S.E. et al. (2013). Temperature-dependent shifts in phenology contribute to the success of exotic species with climate change. *American Journal of Botany* 100(7), 1407-1421. <https://doi.org/10.3732/ajb.1200478>.
- Woodcock, B.A., Isaac, N.J.B., Bullock, J.M., Roy, D.B., Garthwaite, D.G., Crowe, A. et al. (2016). Impacts of neonicotinoid use on long-term population changes in wild bees in England. *Nature Communications* 7(12459). <https://doi.org/10.1038/ncomms12459>.
- Worm, B., Davis, B., Kettener, L., Ward-Paige, C.A., Chapman, D., Helthaus, M.R. et al. (2013). Global catches, exploitation rates, and rebuilding options for sharks. *Marine Policy* 40, 194-204. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.12.034>.
- Wright, S.L., Thompson, R.C. et Galloway, T.S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution* 178, 483-492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>.
- Young, K.R. (2014). Ecology of land cover change in glaciated tropical mountains. *Revista Peruana de Biología* 21(3), 259-270. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/10900/9835>.
- Zheng, H. et Cao, S. (2015). Threats to China's biodiversity by contradictions policy. *Ambio* 44(1), 23-33. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0526-7>.





Les océans et les côtes



Auteurs coordonnateurs : Elaine Baker (GRID-Arendal, université de Sydney), Peter Harris (GRID-Arendal), Adelina Mensah (université du Ghana) et Jake Rice (ministère des Pêches et des Océans, Canada)

Auteur collaborateur : James Grellier (Centre européen de l'environnement et de la santé, université d'Exeter)

Membre honoraire de GEO : AlAnoud Alkhatlan (université du Golfe arabe)



Synthèse

Les pressions humaines sur la salubrité des océans ont continué de s'accroître au cours de la dernière décennie, allant de pair avec la croissance démographique et l'utilisation accrue des ressources océaniques (*bien établi*). De multiples facteurs de stress produisent des effets cumulatifs qui affectent la santé des écosystèmes marins et appauvrissent les bienfaits que la nature procure aux humains. Toutefois, des succès ont été notés dans la gestion de certaines pressions, produisant des améliorations concomitantes de la salubrité des océans, et ces résultats fournissent des enseignements utiles pour l'avenir. Parmi les nombreuses pressions existantes, nous en avons retenu trois qui méritent une attention particulière dans la présente évaluation de *L'avenir de l'environnement mondial* (GEO-6) : le blanchissement des récifs coralliens, les déchets marins et les obstacles à l'établissement d'une pêche durable dans les océans du monde. {7.1}

Les récifs coralliens tropicaux ont franchi un point de bascule : le blanchissement chronique a détruit de nombreux récifs qui sont peu susceptibles de se rétablir, même d'ici plusieurs siècles (*bien établi*). Le blanchissement des coraux est dû au réchauffement des océans, qui est à son tour imputable aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES), en particulier le dioxyde de carbone (CO₂), depuis la Révolution industrielle. Le réchauffement des océans est décalé de plusieurs décennies par rapport aux émissions de GES, de sorte que le point de bascule du blanchissement des récifs coralliens a été franchi dans les années 1980, lorsque la concentration atmosphérique de CO₂ a franchi le seuil des 350 parties par million. {7.3.1}

Les épisodes de blanchissement des récifs ont désormais un intervalle de récurrence d'environ six ans, alors que l'on sait que le délai de rétablissement des récifs excède dix ans (*établi, mais incomplet*). Il en découle qu'en moyenne, les récifs n'ont pas le temps de récupérer entre les épisodes de blanchissement ; on peut donc s'attendre à une spirale de dégradation constante de la santé des récifs au cours des prochaines décennies. La cible 14.2 de l'ODD portant sur les océans, formulée comme suit : « D'ici à 2020, gérer et protéger durablement les écosystèmes marins et côtiers, notamment en renforçant leur résilience, afin d'éviter les graves conséquences de leur dégradation et prendre des mesures en faveur de leur restauration pour rétablir la santé et la productivité des océans », pourrait ne pas être réalisable pour la plupart des écosystèmes de récifs coralliens tropicaux. {7.3.1}

D'après certaines données, la mort de récifs coralliens entraîne des pertes dans les domaines de la pêche, du tourisme, des moyens de subsistance et des habitats (*non concluant*). La disparition d'écosystèmes de récifs coralliens tropicaux sera une catastrophe pour de nombreuses communautés et industries qui en dépendent, de sorte que les gouvernements devraient, au cours de la prochaine décennie, se préparer à l'effondrement éventuel des industries fondées sur les récifs. L'apport collectif des récifs coralliens a été évalué à 29 milliards de dollars É.-U., une évaluation qui prend en compte leur valeur pour le tourisme, la pêche et la protection des zones côtières. Les pertes subies par ces secteurs n'ont pas encore été documentées, mais le risque de pertes au cours de la prochaine décennie est important. {7.4.1}

La valeur des pêches et de l'aquaculture a été estimée à 362 milliards de dollars É.-U. en 2016, l'aquaculture y contribuant à hauteur de 232 milliards (*établi, mais incomplet*). La mariculture prend de l'expansion, mais c'est dans l'aquaculture, et plus particulièrement l'aquaculture intérieure, qu'on enregistre la plus forte progression (*établi*). L'aquaculture fournit plus de 10 % du tonnage total de la production de poissons, et cette proportion est en hausse.

Ensemble, la pêche et l'aquaculture soutiennent la subsistance de 58 à 120 millions de personnes, selon la façon de comptabiliser l'emploi à temps partiel et l'emploi dans le secteur secondaire. La grande majorité de ces personnes vivent de la pêche artisanale, une situation demeurée stable depuis plus d'une décennie, mais les prises commerciales représentent l'essentiel de la valeur des produits, qui comprend annuellement plus de 80 milliards de dollars É.-U. en produits exportés des pays en développement vers les marchés internationaux. {Tableau 7.1, 7.3.2}

Le poisson, riche en protéines et en micronutriments importants pour la santé, fournit actuellement à 3,1 milliards de personnes plus de 20 % des protéines alimentaires dont elles ont besoin, cette proportion étant plus élevée dans plusieurs régions du monde marquées par l'insécurité alimentaire (*établi, mais incomplet*). Pour relever les défis qui menacent la sécurité alimentaire et la santé des populations, il faudra, en plus d'exploiter plus efficacement tous les produits naturels récoltés pour l'alimentation, prélever à cette fin davantage de poissons, d'invertébrés et de végétaux marins dans les océans et sur les côtes. En conséquence, on devrait s'attendre à un essor de la pêche et de l'aquaculture. {7.5.2}

Il est possible de maintenir la durabilité des pêches de capture, mais cette pratique requiert des investissements importants dans le suivi, l'évaluation et la gestion, ainsi que de solides approches locales fondées sur les communautés (*établi, mais incomplet*). De même, l'aquaculture durable exige des connaissances et des soins dans la gestion des opérations. {7.6}

Les examens font ressortir de larges écarts entre les pays en ce qui concerne la durabilité de leurs pêches et de leur aquaculture ; des facteurs tels que la richesse globale à investir dans la recherche sur les pêcheries et dans la gestion de ce domaine, tout en évitant les subventions destinées à accroître les capacités, influent fortement sur la capacité à maintenir la durabilité des pêches à grande échelle (*établi, mais incomplet*). En ce qui concerne la pêche artisanale, la cohésion des structures sociales et les pratiques culturelles qui favorisent une autorégulation communautaire efficace ont une forte incidence sur la durabilité. {7.5.2}

L'approche écosystémique des pêches a été largement adoptée dans les politiques nationales et régionales, et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a publié des directives opérationnelles concernant les mesures pour gérer l'impact des pêches (*non concluant*). Malgré la reconnaissance de la forte empreinte des pêches sur les écosystèmes marins et sa pleine intégration dans les politiques, les mesures visant à atténuer leurs effets sur l'écosystème ont eu un succès mitigé. Toutefois, comme pour la durabilité de l'exploitation des espèces cibles, en général, l'empreinte écosystémique des prises accessoires, des rejets et des effets négatifs des engins de pêche sur l'habitat diminue dans les régions du monde qui disposent de ressources économiques suffisantes pour investir dans le suivi des pêches et dans la technologie des engins de pêche qui améliorent la sélectivité de la récolte et réduisent les incidences sur les habitats. Cette approche est également appliquée dans l'aquaculture avec des objectifs comparables, suscitant une adoption rapide par l'industrie. {7.4.2}

La quantité de déchets marins continue de croître – on estime que huit millions de tonnes métriques (Mt) de produits plastiques se retrouvent dans les océans chaque année, du fait de la mauvaise gestion des déchets domestiques dans les zones côtières (*établi, mais incomplet*). On a découvert des

déchets marins à toutes les profondeurs océaniques. À défaut d'intervention, la quantité de plastique dans les océans devrait atteindre de 100 à 250 Mt d'ici à 2025. {7.3.3}

On trouve de plus en plus de particules de plastique dans le système digestif des organismes marins, notamment les poissons et les crustacés consommés par les humains (*établi, mais incomplet*). Les risques pour la santé humaine de l'ingestion de fruits de mer contaminés par des plastiques ne sont pas établis. Il existe des preuves bien documentées de dommages physiques causés aux organismes marins par leur enchevêtrement dans les déchets marins et par l'ingestion de plastiques. Certains plastiques contiennent des toxines potentielles et peuvent également adsorber et concentrer des substances toxiques provenant de l'eau

de mer environnante. Pour le moment, toutefois, aucune preuve n'atteste que ces polluants aient des effets toxiques graves sur le biote marin. Les déchets marins constituent également une voie de propagation pour des agents pathogènes et des espèces envahissantes (*bien établi*). {7.4.4}

Les coûts économiques, sociaux et environnementaux des déchets marins, dont la croissance est soutenue, comprennent les coûts économiques directs du nettoyage et la perte de recettes pour des industries telles que le tourisme et la pêche (*non résolu*). Les coûts sociaux et sanitaires sont plus difficiles à quantifier au-delà des échelles locales, tout comme les coûts environnementaux tels que la réduction des fonctions et des services écosystémiques. {7.4.4}



7.1 Introduction

Les océans du monde représentent plus de 70 % de la surface de la Terre. Plus de 1,9 milliard de personnes vivaient dans les zones côtières en 2010, et ce nombre devrait atteindre 2,4 milliards à l'horizon 2050 (Kummu *et al.*, 2016). Vingt des 30 mégapoles¹ du monde sont situées sur des côtes, et leur population devrait croître plus rapidement que celle des zones non urbaines (Kummu *et al.*, 2016). Les trois mégapoles côtières qui connaissent la croissance la plus rapide sont Lagos, au Nigeria (taux de croissance démographique de 4,17 %), Guangzhou, en Chine (3,94 %) et Dhaka, au Bangladesh (3,52 %) (Grimm et Tulloch, 2015).

7.1.1 Bienvenue dans l'océan

La santé et les moyens de subsistance de bien des personnes ont des liens directs avec les océans, par l'entremise des ressources et des importants avantages esthétiques, culturels et religieux qu'ils procurent. Les poissons et fruits de mer, par exemple, fournissent à 3,1 milliards de personnes dans le monde au moins 20 % de leur apport en protéines animales (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2016a). Cet apport est particulièrement important pour les zones et communautés côtières économiquement défavorisées. Les écosystèmes côtiers procurent également de nombreux avantages difficilement monétisables, tels que la stabilisation des côtes, la régulation de la qualité et de la quantité des eaux côtières, la biodiversité et les habitats de reproduction de nombreuses espèces importantes. Les océans font partie intégrante du système climatique mondial (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2013), contribuant ainsi à la conduction thermique, qui influe sur la température et les précipitations sur toute la planète. Les océans abritent environ 50 % de la production primaire mondiale (Mathis *et al.*, 2016). Les océans constituent également un réservoir d'autres ressources d'importance économique, telles que les agrégats et le sable, les énergies renouvelables et les produits biopharmaceutiques. Toutefois, les populations, leurs moyens de subsistance et les nombreux avantages indirects que procurent les océans sont affectés par la dégradation de la santé des écosystèmes marins et côtiers résultant de causes telles que la pollution, le changement climatique, la surpêche et la perte d'habitats et de biodiversité.

Par définition, un océan sain est un océan dans lequel la fonction et la structure de base de l'écosystème sont intactes et, par conséquent :

- ❖ capables de soutenir les moyens de subsistance et de contribuer au bien-être humain ;
- ❖ résistantes aux changements actuels et futurs.

On ne peut continuer de profiter de tout l'éventail des avantages offerts par les océans que si les écosystèmes marins et côtiers fonctionnent et sont exploités dans les limites des capacités de l'environnement, et ce, de manière à n'entraîner aucun préjudice grave ou irréversible. Toutefois, l'exploitation durable des écosystèmes marins et côtiers se heurte à plusieurs forces motrices du changement (voir le chapitre 2), à la pression concurrentielle sur les ressources naturelles, ainsi qu'à la complexité de la gouvernance et d'utilisations multiples qui sont parfois conflictuelles (**figure 7.1**). Les pouvoirs des États côtiers en matière maritime sont assortis de droits et d'obligations (Organisation des Nations Unies [ONU], 1982). Toutefois, les océans imposent des défis particuliers à l'exercice de la compétence. En effet, les courants océaniques charrient des produits chimiques, des déchets, des polluants organiques émergents et des agents pathogènes au-delà des frontières maritimes nationales, et les organismes marins ainsi que les oiseaux de mer ne demeurent pas toujours dans les zones relevant de la juridiction d'un

État. La coordination des mesures de gouvernance est particulièrement difficile dans les eaux internationales, où un grand nombre d'institutions et d'accords réglementent des questions sectorielles telles que le transport maritime, la pêche et l'exploitation des fonds marins.

Les États doivent non seulement coopérer par-delà les frontières, mais également intégrer la prise de décision dans les diverses utilisations des écosystèmes marins et côtiers. Compte tenu des interconnexions entre les conditions océaniques et la vie marine et de la dynamique spatiale des processus océaniques, les activités de n'importe quel secteur industriel peuvent avoir des répercussions de grande portée. Celles-ci ont le potentiel de perturber les moyens de subsistance de populations qui n'ont tiré aucun avantage de l'industrie qui les a causées. De même, les avantages attendus des mesures de conservation prises dans un secteur ou un territoire peuvent être réduits ou neutralisés par l'absence de mesures dans d'autres secteurs ou territoires.

Il est également nécessaire de s'attaquer aux défis mondiaux tels que le changement climatique et l'acidification des océans. L'évolution du climat a une incidence sur la température des océans, l'étendue et l'épaisseur des banquises, la salinité, l'élévation du niveau des mers et les phénomènes météorologiques extrêmes. Bien que les effets du changement climatique varient à l'échelle régionale et qu'ils requièrent donc des mesures de gestion adaptative aux échelons local et régional (Von Schuckmann *et al.*, 2016), il importe de coordonner ces efforts à plus grande échelle et de communiquer efficacement les leçons retenues et les meilleures pratiques.

7.1.2 Objet du présent chapitre

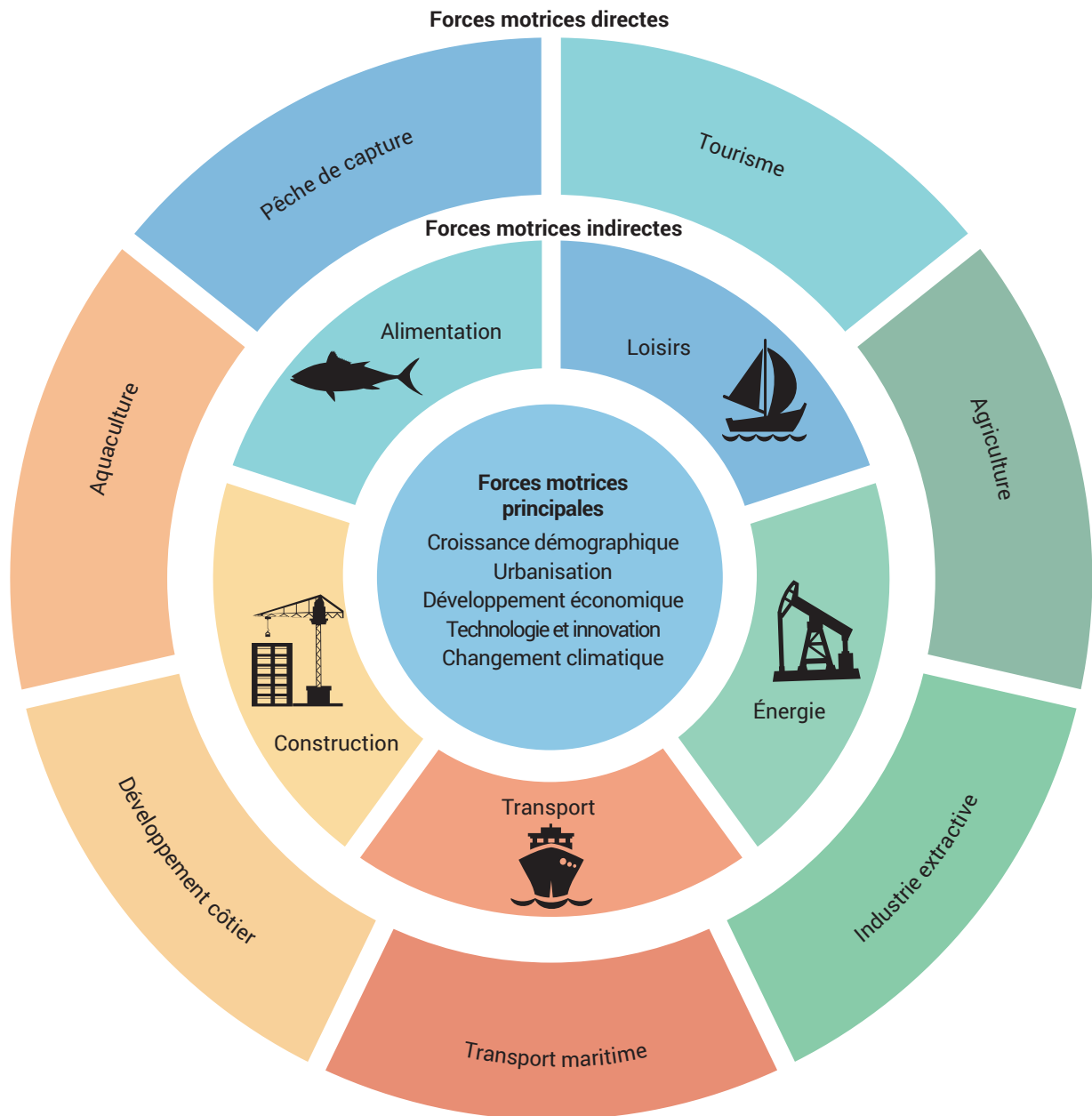
Les océans ont de nombreuses utilisations, et les liens entre les écosystèmes marins et entre la terre et les mers adjacentes sont trop nombreux pour que nous les examinions tous dans le présent chapitre. La première évaluation mondiale intégrée du milieu marin (A/RES/70/235 ; Inniss et Simcock, 2016) et les rapports du GIEC (2013) ont récemment présenté des examens complets de l'état de l'océan. Par conséquent, trois thèmes qui méritent une attention particulière ont été retenus dans le présent chapitre : les récifs coralliens tropicaux, la pêche, et les débris qui pénètrent dans le milieu marin. Plusieurs thèmes d'intérêt nouveau ou particulier – le mercure, l'extraction du sable, l'exploitation minière en haute mer, le bruit sous-marin océanique – font également l'objet d'un bref examen.

Le choix des trois principaux thèmes se justifie par les résolutions adoptées par l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement du Programme des Nations Unies pour l'environnement (ANUE) lors de sa deuxième session, tenue en mai 2016. Ces résolutions comprennent une mention spécifique des récifs coralliens, dans la Résolution UNEP/EA.2/Res.12 (ANUE, 2016a), et des déchets marins, dans la Résolution UNEP/EA.2/Res.11 (ANUE, 2016b). La question des déchets marins a également été intégrée à une décision spéciale, portant la référence CBD/COP/DEC/XIII/10, de la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique (CDB, 2016), ainsi qu'à la Décision BC 13/17 de la Conférence des Parties à la Convention de Bâle (2017). Les pêches ont des liens avec plusieurs objectifs de développement durable (ODD), en plus de recouper les thèmes transversaux décrits au chapitre 4 (notamment le genre, la santé, les systèmes alimentaires, le changement climatique, les régions polaires, les produits chimiques et les déchets).

¹ Villes de plus de 10 millions d'habitants.



Figure 7.1 : Schéma général des forces motrices et des pressions qui s'exercent sur l'environnement marin



Le cercle central représente les principales forces motrices de haut niveau de l'évolution des pressions humaines sur les océans. L'anneau intérieur représente les types de besoins sociétaux promus par les forces motrices et l'anneau extérieur, les secteurs industriels qui répondent aux besoins et pour lesquels des politiques sont généralement établies. Les pressions pertinentes correspondent aux besoins exprimés par le biais des actions sectorielles.

7.2 Pressions

Les activités humaines, en particulier celles qui ont lieu sur la terre ferme, ont plusieurs incidences sur les océans et leurs ressources. La partie V de la première évaluation mondiale intégrée du milieu marin (Inniss et Simcock, 2016) décrit à la fois les avantages sociétaux et les principaux impacts des activités humaines, que ce soit directement, par l'extraction des ressources (par exemple, le poisson, les hydrocarbures, le sable), ou indirectement (par exemple, l'incidence des engins de pêche ou des opérations minières sur les fonds marins). Ce rapport documente également la valeur économique et le nombre de personnes dont chaque secteur industriel soutient la subsistance (**tableau 7.1**).

Les empreintes de plusieurs industries océaniques se chevauchent (**tableau 7.1**, quatrième colonne), et plusieurs secteurs utilisent parfois la même ressource à des fins différentes (par exemple, le poisson, pour l'écotourisme et pour l'alimentation d'une collectivité côtière ; voir aussi Halpern et al., 2012).

L'élaboration de stratégies de gestion efficaces requiert donc des politiques permettant non seulement de distinguer les empreintes sectorielles, mais aussi de faire face aux effets cumulés (Halpern et al., 2008).


Tableau 7.1 : Estimations de la valeur économique, de l'emploi et des principaux impacts environnementaux des principales industries liées aux océans

Secteur [et chapitre de l'évaluation mondiale du milieu marin]	Valeur économique ou envergure des opérations	Emplois et subsistance	Principaux effets environnementaux d'une réglementation inadéquate
Pêche [9,11,12]	362 milliards de dollars É.-U. (comprend la mariculture et l'aquaculture en eau douce – environ 28 milliards \$ É.-U., mais la comptabilisation n'est pas entièrement séparée) OIG compétentes	De 58 à 120 millions (selon la façon de comptabiliser les emplois à temps partiel et les emplois secondaires de transformation)	Changements dans la structure et la fonction du réseau alimentaire si les prédateurs des niveaux trophiques supérieurs ou les principales espèces fourragères disparaissent ou si la pêche est très sélective. Prises accessoires d'espèces non ciblées, dont certaines ne peuvent soutenir que des taux de mortalité très faibles (par exemple, les tortues de mer, de nombreux oiseaux marins et petits cétacés). Impacts des engins de pêche sur les habitats des fonds marins et le benthos, en particulier les habitats fragiles sur le plan structurel (par exemple, les coraux, les éponges). Poursuite de la pêche par les engins de pêche perdus.
Transport maritime [17]	50 500 milliards de tonnes-milles de cargaison 2,05 milliards de déplacements de passagers OIG compétente et convention – OMI et MARPOL	> 1,25 million de marins	Catastrophes et accidents maritimes susceptibles d'entraîner le rejet de cargaisons et de carburant et des pertes de vies. La toxicité des cargaisons varie de nulle à grave. Rejet chronique et épisodique de carburant et d'autres hydrocarbures. Perte occasionnelle de conteneurs contenant des substances toxiques. Rejet d'eaux usées, de déchets et d'eaux grises. Propagation d'espèces envahissantes par les eaux de ballast et les eaux de cale. Utilisation de peintures antirouille. Bruit des navires. Transport maritime à l'origine d'environ 3 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre.
Ports [18]	5,09 milliards de tonnes de marchandises en vrac OIG compétentes – OMI et MARPOL, mais juridiction principalement locale	Le développement technologique a rendu indisponibles des statistiques cohérentes sur les débardeurs	Concentration du transport maritime et impacts environnementaux potentiels de ce transport. Nécessité de draguer les passages en eau profonde et d'y accéder. Incidences de la construction d'infrastructures sur les fonds marins et le littoral. Bruit.
Industries d'exploitation d'hydrocarbures en mer [21]	500 milliards \$ É.-U. (au taux de 50 \$ le baril)	200 000 travailleurs de la production en mer	Rejet d'hydrocarbures, en particulier lors d'une explosion ou d'une catastrophe sur une plateforme, avec la possibilité que de très grands volumes se retrouvent dans les systèmes marins, leur forte persistance ayant un impact sur le tourisme et sur les valeurs esthétiques et culturelles. Mazoutage des organismes et habitats marins et côtiers. Contaminants se retrouvant dans des réseaux alimentaires et des sources potentielles d'alimentation humaine. Rejet chronique de produits chimiques utilisés dans les opérations. Rejet épisodique d'agents dispersants lors du nettoyage d'un déversement. Étouffement local du benthos. Bruit produit par les relevés sismiques et la navigation. Perturbation du biote pendant le démantèlement.
Autres industries énergétiques en mer [2]	7,36 mégawatts (MW) produits OIG compétente – juridiction principalement locale	7 à 11 années-emplois par MW généré	Concurrence pour l'espace de l'infrastructure et déplacement du biote. Mortalité localisée du benthos due à l'infrastructure. Mortalité d'oiseaux et de poissons dans les turbines énergétiques et les éoliennes. Bruit et perturbation physique pendant la construction et le démantèlement des infrastructures.
Exploitation minière en mer [23]	De 5,0 à 5,4 milliards \$ É.-U. OIG compétente – AIFM	De 7 100 à 12 000 (incomplet)	Mortalité, déplacement ou extinction d'espèces marines, en particulier le benthos. Destruction de l'habitat des fonds marins, en particulier s'il est fragile ou sensible. Création de panaches de sédiments et dépôt de sédiments. Bruit. Contamination potentielle des chaînes alimentaires par l'exploitation minière en haute mer. Création de micro-habitats vulnérables à la concentration de sédiments et à l'anoxie [23.3].
Tourisme nautique [27]	2 300 milliards \$ É.-U. (35 % de l'estimation approximative de l'ensemble du tourisme, y compris les effets multiplicateurs) OIG compétente – Néant	Non estimé faute de traitement commun des effets multiplicateurs. On considère que le tourisme global représente 3,3 % de la main-d'œuvre mondiale, mais la ventilation entre le secteur maritime et les autres secteurs n'est pas uniforme.	Construction d'infrastructures côtières modifiant les habitats, progression de l'érosion, de la mortalité et du déplacement du biote, bruit. Contamination des eaux côtières par les déchets et les eaux usées. Perturbation des organismes par la présence humaine accrue, en particulier la plongée dans des habitats à grande diversité et l'observation de la mégafaune marine. Mortalité accrue due à la pêche récréative. Croissance de la navigation de plaisance, accompagnée de tous les impacts du transport maritime à l'échelle locale.

OIG : organisations intergouvernementales; OMI : Organisation maritime internationale; AIFM : Autorité internationale des fonds marins; MARPOL: Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires.

Sources : Sauf indication contraire, toutes les données sont tirées de la première évaluation mondiale intégrée du milieu marin (AGNU, 2016), le ou les chapitres pertinents étant indiqués dans la première colonne. Pour certaines industries, la valeur économique est comptabilisée de manière si variable d'un pays à l'autre que toute évaluation significative de la valeur économique mondiale est impossible; on a donc eu recours à d'autres indicateurs d'échelle de l'industrie. L'année de déclaration n'est pas non plus normalisée pour toutes les lignes, mais toutes les estimations datent de 2012 ou après. Les entrées du tableau doivent être considérées comme indicatives de l'échelle mondiale, nonobstant de larges écarts à l'échelle régionale et nationale. OMI (2015).



7.3 État

7.3.1 La crise du blanchissement des coraux (2015-2017)

Les récifs coralliens tropicaux² figurent parmi les écosystèmes les plus riches en biodiversité sur Terre : ils abritent environ 30 % de toute la biodiversité marine (Burke *et al.*, 2012). La région du « Triangle de Corail », qui comprend l'Indonésie, la Malaisie, les Philippines, le Timor oriental, la Papouasie–Nouvelle-Guinée et les îles Salomon, est la zone ayant la plus grande biodiversité, abritant plus de 550 espèces de coraux durs (comparativement à 65 espèces de coraux dans la région des Caraïbes et de l'Atlantique). À l'échelle mondiale, les récifs coralliens couvrent une superficie d'environ 250 000 km². En raison de multiples pressions humaines, notamment la pollution, la pêche et le blanchissement des coraux, les récifs sont en très mauvais état dans de nombreux sites.

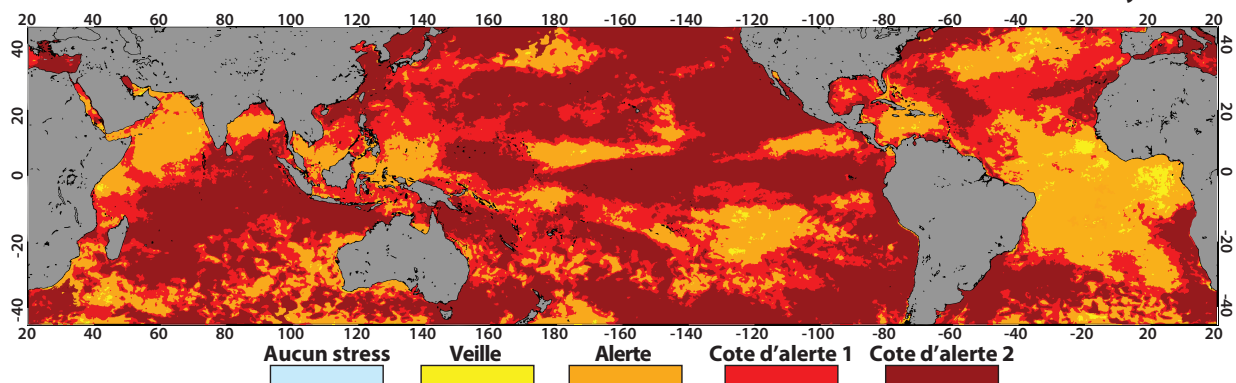
Le blanchissement se produit lorsque les coraux sont soumis à un stress dû à l'évolution des conditions telles que la température, la lumière ou les nutriments, qui les oblige à expulser les algues symbiotiques vivant dans leurs tissus, révélant ainsi leur squelette blanc. Des phénomènes de blanchissement des récifs coralliens à grande échelle, attribués à l'élévation des températures de surface des océans, sont régulièrement signalés depuis deux décennies, et les recherches sur le climat révèlent que l'intervalle de récurrence de ces événements est désormais d'environ six ans (Hughes *et al.*, 2018). Les étés de 2015 dans l'hémisphère Nord et de 2015-2016 dans l'hémisphère Sud ont été les plus chauds jamais enregistrés et ont causé le pire blanchissement corallien de l'histoire. L'Administration nationale des océans et de l'atmosphère (NOAA) des États-Unis a déclaré que l'année 2015 marquait le début du troisième épisode de blanchissement mondial des coraux, après les phénomènes similaires enregistrés en 1998 et en 2010. Toujours en cours, ce troisième épisode est le plus long et le plus dommageable enregistré à ce jour. Il touche 70 % des récifs du monde, et certaines zones connaissent un blanchissement annuel (figure 7.2). La Grande Barrière de corail d'Australie a été particulièrement atteinte, plus de 50 % des récifs ayant été touchés depuis 2016 (Autorité du parc marin de la Grande Barrière de Corail [GBRMPA], 2017).

La gravité du blanchissement varie tant au sein d'un même récif qu'entre les régions, et certaines régions qui n'avaient pas subi

de blanchissement par le passé ont été affectées au cours du plus récent épisode. Une initiative récente visant à identifier les 50 zones de récifs les plus susceptibles de survivre au-delà de 2050 a été annoncée, dans le but d'encourager les gouvernements à préserver ces zones à des fins de protection et de conservation (<https://50reefs.org>).

Dans le résumé du cinquième Rapport d'évaluation du GIEC publié récemment, O'Neill *et al.* (2017) concluent qu'il existe « des preuves solides (provenant du récent blanchissement corallien) de signaux d'alerte précoce indiquant qu'un changement de régime biophysique est peut-être déjà en cours ». Veron *et al.* (2009) avaient prédit que le point de bascule (un changement d'état brutal qui se produit lorsqu'une valeur seuil est dépassée) du blanchissement des récifs coralliens se produirait une fois que la concentration atmosphérique mondiale de CO₂ atteindrait 350 parties par million (ppm). Cette valeur a été atteinte aux alentours de 1988, mais comme le réchauffement des océans est décalé par rapport aux concentrations atmosphériques mondiales de CO₂ (Hansen *et al.*, 2005), il a fallu près de 30 ans pour que l'impact de cette concentration de CO₂ se manifeste. L'effet de décalage est dû au rythme lent de la circulation océanique mondiale par rapport au rythme rapide de la hausse des concentrations de CO₂. En effet, les océans réagissent actuellement aux concentrations de CO₂ d'il y a plusieurs décennies, et la prépondérance de la preuve indique qu'on a désormais franchi un point de bascule en ce qui concerne le blanchissement corallien (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007 ; Frieler *et al.*, 2013). Le point de bascule de 350 ppm cité par Veron *et al.* (2009), atteint il y a 29 ans, pourrait avoir signé l'arrêt de mort de nombreux coraux. Et le fait que la concentration atmosphérique mondiale de CO₂ est maintenant supérieure à 400 ppm a de graves répercussions sur la survie même des récifs coralliens. Selon des modélisations récentes, plus de 75 % des récifs subiront un blanchissement annuel grave avant 2070, même si les engagements pris comme suite à la Conférence de Paris sur le changement climatique (COP 21) de 2015 se matérialisent (van Hooidonk *et al.*, 2016 ; PNUE, 2017). Les experts conviennent que les récifs coralliens qui survivront jusqu'à la fin du XXI^e siècle ne ressembleront guère à ceux que nous connaissons de nos jours (Hughes *et al.*, 2017).

Figure 7.2 : Carte illustrant le stress thermique maximal pendant la période 2014-2017 de l'épisode de blanchissement mondial des coraux toujours en cours au moment de la rédaction du présent rapport



La cote d'alerte 2 correspond à un niveau de stress thermique entraînant un blanchissement généralisé et un fort taux de mortalité des coraux. La cote d'alerte 1 correspond à un niveau de stress thermique entraînant un blanchissement important des coraux. Des niveaux de stress moins élevés peuvent également entraîner un blanchissement à moindre échelle.

Source : NOAA (2017).

² Les récifs coralliens tropicaux ne comprennent ni les récifs profonds des eaux froides ni les récifs rocheux des eaux tempérées.



7.3.2 La pêche

La pêche de capture

Outre l'évolution de l'état des océans due aux variations naturelles et au changement climatique, les humains modifient l'état des océans en y prélevant des ressources. La capture de poissons et d'autres organismes marins à des fins de consommation humaine et à certains usages industriels (par exemple, les aliments pour l'aquaculture) constitue l'activité la plus répandue et dont l'amplitude est la plus grande.

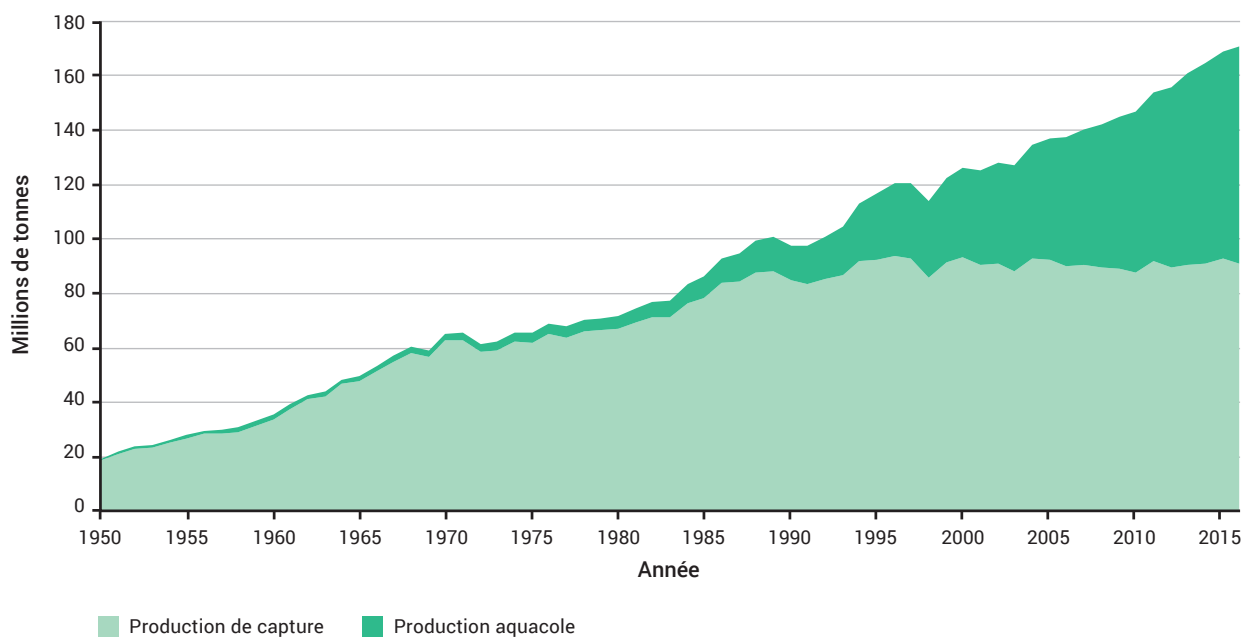
Les océans constituent une source d'aliments de plus en plus importante (Organisation internationale du travail, 2014). En effet, la production totale des pêches de capture et de la mariculture³ a dépassé 170 millions de tonnes métriques (Mt) en 2017, et la contribution de la mariculture continue de croître (FAO, 2018a). Le poisson fournit plus de 20 % de l'apport en protéines alimentaires à plus de 3,1 milliards de personnes, et ce pourcentage est particulièrement élevé dans les zones côtières où la sécurité alimentaire est très préoccupante. En outre, les micronutriments présents dans le poisson constituent un apport important pour la santé humaine et sont difficiles à remplacer dans des régions où la disponibilité du poisson est en baisse (Roos *et al.*, 2007 ; FAO et Organisation mondiale de la Santé [OMS], 2014 ; Thilsted *et al.*, 2014).

Depuis plus de 15 ans, la pêche de capture est stable, à environ 90 Mt, alors que la production provenant des installations de culture continue d'augmenter (figure 7.3). La viabilité du rythme actuel de la pêche fait débat, notamment sur plusieurs points fondamentaux relatifs à l'état des stocks, aux causes des tendances et à l'efficacité des mesures de gestion (Worm *et al.*, 2009 ; Froese *et al.*, 2013 ; Melnychuk *et al.*, 2016). Certaines crises de la pêche sont devenues des cas classiques de dommages résultant de diverses combinaisons de facteurs tels que l'expansion excessive des

capacités et des efforts de pêche, les innovations technologiques incontrôlées, la prise de décision politisée et non conforme au principe de précaution, et l'inefficacité de la science, de la gestion et de la gouvernance. De plus, les interactions entre les changements environnementaux et la dynamique des stocks face aux décisions de gestion marquées par l'inertie ont joué un rôle central dans l'effondrement de la pêche à la morue, dans l'est du Canada (Rose, 2007 ; Rice, 2018), et de la pêche de petits pélagiques du Pacifique, au large du Pérou et du Chili (Chavez *et al.*, 2008).

Labondante littérature sur la durabilité des pêches regorge à la fois de cas d'expansion non viable et d'expériences réussies en matière de gestion des taux d'exploitation et de reconstitution de stocks épuisés. En ce qui concerne les pays ayant la capacité et la volonté politique d'évaluer l'état des stocks et la mortalité des poissons et de mettre en œuvre des mesures de suivi, de contrôle et de surveillance, les tendances observées depuis 1990 indiquent qu'on évite généralement la surpêche (Hilborn et Ovando, 2014 ; Melnychuk *et al.*, 2016). Toutefois, les études font également ressortir de larges écarts entre les pays en ce qui concerne des facteurs tels que les ressources globales à investir dans la recherche et la gestion des pêches tout en évitant les subventions destinées à accroître la capacité, lesquelles influent fortement sur l'aptitude à maintenir la viabilité des pêches. Dans la grande majorité des cas où les pouvoirs publics disposent des ressources nécessaires pour assurer des recherches et une gestion adéquates et ont mis en œuvre une gouvernance efficace, le taux de mortalité par pêche a été limité ou réduit à des niveaux durables et les stocks sont évalués comme étant soit en bonne santé, soit en voie de rétablissement après une surpêche historique (figure 7.4). Toutefois, là où on n'affecte pas de ressources importantes aux évaluations et aux mesures de suivi, de contrôle et de surveillance, la surpêche, la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN)⁴ et l'épuisement des ressources se poursuivent et peuvent prendre de l'ampleur.

Figure 7.3 : Production mondiale de la pêche de capture et de l'aquaculture



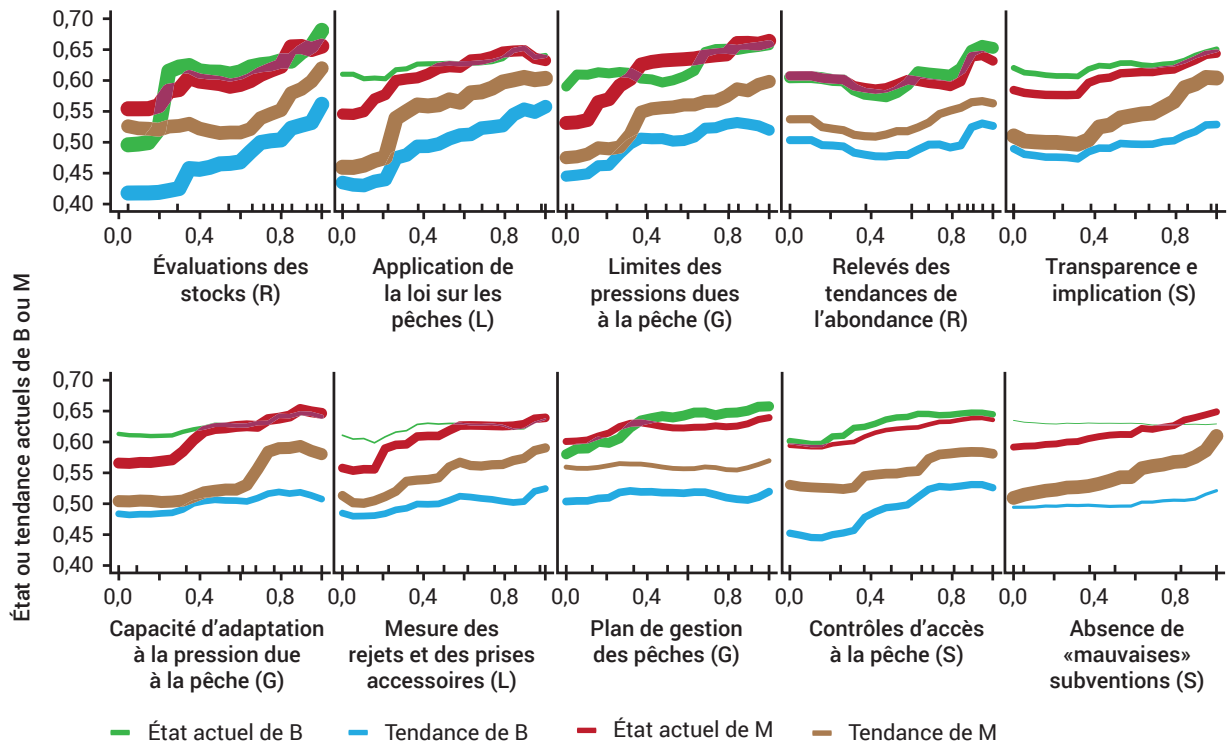
Source : FAO (2018a).

³ Dans le présent rapport, « aquaculture » est un terme générique qui désigne l'élevage de poissons, de mollusques et de crustacés en captivité en vue d'une éventuelle consommation humaine, alors que « mariculture » renvoie à la partie de l'aquaculture qui se pratique dans les zones marines, côtières et estuariennes.

⁴ La pêche dite « illicite, non déclarée et non réglementée » est une notion générale qui englobe la pêche et les activités liées à la pêche menées en violation des lois nationales, régionales et internationales, ainsi que la non-déclaration, la fausse déclaration ou la sous-déclaration des renseignements sur les opérations de pêche et leurs captures.



Figure 7.4 : État des stocks halieutiques et de la mortalité par pêche, sous l'influence de divers facteurs liés à la science, à la gestion et à la gouvernance. Plus la note relative sur l'axe vertical est élevée, plus l'état des stocks est bon au regard d'une gestion théoriquement « idéale »



Effets des attributs de la gestion de la pêche dans les dimensions liées à la recherche (R), à la gestion (G), à l'application de la loi (L) et à la socio-économie (S) sur l'état actuel et les tendances de la biomasse (B) et de la mortalité par la pêche (M). L'épaisseur du trait correspond à l'importance relative de chaque dimension pour la relation entre les variables x et y.

Source : Melnychuk et al. (2016).

En outre, les pêches continuent de s'étendre géographiquement et les pouvoirs publics de gestion ont du mal à suivre le rythme, surtout en raison des facteurs suivants :

- ❖ le déplacement de l'effort déployé par les pouvoirs publics qui tentent de réduire l'exploitation des stocks relevant de leur autorité ;
- ❖ la hausse continue de la capacité de pêche des flottes basées en Asie (bien que la capacité de flottes d'autres territoires soit en baisse) ;
- ❖ la hausse globale de l'efficacité de la pêche à l'échelle mondiale (Bell, Watson et Ye, 2017 ; Jacobsen, Burgess et Andersen, 2017).

Un réalignement spatial de l'effort de pêche se produira, à mesure que les stocks se déplaceront en réponse à l'évolution des conditions océaniques résultant du réchauffement mondial d'origine anthropique (Cheung, Watson et Pauly, 2013), mais les détails concernant la redistribution des espèces sont mal connus (Barange et al., 2014 ; Johnson et al., 2016 ; Salinger et al., 2016), et les stratégies de gestion appropriées à cette dynamique en sont aux premiers stades de leur développement (Schindler et Hilborn 2015 ; Creighton et al., 2016).

La pêche s'est étendue à de nombreux monts sous-marins, où la biomasse accumulée de poissons à longue durée de vie et à croissance lente, tels l'hoplostète orange et les oréos, est souvent épuisée avant même que les organes régionaux de gestion des pêches ne puissent recueillir suffisamment de données pour évaluer les niveaux de prise durables (FAO, 2009a ; Koslow et al., 2016). À mesure que les stocks de poissons des latitudes polaires





Encadré 7.1 : La pêche dans les océans polaires

Les océans polaires n'ont pas le statut de région dans le cadre du rapport GEO-6, mais bon nombre des secteurs mentionnés au **tableau 7.1** sont également présents dans au moins une des régions polaires. L'estimation de la valeur économique des ressources marines et de leur rôle comme moyen de subsistance est incomplète, mais ces ressources demeurent essentielles à la subsistance de plus de 150 000 Inuits de l'Arctique nord-américain (Conseil circumpolaire inuit, 2011). La pêche commerciale dans l'océan Arctique fait l'objet d'un moratoire sur le territoire national des États-Unis et du Canada, tandis que dans les eaux arctiques internationales, la Chine, le Danemark (pour le Groenland), l'Union européenne, l'Islande, le Japon et la Corée du Sud⁵ ont récemment adhéré au moratoire initial mis en œuvre par le Canada, la Russie et les États-Unis. En ce qui concerne les zones polaires sous juridiction norvégienne et russe, les pêches sont gérées par les autorités nationales et font l'objet d'évaluations régulières par le Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM).

Dans l'océan Austral, la pêche commerciale à la légine, aux poissons des glaces et au krill fait l'objet de poursuites en vertu du cadre réglementaire de la Commission pour la conservation de la faune et la flore marines de l'Antarctique (CCAMLR) depuis 1982. La pêche à la légine et au krill s'est rapidement développée, les prises de krill étant inférieures au tiers du plafond de capture à titre conservatoire (CCAMLR, 2016). Les pêches à la légine et aux poissons des glaces ont été certifiées durables (par le Marine Stewardship Council, un organe indépendant), et des progrès substantiels ont été réalisés dans la dissuasion de la pêche INN (Österblom et Bodin, 2012). Les pêches licites ont généré des recettes annuelles de plus de 200 millions de dollars É.-U. (pour la légine) et de 70 millions de dollars É.-U. (pour le krill) sur une période de cinq ans (Secrétariat de la CCAMLR, 2016). La CCAMLR commande périodiquement un examen indépendant de son rendement (par exemple, CCAMLR, 2016). C'est dans les océans polaires que les changements climatiques sont les plus rapides, et les moyens de subsistance des populations du Nord sont touchés de bien des façons préjudiciables (Conseil circumpolaire inuit, 2011). À titre d'exemple, l'accès saisonnier des pêcheurs autochtones aux pêches sur la glace de mer est devenu problématique, à mesure que celle-ci s'amenuise et disparaît. Les perspectives d'exploitation des fonds marins et des ressources en hydrocarbures et celles de la navigation commerciale nécessiteront l'élaboration de politiques appropriées pour veiller à ce que les populations locales en tirent profit.

deviennent accessibles aux pêcheries commerciales du fait d'une combinaison de facteurs tels que la fonte de la glace de mer et l'amélioration des technologies de récolte, la surpêche pourrait constituer une menace particulière si elle n'est pas minutieusement réglementée (**encadré 7.1**). Ces pêches peuvent se développer rapidement et mettre à l'épreuve les capacités des autorités en matière de gestion (Swan et Gréboval, 2005) ; ainsi, les organes régionaux de gestion des pêches jouent un rôle de premier plan à mesure que les pêches s'étendent dans des zones situées au-delà de toute juridiction nationale (ZADJN).

Là où la surpêche a été réduite ou éliminée ou que de nouvelles formes de pêche ont été circonscrites dans des proportions viables, on a eu recours à un large éventail de mesures (Melnichuk *et al.*, 2016 ; Garcia *et al.*, 2018). Les efforts visant à limiter les prises totales (le nombre et la taille des navires de pêche, les jours de pêche, etc.) sont quasi universels, et l'innovation technologique fait au moins l'objet de suivis si elle n'est pas gérée. Lorsque les ressources scientifiques et de gestion le permettent, les mesures réglementaires reposent en général sur des points de référence de gestion fondés sur la biologie et sur des règles de contrôle de la pêche (Inniss et Simcock, 2016). Toutefois, une gestion

descendante fondée sur des évaluations et des avis scientifiques n'est pas essentielle dans tous les types de pêche. Dans les pêches artisanales communautaires, la gestion communautaire est souvent efficace, tant que la cohésion avec les pratiques culturelles traditionnelles est forte (FAO, 2015). À toutes les échelles de la pêche, la cogestion et l'inclusion des participants de l'industrie dans la gestion peuvent s'avérer payantes sur le plan de la conformité et des coûts de gestion (Gray, 2005 ; Dichmont *et al.*, 2016 ; Leite et Pita, 2016).

Depuis des siècles, la pêche artisanale est la pierre angulaire des moyens de subsistance et de la sécurité alimentaire dans plusieurs régions du monde, mais sa reconnaissance en tant que facteur de premier plan de l'état et des tendances de la pêche est récente (FAO, 2005 ; ODD 14.b.a ; FAO, 2018b). Assurant près de 80 % des emplois dans le secteur de la pêche à l'échelle mondiale (FAO, 2016a), elle se pratique souvent dans un contexte où une gestion centralisée et directive serait à la fois très coûteuse et intrusive sur le plan culturel (FAO, 2015 ; FAO, 2016b). Après de vastes consultations menées à l'échelle mondiale, les directives relatives à la performance et à la gouvernance de la pêche artisanale permettent déjà d'améliorer ces pêcheries (FAO, 2015 ; FAO, 2016b).



Encadré 7.2 : Le mercure dans l'environnement marin

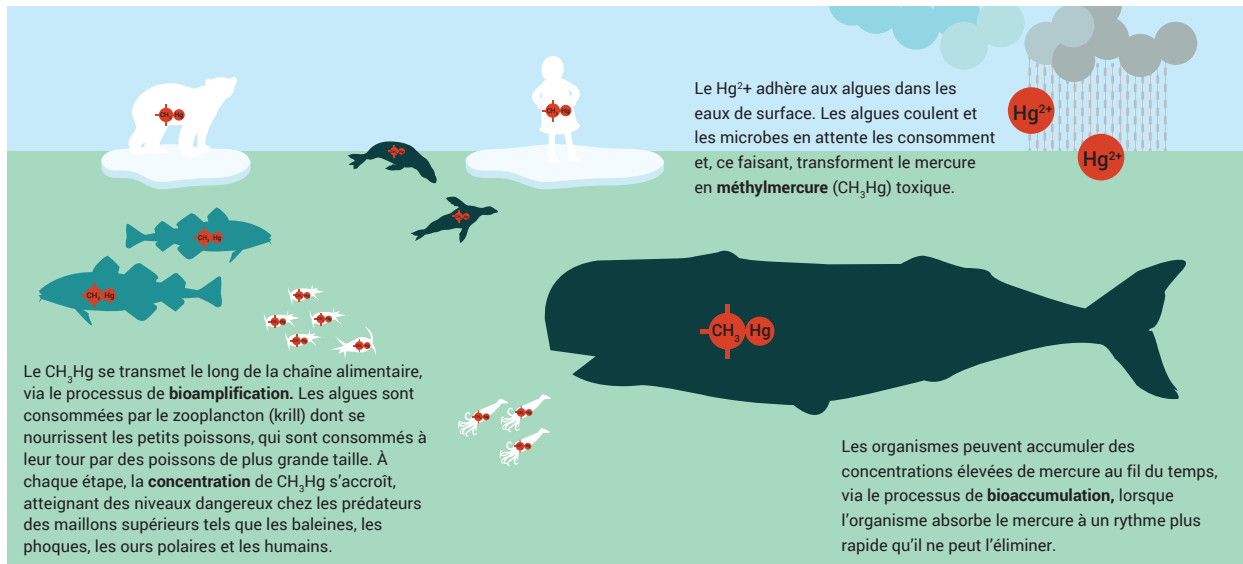
L'Organisation mondiale de la Santé considère le mercure comme l'un des dix principaux produits chimiques constituant un problème de santé publique (OMS, 2017). Cette situation s'explique par le fait que le mercure, surtout sous forme de méthylmercure, est une puissante neurotoxine qui, même à de faibles concentrations, peut nuire au développement du fœtus et de l'enfant et causer des dommages neurologiques (Karagas *et al.*, 2012 ; Ha *et al.*, 2017). Des études épidémiologiques sur l'exposition prénatale élevée au méthylmercure chez les populations des îles Féroé et de la Nouvelle-Zélande ont révélé certains effets néfastes sur le développement (Grandjean *et al.*, 1997 ; Crump *et al.*, 1998). Toutefois, selon des études menées aux Seychelles et au Royaume-Uni, la consommation régulière de poissons de mer pendant la grossesse ne présente pas de risque pour le développement fœtal (Myers *et al.*, 2003 ; Daniels *et al.*, 2004 ; van Wijngaarden *et al.*, 2017). Des recherches approfondies sur la cohorte du Royaume-Uni révèlent que la consommation de fruits de mer pendant la grossesse (> 340 g par semaine) améliore les résultats en matière de développement, de comportement et de cognition (Hibbeln *et al.*, 2007), ce qui laisse penser que d'autres nutriments présents dans le poisson, tels les acides gras polyinsaturés à longue chaîne (Strain *et al.*, 2008) ou le sélénium (Ralston et Raymond, 2010), pourraient occulter ou contrecarrer les effets négatifs du méthylmercure.

Les bienfaits pour la santé de la consommation de poisson sont bien établis (FAO et OMS, 2011 ; FAO et OMS, 2014). Toutefois, en raison de la teneur élevée en méthylmercure dans certains fruits de mer et de l'incertitude quant au risque, de nombreux pays ont émis des avis suggérant aux femmes enceintes de limiter leur consommation de poisson aux espèces présentant une faible concentration de mercure (Taylor *et al.*, 2018). En général, les poissons à éviter sont les espèces prédatrices telles que le requin, le thon et l'espadon, ainsi que les poissons à longue durée de vie tels que l'hoplostète orange, en raison des processus de bioamplification et de bioaccumulation (Food and Drug Administration, 2017).

⁵ Accord international pour la prévention d'activités non réglementées de pêche en haute mer dans le centre de l'océan Arctique, conclu en 2017.



Figure 7.5 : Bioamplification et bioaccumulation du méthylmercure dans la chaîne alimentaire



Source : Baker, Thygesen et Roche (2017).

L'émergence de la mariculture

Bien que les pêches de capture aient atteint des seuils de stabilisation au début des années 2000, la mariculture continue de se développer et, si les tendances actuelles se poursuivent, elle excédera bientôt ces seuils (**figure 7.4** ; FAO, 2018a). La mariculture à grande échelle de poissons, de mollusques et de crustacés destinés aux marchés et à grande valeur marchande, tels que le thon, le saumon, les moules, les huîtres et d'autres bivalves, fournit désormais un apport significatif aux économies de la plupart des pays côtiers développés. La mariculture à petite échelle est également en expansion dans les pays moins développés et les économies en transition. La culture en eau douce et en mer, qui utilise des sous-produits de la transformation du poisson et des poissons de faible valeur comme aliments, ouvre de nouveaux marchés pour les produits de la pêche à faible valeur tout en créant un certain potentiel de concurrence sur le marché, à mesure que s'accroît la demande de matières premières pour la mariculture. Les données sur la production fournies par les exploitations à petite échelle sont incomplètes, en particulier pour ce qui est de la consommation communautaire, car ces produits ne se retrouvent pas sur le marché.

Les populations dont la nutrition est tributaire des organismes marins pourraient être particulièrement exposées au méthylmercure et aux polluants organiques persistants, et c'est dans les régions où la sécurité alimentaire n'est pas assurée que ces risques sont les plus élevés (Gribble *et al.*, 2016).

En outre, le changement climatique peut influencer sur les émissions de mercure, par exemple si celui-ci se libère après un stockage de longue durée dans les tourbières gelées de l'hémisphère Nord (PNUE, 2013 ; Schuster *et al.*, 2018). Ces émissions peuvent accroître l'apport de mercure dans les océans.

7.3.3 Les déchets marins

Les déchets marins constituent un problème de plus en plus sérieux, qui a de graves répercussions sur les organismes, les habitats et les écosystèmes marins (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique [SCDB], 2016). On a trouvé des déchets à toutes les profondeurs des océans, sur les fonds océaniques (Pham *et al.*, 2014) et sur les plages des îles du Pacifique, même



© Shutterstock/Rich Carey



les plus reculées (Lavers et Bond, 2017). Les trois quarts de tous les déchets marins sont composés de plastique. Il s'agit de microplastiques de moins de 5 mm, qui soit sont fabriqués à dessein (microplastiques primaires) pour être utilisés dans divers produits industriels et commerciaux (par exemple, les granulés, les microbilles des produits cosmétiques), soit résultent de l'altération des produits plastiques et des fibres synthétiques susceptibles de produire des particules microplastiques et nanoplastiques (Groupe mixte d'experts chargé d'étudier les aspects scientifiques de la protection du milieu marin [GESAMP], 2015 ; Gigault *et al.*, 2016). L'altération peut également libérer des additifs chimiques utilisés dans la fabrication des plastiques (Jahnke *et al.*, 2017).

Sur la base des données mondiales sur les déchets solides, la densité de la population et la situation économique, Jambeck *et al.* (2015) estiment que 275 Mt de déchets plastiques ont été produites dans 192 pays côtiers en 2010, dont de 4,8 à 12,7 (8) Mt ont pu être rejetées dans les océans (**figure 7.6**). Selon ces auteurs, faute d'une intervention d'envergure mondiale, la quantité de plastique dans les océans pourrait atteindre de 100 à 250 Mt à l'horizon 2025. Les sources de déchets marins peuvent généralement être corrélées avec l'efficacité de la gestion des déchets solides et du traitement des eaux usées (Schmidt *et al.*, 2017).

Il est généralement admis qu'une grande partie des plastiques qui se retrouvent dans les océans proviennent des milieux terrestres. Soit ils aboutissent dans le milieu marin via l'écoulement des eaux de pluie et des cours d'eau, soit ils sont déversés directement dans les eaux côtières (Cozar *et al.*, 2014 ; Wang *et al.*, 2016). On estime que les déchets non collectés en constituent la source principale, des quantités moindres provenant des déchets collectés qui entrent de nouveau dans le système à partir de décharges officielles et informelles mal exploitées ou mal situées (voir la section 5.2.5). Les données sur le pourcentage de plastique provenant de sources océaniques sont plus lacunaires, mais on connaît bien le problème des engins de pêche perdus en raison de la méthode de pêche, emportés pendant les tempêtes, ou dont les pêcheurs se débarrassent sciemment (Macfadyen, Huntington et Cappell, 2009).

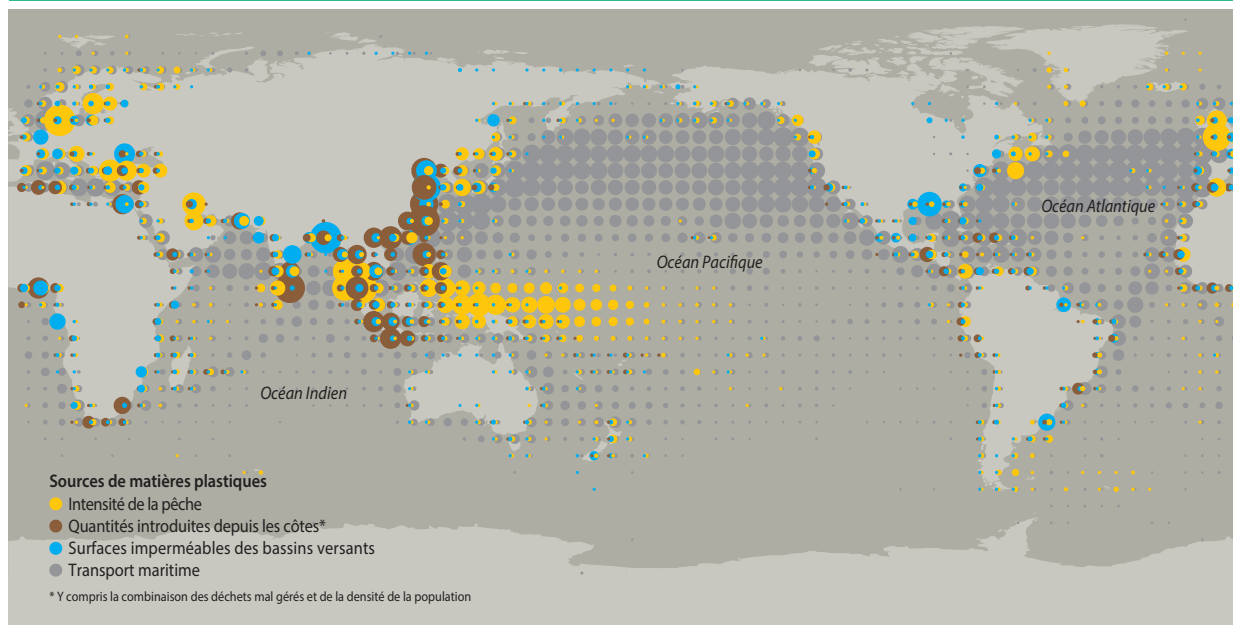
7.4 Impacts

7.4.1 Les conséquences sociales et économiques de la mort des récifs coralliens

Les récifs coralliens sont d'une importance majeure pour 275 millions de personnes vivant dans 79 pays où la pêche associée aux récifs constitue la principale source de protéines animales (Wilkinson *et al.*, 2016). L'apport global des récifs coralliens a été évalué à 29 milliards de dollars É.-U. par an, sous forme d'apports générés par le tourisme (11,5 milliards de dollars É.-U.), la pêche (6,5 milliards de dollars É.-U.) et la protection des côtes (10,7 milliards de dollars É.-U.) (Burke *et al.*, 2012). Le blanchissement des coraux de la Grande Barrière de corail pourrait à lui seul priver l'économie australienne de recettes touristiques de 1 milliard de dollars É.-U. par an (Willacy, 2016). La valeur économique annuelle totale des récifs coralliens aux États-Unis a été évaluée à 3,4 milliards de dollars É.-U. (Brander et Van Beukering, 2013).

Les récifs coralliens dégradés par les effets conjugués de la pollution terrestre et d'épisodes de blanchissement répétés sont moins en mesure de fournir les avantages dont dépendent les communautés locales (Cinner *et al.*, 2016). Une fois que les coraux sont morts, ils ne poussent plus verticalement vers le haut, de sorte que les récifs s'érodent progressivement. Les récifs morts sont submergés par l'élévation du niveau des mers et sont moins efficaces pour assurer la protection des littoraux contre les attaques des vagues pendant les tempêtes. Non seulement les coraux morts ne présentent pas l'attrait esthétique qui est fondamental pour le tourisme de récif, mais la communauté de poissons dont ils assurent la survie est moins biodiversifiée (Jones *et al.*, 2004). Il en résulte une réduction de l'activité touristique et des recettes générées par la pêche, ce qui peut menacer la subsistance des communautés locales. Les récifs coralliens vivants sont également des symboles religieux importants pour certaines communautés (Wilkinson *et al.*, 2016).

Figure 7.6 : Carte mondiale illustrant les quantités potentielles de plastiques marins déversés dans les océans en fonction des activités humaines et des caractéristiques des bassins versants



Source : Carte produite par GRID-Arendal (2016a) d'après des données de Halpern *et al.* (2008), Watson *et al.* (2012) et Jambeck *et al.* (2015).



7.4.2 La pêche de capture

La pêche a pour impact initial sur les espèces cibles de réduire leur abondance par rapport à celle des populations non visées par la pêche. Cette réduction devrait, à son tour, entraîner une hausse de la productivité de la population, associée à l'allègement des pressions de sa densité, rendant disponibles des réserves de croissance et d'énergie qui favorisent la reproduction. Ce raisonnement sous-tend les fondements scientifiques de la pêche (Beverton et Holt, 1957 ; Ricker, 1975), et le concept de rendement maximal durable (RMD) est intégré à la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (CNUDM). Le concept de RMD est une norme mondiale en matière de gestion des pêches, selon laquelle le taux de prélèvement par les pêches maximise la productivité sans amoindrir la taille de la population reproductrice au point de nuire à la production des recrues. Si le taux d'exploitation dépasse ce niveau, le potentiel de frai diminue plus vite que la productivité ne s'améliore, et il y a surpêche. Les résultats mondiaux actuels de la pêche des espèces cibles ont été résumés à la section 7.3.2.

Les impacts de la pêche sur les écosystèmes marins sont bien documentés et sont étudiés depuis plusieurs décennies (Jennings et Kaiser, 1998 ; Gislason et Sinclair, 2000). Les principaux sont les suivants :

- ❖ les prises accessoires d'espèces non ciblées lors des activités de pêche ;
- ❖ les impacts des engins de pêche sur les habitats des fonds marins et les communautés benthiques sédentaires ;
- ❖ l'incidence sur les réseaux alimentaires de la réduction de l'abondance des prédateurs des maillons supérieurs, qui favorise la libération de populations de proies, ou de l'épuisement des populations de proies, qui nuit à la productivité des populations de prédateurs.

Les voies de ces impacts sont bien décrites et ont joué un rôle central dans l'élaboration de l'approche écosystémique des pêches. Cette approche, inscrite dans l'Accord des Nations Unies sur les stocks de poissons, a été largement adoptée dans les politiques nationales et régionales (Rice, 2014). La FAO a diffusé des directives opérationnelles et des mises à jour sur les mesures

à prendre pour gérer l'empreinte des pêches (FAO, 2003), et ces directives ont été reprises dans le *Code de conduite pour une pêche responsable* (FAO, 2005 ; FAO, 2011).

Malgré la reconnaissance de la forte empreinte de la pêche sur les écosystèmes marins et sa prise en compte à part entière dans les politiques, les mesures visant à réduire au minimum les effets de la pêche sur les écosystèmes ont eu un succès mitigé. Il semble que, dans l'ensemble, des progrès aient été réalisés, dans la mesure où deux études mondiales réalisées à dix ans d'intervalle révèlent une baisse de l'estimation des rejets annuels mondiaux de la pêche, de 27 Mt en 1994 à 7,3 Mt en 2004 (Alverson *et al.*, 1994 ; Kelleher, 2005). Toutefois, les rejets demeurent importants dans de nombreuses pêches, en particulier la pêche à petit maillage d'espèces telles que la crevette dans les pays moins avancés, où les mesures d'incitation à la réduction des rejets et des prises accessoires sont inexistantes ou inefficaces (FAO, 2016a ; FAO, 2016b). De plus, même là où les prises accessoires d'espèces très vulnérables ont diminué, le niveau des populations de certaines espèces de requins et d'oiseaux de mer demeure préoccupant (Campana, 2016 ; Northridge *et al.*, 2017).

De même, l'empreinte des engins de pêche sur l'habitat des fonds marins et les communautés benthiques est prise au sérieux par les organisations de gestion des pêches aux échelons national et régional. Cette préoccupation s'est accrue, incitant l'Assemblée générale des Nations Unies à adopter en 2007 la Résolution 61/105, qui demande à toutes les organisations régionales de gestion des pêches (ORGP) d'identifier les écosystèmes marins relevant de leur juridiction qui seraient vulnérables aux engins de pêche en contact avec le fond marin et soit de protéger lesdits fonds contre les dommages, soit de les fermer à ce type de pêche. Les données probantes sur l'efficacité de cette approche sont examinées au chapitre 14. Toutefois, en dépit du fait que toutes les ORGP compétentes s'emploient à se conformer à cette exigence (Rice, 2014), des études régionales révèlent que bien plus de 50 % des fonds marins exploitables ont été perturbés par des engins de pêche à une fréquence qui dépasse la capacité des communautés benthiques à se remettre complètement de cette perturbation et que les impacts répétés demeurent monnaie courante (Eigaard *et al.*, 2017).





7.4.3 La mariculture

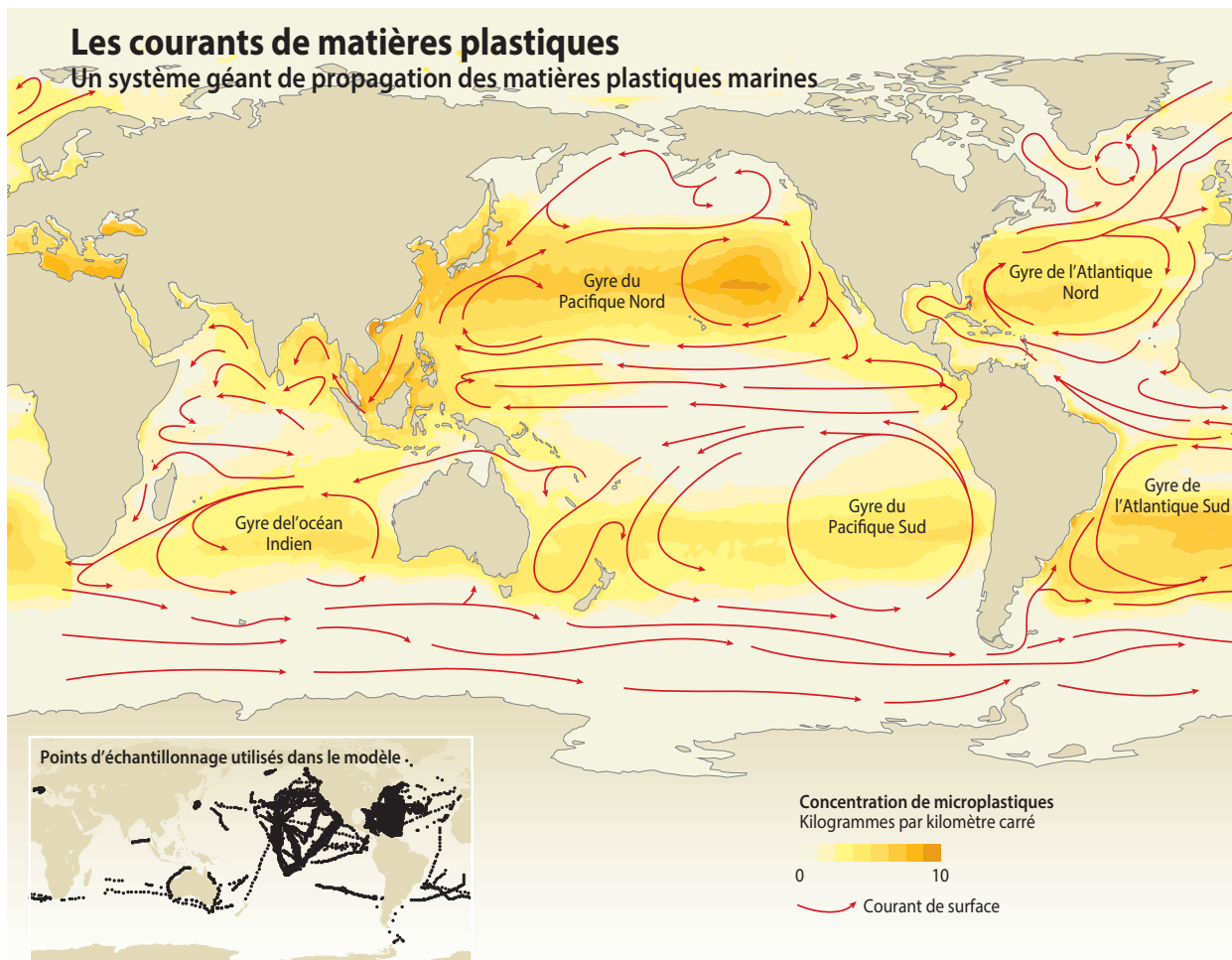
La mariculture a un impact important sur l'écosystème marin, et la documentation de ces effets est de plus en plus abondante. La conversion de mangroves aux fins de la mariculture a entraîné une perte d'habitat généralisée ayant d'importantes répercussions sur les espèces qui en dépendent. Dans les installations de culture ouvertes et denses, les antibiotiques et autres médicaments utilisés pour prévenir les maladies sont charriés par les courants et les marées bien au-delà des eaux de la zone de culture. L'excès d'aliments qui coule des cages peut s'accumuler dans les fonds marins, se décomposer et réduire la teneur en oxygène. Ces effets et d'autres, tels que le fait de constituer des vecteurs ou des ressources pour les parasites et les maladies, ou les risques croissants associés au flux de gènes non adaptatifs et aux espèces envahissantes, peuvent être gérés par des opérations minutieuses qui, cependant, sont parfois onéreuses (Bernal et Oliva, 2016). Toutefois, l'approche écosystémique est également appliquée dans l'aquaculture, avec des objectifs comparables, et fait l'objet d'une adoption rapide par l'industrie (FAO, 2010).

7.4.4 Les déchets marins

Bien que la plus grande accumulation de déchets marins se produise dans les environnements côtiers (Derraik, 2002), le plastique (notamment le microplastique) se propage dans les océans du monde entier et s'accumule de plus en plus dans la zone de convergence de chacun des cinq gyres subtropicaux (Cozar et al., 2014 ; Van Sebille et al., 2015 ; Yang et al., 2015 ; voir **figure 7.7**).

La pollution par les plastiques est reconnue depuis des décennies comme étant une menace pour la biodiversité marine (Gray, 1997). L'un des impacts les plus visibles est la destruction ou le traumatisme de la vie marine par l'enchevêtrement avec des engins de pêche abandonnés et des emballages en plastique. Beaucoup d'animaux ingèrent aussi des déchets, soit accidentellement, soit volontairement lorsqu'ils les prennent pour des aliments. Il peut en résulter une inanition due à un blocage intestinal ou à un manque de nutriments (PNUE et GRID-Arendal, 2016). Des études récentes ont montré qu'un nombre croissant de tortues, de mammifères marins et d'oiseaux de mer sont menacés ou décimés par les déchets flottants (Thiel et al., 2018 ; O'Hanlon et al., 2017).

Figure 7.7 : Les déchets plastiques en haute mer



Source : GRID-Arendal (2016b), d'après les données de Van Sebille et al. (2015).



Les microplastiques font désormais leur apparition dans les aliments consommés par les humains. Toutefois, leur incidence sur la santé humaine est mal connue (GESAMP, 2015 ; Halden, 2015). Des particules de plastique ont été découvertes dans les intestins de poissons prélevés dans tous les océans et dans des produits tels que le sel de mer (par exemple, Yang *et al.*, 2015 ; Güven *et al.*, 2017). Actuellement, aucune méthode standard ne permet d'évaluer les risques sanitaires associés à l'ingestion de particules de plastique. Au moins, en ce qui concerne le poisson, les humains n'en consomment généralement pas le tube digestif où le plastique s'accumule, de sorte que l'ingestion de plastique est probablement limitée. Dans les cas des organismes consommés entiers par les humains, telles les moules et les huîtres, le taux d'ingestion pourrait être plus élevé (Van Cauwenberghe et Janssen, 2014 ; Li *et al.*, 2018). En outre, la valeur esthétique et réparatrice des océans pour les humains est bien connue, mais il est prouvé que la présence de déchets marins peut saper les avantages psychologiques qu'ils procurent généralement (Wyles *et al.*, 2015).

Certains produits en plastique contiennent des substances chimiques dangereuses (par exemple, des produits ignifuges), et les déchets marins en plastique peuvent également attirer des produits chimiques qui se trouvent dans l'eau de mer environnante (par exemple, PNUE, 2016 ; PNUE et GRID-Arendal, 2016). Toutefois, la fraction des produits chimiques qui sont contenus dans le plastique ou qui y sont adsorbés dans les océans est actuellement considérée comme faible par rapport aux substances chimiques présentes dans l'eau de mer et aux particules organiques provenant d'autres sources terrestres de pollution (Koelmans *et al.*, 2016). Actuellement, on ne possède aucune preuve d'effets

toxiques des produits chimiques adsorbés par les particules de plastique présentes dans tout un éventail de biotes marins, mais il faudra amasser davantage de données pour bien comprendre l'importance relative de l'exposition aux produits chimiques adsorbés provenant de microplastiques par rapport à d'autres modes d'exposition (Ziccardi *et al.*, 2016).

Les coûts économiques et sociaux des déchets marins comprennent des effets indirects tels que l'interférence avec les possibilités de pêche artisanale, le tourisme et les loisirs (Watkins *et al.*, 2017). En général, ces coûts ne sont pas quantifiés, mais ils pourraient avoir des répercussions disproportionnées sur ceux dont les moyens de subsistance dépendent le plus des activités côtières. Les coûts économiques directs comprennent le coût du nettoyage des plages et celui des accidents liés aux dangers de la navigation ou à l'encrassement (PNUE, 2016). Selon les estimations de l'Union européenne, l'industrie de la pêche perd chaque année jusqu'à 62 millions d'euros (M€) du fait des dommages causés aux navires et aux engins de pêche et de la réduction des prises due à la pêche fantôme (les engins abandonnés qui continuent à capturer des organismes marins pendant leur dérive), et le nettoyage des plages coûte jusqu'à 630 M€ par an (Acoleyen *et al.*, 2013).

7.4.5 Des problèmes émergents pour l'océan

L'exploitation de l'océan est en pleine expansion, et les décideurs devront se pencher sur un certain nombre de questions émergentes essentielles à mesure que cette exploitation se poursuivra.



Encadré 7.3 : L'exploitation du sable côtier

Partout dans le monde, on exploite les zones côtières et littorales afin d'en tirer du sable et du gravier pour la construction. Il s'agit de ressources non renouvelables, bien que les gisements soient reconstitués par un certain nombre de processus, notamment l'érosion de la côte, le transport fluvial des sédiments et la production biologique (Woodroffe *et al.*, 2016), ainsi que par le transport des sédiments vers la terre. Le sable et le gravier constituent la ressource naturelle la plus utilisée sur notre planète après l'eau. Selon les estimations, la consommation annuelle de sable et de gravier est d'environ 40 à 50 milliards de tonnes (Gt) (de 5,2 à 6,6 tonnes par personne par an, soit environ 20 kg par personne par jour), dont 26 Gt servent à la fabrication du béton (Peduzzi, 2014).

La majeure partie du sable provient de l'érosion des montagnes par les cours d'eau et les glaciers. Selon les estimations, l'ensemble des cours d'eau de la Terre apportent environ 12,6 Gt de sédiments à la mer chaque année (Syvitski *et al.*, 2005). Par conséquent, les humains utilisent actuellement le sable à un rythme quatre fois plus grand que celui de sa production naturelle. Le sable du désert ne peut pas être utilisé comme agrégat, car le mouvement constant des grains sur les dunes les arrondit et les rend trop lisses.

Bon nombre de pays européens exploitent les bancs de sable de mer depuis plusieurs décennies (Baker *et al.*, 2016). Cette pratique se développe rapidement dans d'autres parties du monde, mais le volume exact extrait est actuellement indéterminé. Le dragage des fonds marins décime les organismes présents dans la zone exploitée, et le panache de boue perturbée peut recouvrir le fond marin et étouffer la vie marine dans les zones environnantes. L'exploitation illégale et mal réglementée du sable des plages (et des cours d'eau) cause de graves dommages aux écosystèmes et aux paysages (Larson, 2018). Par exemple, à Kiribati, l'exploitation des plages a accru la vulnérabilité aux inondations côtières (Ellison, 2018), tandis qu'Indonésie centrale, elle constitue l'une des menaces reconnues pour les herbiers marins (Unsworth *et al.*, 2018).

Les mesures visant à réduire l'« empreinte de l'extraction de sable » à l'échelle mondiale comprennent la conservation des bâtiments existants et le remplacement du sable et du gravier par des matériaux recyclés dans les nouveaux projets. Il est également possible de remplacer le sable dans le béton par 15 à 70% de cendres d'incinération, selon l'utilisation (Rosenberg, 2010). La recherche-développement sur le béton à base de sable du désert prend de l'ampleur, et de nouveaux produits sont actuellement à l'essai (Material District, 2018).

Une meilleure connaissance des milieux sableux et des écosystèmes qui en dépendent est nécessaire pour utiliser le plus judicieusement possible les ressources de sable et de gravier restantes (Peduzzi, 2014). Les indicateurs des ODD ne font aucune mention de l'exploitation minière des fonds marins ou de l'érosion côtière.



Encadré 7.4 : L'exploitation minière des fonds marins

L'exploitation de l'océan est en pleine expansion, et les décideurs devront se pencher sur un certain nombre de questions émergentes essentielles à mesure que cette exploitation se poursuivra.

L'exploitation minière des fonds marins à des fins commerciales n'a pas encore démarré, mais l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) a conclu des contrats de 15 ans avec des sociétés pour l'exploration de nodules polymétalliques (dans la zone de fracture de Clarion-Clipperton et le bassin central indien), de sulfures polymétalliques (dans la dorsale sud-ouest indienne, la dorsale centrale indienne et la dorsale médio-atlantique) et d'encroûtements cobaltifères de ferromanganèse (dans le Pacifique occidental). En outre, un certain nombre de pays insulaires du Pacifique ayant des ressources minérales potentielles en eaux profondes ont délivré des permis d'exploration ou sont en voie d'actualiser les politiques pertinentes avant de procéder.

À l'échelle mondiale, les gisements de minéraux en eaux profondes deviennent plus attrayants pour les sociétés minières en quête de corps minéralisés de qualité supérieure (Secrétariat de la Communauté du Pacifique [SPC], 2013a ; SPC, 2013b). Ces gisements comprennent: 1) des nodules de manganèse qui se présentent sous la forme de roches dont la taille varie du galet au bloc, éparpillés sur de vastes zones des fonds océaniques abyssaux à des profondeurs de plus de 5 000 m ; 2) des encroûtements cobaltifères formés sur les flancs des monts sous-marins et sur d'autres éléments des fonds marins volcaniques ; 3) des dépôts massifs de sulfures formés en association avec les événements hydrothermaux qui longent les dorsales d'expansion des fonds marins, les bassins d'arrière-arc et les arcs volcaniques sous-marins. Les communautés benthiques qui habitent ces environnements sont uniques au monde et abritent de nombreuses espèces endémiques (Beaudoin et Smith, 2012). L'intérêt pour l'exploitation des gisements massifs de sulfures situés dans le sud-ouest du Pacifique est plus poussé, mais de nombreuses questions relatives aux incidences environnementales demeurent sans réponse (Boschen *et al.*, 2013).

Les impacts potentiels de l'exploitation minière des fonds marins sont mal étudiés, mais on suppose généralement qu'ils comprennent: 1) des effets directs sur les communautés benthiques, là où se fait l'extraction des nodules ou des dépôts de minerai ; 2) des effets sur le benthos dus à la mobilisation, au transport et au redépôt des sédiments sur des zones potentiellement étendues ; 3) des effets sur la colonne d'eau dans les cas où les navires d'exploitation minière rejettent un panache de sédiments près de la surface de la mer, affectant ainsi le phytoplancton et les poissons pélagiques (Morgan, Odunton et Jones, 1999 ; Sharma, 2001). Une expérience sur la perturbation des fonds marins réalisée dans le bassin du Pérou a révélé un très faible rétablissement de la faune benthique 26 ans après une imitation des opérations minières (Marcon *et al.*, 2016). Compte tenu des lacunes sur le plan des connaissances et de la compréhension, il a été recommandé aux pays de poursuivre avec prudence la mise en valeur de ces ressources (Van Dover, 2011 ; Van Dover *et al.*, 2017). Dans le contexte de l'exploitation minière des fonds marins, le monde a une occasion unique de prendre des décisions réfléchies au sujet d'une industrie avant que celle-ci ne démarre ses activités.

L'AIFM est chargée d'assurer une protection efficace du milieu marin contre les effets nocifs de l'exploitation minière des fonds marins dans les ZADJN (conformément à la partie XI de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer). L'AIFM est en voie d'élaborer son Code minier, qui contient des règles et des procédures visant à réglementer la prospection, l'exploration et l'exploitation des minéraux marins dans ces zones (AIFM, 2017).

Bon nombre d'États disposant d'un potentiel minéral en haute mer ont élaboré des politiques visant à réglementer cette nouvelle industrie ou sont en voie de le faire. Parmi ces diverses initiatives, on peut citer le cadre législatif et réglementaire régional pour l'exploration et l'exploitation des minéraux en haute mer mis au point par le SPC (2013b), la politique nationale sur les minéraux des fonds marins des Îles Cook (Cook Islands Seabed Minerals Authority, 2014) et la loi de 2014 sur l'exploitation minière des fonds marins de Tuvalu (*Tuvalu Seabed Mining Act 2014*).



Encadré 7.5 : Le bruit anthropique dans les océans

L'impact potentiel du bruit acoustique anthropique sur la vie marine suscite des préoccupations croissantes. Ce bruit est produit par tout un éventail d'activités, notamment la navigation, les levés sismiques, les opérations militaires, les parcs éoliens, le dragage des chenaux et l'extraction de granulats (Inger *et al.*, 2009). Les grands navires commerciaux produisent un bruit dont la fréquence, qui se situe entre 10 et 1 000 Hz, coïncide avec la gamme de fréquences utilisées par les mammifères marins pour communiquer et naviguer (Richardson *et al.*, 1995). Il est attesté que les bruits à basse fréquence ont augmenté de manière significative dans les profondeurs des océans depuis les années 1950 (Andrew *et al.*, 2002 ; McDonald *et al.*, 2006 ; Chapman et Price, 2011). Toutefois, certaines observations récentes révèlent un niveau constant ou une légère tendance à la baisse des bruits à basse fréquence (Andrew *et al.*, 2011 ; Miksis-Olds et Nichols, 2016). Les données sur les niveaux de bruit dans les eaux peu profondes du plateau continental sont peu nombreuses (Harris *et al.*, 2016).

Les adaptations évolutives qui ont permis à bon nombre d'espèces marines de détecter les sons pourraient désormais les rendre vulnérables à la pollution sonore (Popper et Hastings, 2009). L'énergie sonore se dissipe en fonction du carré de la distance, de sorte que la proximité de la source sonore constitue un facteur important pour le calcul de l'impact. Les toutes premières recherches sur le bruit et les mammifères marins étaient axées sur les sons à haute fréquence, tels que les sonars de navires, qui avaient causé l'échouage de baleines (par exemple, Fernández *et al.*, 2005). Plus récemment, les chercheurs ont tenté de déterminer les incidences des sons courants à basse fréquence sur les mammifères marins. Bien qu'il soit difficile de déterminer l'impact des bruits anthropiques sur les mammifères marins, on s'entend généralement sur le fait que ces bruits peuvent avoir des effets néfastes, allant des changements de comportement à l'échouage (Götz *et al.*, 2009). Dans une étude ayant trait à l'incidence des bruits océaniques sur le comportement et la physiologie des poissons, de Cox *et al.* (2016) ont établi que certains sons peuvent perturber la communication et perturber les interactions entre les prédateurs et les proies. Il a également été constaté que les bruits à basse fréquence ont une incidence sur les crustacés, qui se manifeste par des changements dans leur comportement et leur fonction écologique (Tidau et Briffa, 2016).

Les effets à long terme et cumulatifs du bruit sur la biodiversité marine (CDB, 2012) sont de plus de plus en plus préoccupants. La CDB (dans le paragraphe opérationnel 3 de la Décision XIII/10) invite à une meilleure évaluation des niveaux de bruit dans les océans, à la poursuite de la recherche, au développement et au transfert de technologies, ainsi qu'au renforcement des capacités et à l'atténuation des effets susdits (CDB, 2016). Récemment, la Directive-cadre « Stratégie pour le milieu marin » de l'Union européenne 2017/848 (Commission européenne, 2017) a prescrit des critères et normes méthodologiques – visant à garantir que le bruit généré ne porte pas atteinte au milieu marin – et proposé des méthodes normalisées de suivi et d'évaluation.

La CNUDM ne mentionne aucun bruit anthropique spécifique, mais si la production de bruit dans le milieu marin est susceptible d'avoir une incidence négative sur l'environnement, elle pourrait être considérée comme étant une forme de pollution en vertu de la CNUDM. Les délégués au Processus consultatif officiel ouvert à tous sur les océans et le droit de la mer des Nations Unies (ICP-19, 2018) ont discuté de la reconnaissance du bruit sous-marin comme une forme de pollution transfrontalière à atténuer et à traiter dans le cadre d'une résolution de l'Assemblée générale des Nations Unies.



7.5 Réponses

Les approches et instruments politiques de gouvernance qui ont trait aux impacts sur le milieu marin sont très variés. Nous présentons ici un examen général de ces approches stratégiques ; l'efficacité d'exemples précis est abordée au chapitre 14 (partie B).

7.5.1 Les récifs coralliens

Comme la fréquence accrue du blanchissement des coraux est attribuée au changement climatique mondial d'origine anthropique, seule une réponse stratégique mondiale peut s'attaquer à la cause profonde du problème. Le terme « récifs coralliens » n'est pas mentionné dans les indicateurs des ODD, même dans l'ODD 14, « Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable ». L'objectif 10 d'Aichi pour la diversité biologique est lié à la conservation des récifs coralliens et s'énonce comme suit : « D'ici à 2015, les nombreuses pressions anthropiques exercées sur les récifs coralliens et les autres écosystèmes vulnérables marins et côtiers affectés par les changements climatiques ou l'acidification des océans sont réduites au minimum, afin de préserver leur intégrité et leur fonctionnement. » La cible 14.2 de l'ODD relatif aux océans – « D'ici à 2020, gérer et protéger durablement les écosystèmes marins et côtiers, notamment en renforçant leur résilience, afin d'éviter les graves conséquences de leur dégradation et prendre des mesures en faveur de leur restauration pour rétablir la santé et la productivité des océans » – pourrait s'avérer irréalisable pour la plupart des écosystèmes de récifs coralliens tropicaux. La résilience des récifs coralliens est affectée par les impacts humains cumulés (par exemple, la pêche, la pollution côtière, le ruissellement des sédiments, les espèces envahissantes) ; il faut donc freiner ces impacts afin de pérenniser les récifs à l'avenir.

Les nations tributaires de la pêche, du tourisme et d'autres secteurs basés sur les récifs devront élaborer des politiques de transition vers une économie post-récifs au cours de la prochaine décennie, notamment pour faire face aux traumatismes culturels connexes, en particulier là où la dégradation des récifs est extrêmement rapide et étendue dans l'espace. En outre, les pays établis sur des atolls coralliens de faible altitude devront élaborer des politiques de transition vers des milieux où les avantages naturels des récifs coralliens pour les populations sont très réduits ou disparaissent. Étant donné que dans certains habitats de récifs, les impacts du changement climatique seront moins graves et les coraux pourraient survivre, les pays possédant des récifs devraient envisager des mesures immédiates visant à protéger tous les habitats de récifs coralliens connus de toute utilisation à d'autres fins que la subsistance (autrement dit, faire de tous les récifs des zones de conservation totale où les prises et la circulation sont interdites), jusqu'à ce que l'emplacement des récifs qui ont le plus de chances de survivre soit connu (Beyer *et al.*, 2018). Des études montrent que dans les aires marines protégées (AMP) où les prises sont interdites, la résilience de l'écosystème des récifs s'améliore (Steneck *et al.*, 2018).

Le défi consiste à passer d'une gestion et d'un suivi locaux à une gouvernance à échelons multiples permettant de traiter les forces motrices, les seuils et les rétroactions à une échelle pertinente. La gestion des récifs coralliens doit s'adapter et mettre en œuvre de nouvelles approches telles que la résilience et la gestion basées sur les écosystèmes, ce qui englobe la manipulation des écosystèmes, la bio-ingénierie d'espèces coralliennes résistantes à la chaleur, ainsi que la création d'institutions et de partenariats internationaux dans le but de remédier aux aspects mondiaux du déclin des récifs coralliens (Hughes *et al.*, 2017).

7.5.2 La pêche

Les politiques et les mesures de gestion des impacts de la pêche sur les écosystèmes

Les impacts de la pêche sur les espèces non livrées sur les marchés (collectivement appelées « prises accessoires ») sur les fonds marins et leur biote, ainsi que sur la structure et la fonction des écosystèmes marins, faisaient déjà l'objet d'études avant les années 1980. Les mesures visant à gérer tous ces types d'effets sont connues, réalisables et susceptibles de les maintenir dans des limites écologiques viables (FAO, 2009a). Elles comprennent des technologies et des pratiques qui rendent les engins de pêche plus sélectifs pour les espèces cibles, découragent les prises accessoires d'oiseaux, de mammifères et de reptiles marins, et évitent ou réduisent les incidences des engins de pêche sur les fonds marins (FAO, 2009a ; FAO, 2009b). Des directives sur la manière d'appliquer toutes ces mesures et les conditions de leur application sont disponibles depuis plus d'une décennie (FAO, 2003) et sont régulièrement élargies et actualisées (par exemple, FAO et Groupe de la Banque mondiale, 2015). D'importants engagements stratégiques mondiaux ont été pris afin d'éviter ou d'atténuer les effets de la pêche sur les écosystèmes (Rice, 2014).

Les mesures spatiales jouent un rôle dans la gestion des pêches depuis plus d'un siècle, et la multiplication des AMP a attisé l'intérêt pour les méthodes de gestion spatiale. Bon nombre de facteurs écologiques et de gouvernance semblent influencer sur l'efficacité des AMP et la valeur qu'elles ajoutent à d'autres mesures (Rice *et al.*, 2012). Dans l'ensemble, on est de plus en plus conscient que les AMP peuvent aider à maintenir la durabilité des pêches, particulièrement en ce qui concerne la protection des caractéristiques sensibles de l'habitat ou l'apport à l'amélioration de l'état des stocks halieutiques lorsque la mise en œuvre de mesures conventionnelles de gestion des pêches n'est pas efficace. Toutefois, les AMP produisent aussi un large éventail d'impacts sociaux et économiques à examiner au cas par cas (FAO, 2007). En outre, on note des résultats contradictoires en ce qui concerne les avantages des AMP, tels que les effets d'entraînement, et les études ayant trait à leurs incidences sur les moyens de subsistance des populations côtières et aux implications en matière de sécurité alimentaire donnent des résultats mitigés (FAO, 2016b).

Les pêches subissent plusieurs répercussions du changement climatique qui sont bien documentées dans la contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (GIEC, 2013) ; elles feront aussi l'objet d'un rapport spécial du GIEC sur les océans et la cryosphère, attendu vers la fin de 2019. À mesure que le réchauffement climatique influe sur les profils de température et de salinité, la distribution et la productivité d'importantes espèces cibles se reflètent déjà dans l'évolution de la répartition des prises de pêche. En outre, les changements environnementaux ont un impact sur la productivité des stocks halieutiques et sur leur disponibilité selon l'endroit ou la période de l'année, ce qui a des répercussions sur les pêches mobiles à grande échelle (qui pourraient se voir contraintes de modifier leurs lieux ou leurs périodes d'activité) et sur les pêches artisanales à faible mobilité (qui devront peut-être s'adapter à un nouvel éventail d'espèces disponibles). Certaines pratiques culturelles associées à la pêche pourraient rendre ces défis difficiles à relever.

L'acidification des océans menace un grand nombre d'espèces, en particulier aux premiers stades de la vie. C'est notamment le cas de nombreux coquillages, car plus l'eau de mer est acide, moins le carbonate de calcium nécessaire à la formation de leur coquille est disponible. Les estimations des pertes dues à l'acidification des océans sont très variables, mais certaines projections laissent entrevoir des pertes de plus de 100 milliards de dollars É.-U. à l'horizon 2100 (Narita, Redhaz et Tol, 2012 ; Lemasson *et al.*, 2017). L'acidification est considérée comme une menace particulièrement grave dans les régions polaires (Tarling *et al.*, 2016) et doit donc être sérieusement prise en considération.



Encadré 7.6 : Exemples d'engagements politiques mondiaux existants en faveur de la pêche durable s'appuyant sur une approche écosystémique (les dates des accords sont entre crochets)

Les paragraphes 61(4) et 119(1) de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer renvoient tous deux nommément à la durabilité des espèces associées aux espèces exploitées ou dépendant de celles-ci, et plusieurs articles des parties V, VI et VII font référence à la pêche durable [1982].

Accord des Nations Unies sur les stocks de poissons, article 5.3.d : Élaborer des programmes de collecte et de recherche de données pour évaluer l'impact de la pêche sur les espèces non visées et les espèces associées aux espèces exploitées ou dépendant de celles-ci et sur leur environnement, et adopter les plans nécessaires pour assurer la conservation de ces espèces et protéger les habitats particulièrement préoccupants [1995].

Objectif 6 d'Aichi pour la diversité biologique : D'ici à 2020, tous les stocks de poissons et d'invertébrés et plantes aquatiques sont gérés et récoltés d'une manière durable, légale et en appliquant des approches fondées sur les écosystèmes, de telle sorte que la surpêche soit évitée, que des plans et des mesures de récupération soient en place pour toutes les espèces épuisées, que les pêcheries n'aient pas d'impacts négatifs marqués sur les espèces menacées et les écosystèmes vulnérables, et que l'impact de la pêche sur les stocks, les espèces et les écosystèmes reste dans des limites écologiques sûres [2010].

Assemblée générale des Nations Unies, Résolution 61/105, paragraphe 80 : Demande aux États d'agir immédiatement, individuellement et par l'intermédiaire des organismes et accords régionaux de gestion des pêches, et conformément au principe de précaution et aux approches écosystémiques, afin de gérer durablement les stocks de poissons et de protéger les écosystèmes marins vulnérables, notamment les monts sous-marins, les cheminées hydrothermales et les coraux d'eau froide, des pratiques de pêche destructrices, vu l'immense importance que revêtent les écosystèmes des grands fonds marins et la biodiversité qu'ils contiennent [2006]. Cette résolution a fait l'objet de plusieurs mises à jour.

Cible 14.4 des ODD : D'ici à 2020, réglementer efficacement la pêche, mettre un terme à la surpêche, à la pêche illicite, non déclarée et non réglementée et aux pratiques de pêche destructrices et exécuter des plans de gestion fondés sur des données scientifiques, l'objectif étant de rétablir les stocks de poissons le plus rapidement possible, au moins à des niveaux permettant d'obtenir un rendement constant maximal compte tenu des caractéristiques biologiques [2016].

Avantages sociaux et économiques de la pêche

Les avantages et les perspectives de développement qu'offre la pêche sont importants pour les différentes pêches (la grande pêche ou pêche industrielle, la petite pêche ou pêche artisanale). Certaines activités de pêche industrielle ou artisanale ont considérablement épuisé les stocks qu'elles exploitent, et certaines des pratiques de pêche les plus destructrices, notamment la pêche à la dynamite et au poison, sont l'apanage de la pêche artisanale. Il résulte de la portée géographique de la pêche industrielle que même s'ils sont modestes, les taux de prises accessoires et les impacts sur l'habitat des engins de pêche peuvent exercer une pression importante sur les espèces capturées comme prises accessoires et les caractéristiques des fonds marins (FAO, 2009a ; FAO, 2018a).

La petite pêche et la grande pêche diffèrent par l'ampleur de la valeur marchande de leurs prises, le nombre d'emplois créés, le nombre de personnes dont elles assurent la subsistance et la distribution sociale des avantages tirés de la pêche. À quelques exceptions près, la pêche industrielle assure des recettes économiques directes plus importantes, mais elle exige également beaucoup plus d'investissements dans les navires et les engins de pêche et de capacité de transformation des produits de la pêche. Par ailleurs, la pêche artisanale génère habituellement beaucoup plus d'emplois pour un même volume de captures,

surtout par les nombreux emplois indirects générés à terre dans la commercialisation et la transformation à petite échelle, formant parfois plusieurs couches d'opportunité. Ces facteurs multiplicatifs s'appliquent également à la pêche industrielle, qui peut créer de nombreux emplois dans les zones rurales du littoral, mais comme la collecte de données sur ce sujet est rarement systématique, le nombre total d'emplois générés par tous les types de pêche est probablement sous-estimé.

Les rôles des femmes et des hommes diffèrent également entre la grande et la petite pêche. La plupart des pêcheurs en haute mer sont des hommes. Les femmes pratiquent en général la pêche sur les récifs peu profonds et les estrans, ainsi que dans les mangroves et les estuaires côtiers (Lambeth *et al.*, 2014). Les femmes jouent souvent un rôle de premier plan dans la transformation, la commercialisation et la vente du poisson après la capture. Ces rôles sont souvent omis dans les efforts de collecte de données et négligés dans les programmes gouvernementaux ou d'aide conventionnels qui soutiennent la pêche et les pêcheurs (Siason *et al.*, 2010). Toutefois, lorsqu'on dénombre l'ensemble de l'effectif de cette l'industrie, les femmes en représentent près de 50 % (Banque mondiale, 2012 ; **tableau 7.2**).

Les questions touchant l'ampleur et la répartition des recettes et des emplois associés à la pêche industrielle ou artisanale

Tableau 7.2 : L'emploi dans les pêches de capture mondiales

	Pêche artisanale			Pêche industrielle			Total
	En mer	Dans les eaux intérieures	Total	En mer	Dans les eaux intérieures	Total	
Nombre de pêcheurs (en millions)	13	18	31	2	1	3	34
Nombre d'emplois post-capture (en millions)	37	38	75	7	0,5	7,5	82,5
Total	50	56	106	9	1,5	10,5	116,5
Proportion des femmes	36 %	54 %	46 %	66 %	28 %	62 %	47 %

Source : Banque mondiale (2012).



présentent des choix complexes aux décideurs. Dans les pays en développement, la pêche artisanale offre un important apport potentiel au développement et à la distribution équitable des moyens de subsistance tirés de la pêche. Cela ne signifie pas que les recettes de la pêche suffisent à elles seules à maintenir les ménages à un niveau supérieur au seuil de pauvreté ou au salaire minimum national (FAO, 2016a) ; par ailleurs, ces pêches sont particulièrement vulnérables aux menaces extérieures dues à des facteurs tels que le changement climatique (Barange *et al.*, 2014 ; Guillotreau, Campling et Robinson, 2012). La pêche industrielle permet davantage de générer des recettes pour les participants et les gouvernements (Banque mondiale, 2012), mais elle comporte un plus grand risque de concentrer la richesse et les perspectives qu'elle génère entre les mains d'un nombre restreint d'individus (Olson, 2011). La manière dont les prises de poissons disponibles sont réparties entre la pêche artisanale et industrielle a donc des répercussions majeures sur le développement, l'emploi et la génération de revenus, répercussions qui doivent être pleinement prises en compte dans toute politique globale sur la pêche.

Les pêches, les ODD et les Objectifs d'Aichi

Les pêches jouent un rôle important dans la réalisation des ODD 1 et 2 (éliminer la pauvreté et la faim) et dans celle de l'ODD 14 (conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines). Afin de répondre aux besoins mondiaux en matière de sécurité alimentaire, l'apport en protéines alimentaires d'origine marine devra croître d'au moins 50 % et probablement de beaucoup plus que cela (Rice et Garcia, 2011). Une certaine combinaison de stratégies de récolte innovantes – qui permettent d'accroître la récolte de sources alimentaires ayant actuellement une faible valeur marchande et assurent leur distribution sur les marchés appropriés (par exemple, Garcia *et al.*, 2012) et l'expansion de la production maricole – sera essentielle pour réaliser l'ODD 2, et pourrait contribuer à améliorer l'emploi et les moyens de subsistance soutenus par la production d'aliments d'origine marine (ODD 1). Ces besoins sont des défis pour l'ODD 14, car les plans visant à promouvoir cet objectif impliquent en général des discussions sur la réduction de la pression des pêches sur les écosystèmes marins, la reconstitution des stocks épuisés, l'arrêt de la surpêche et de la pêche INN, et l'élargissement considérable de la couverture des AMP où les prises sont interdites. Ces objectifs peuvent être poursuivis à l'unisson, mais seulement si la planification en vue de l'augmentation des prises et de la production maricole – y compris son expansion en mer – se fait très judicieusement, en tenant compte dans chaque cas de tous les impacts sur l'écosystème. Si, dans l'ODD 14, la notion de « conserver » est interprétée comme étant complémentaire à celle d'« exploiter de manière durable », les systèmes modifiés par rapport à leur état primitif sont considérés comme « conservés » tant que l'essentiel de leurs propriétés structurelles et de leurs processus fonctionnels n'est pas altéré au-delà des « limites écologiques sûres » mentionnées dans l'Objectif 6 d'Aichi. Une telle planification judicieuse de l'expansion de la production alimentaire tirée de la mer pourrait également contribuer à la réalisation des ODD 3 (bonne santé et bien-être), 5 (égalité entre les sexes) et 12 (consommation et production responsables), tant que ces facteurs feront partie intégrante des avantages recherchés à travers la hausse de la production alimentaire.

L'Objectif 6 d'Aichi est lui aussi directement axé sur la pêche. Beaucoup plus détaillé que l'ODD 14, il énonce tous les facteurs écologiques liés à la pêche qui doivent être rendus durables d'ici à 2020, notamment les niveaux de prises de tous les stocks, l'engagement à reconstituer les stocks épuisés, la gestion des prises accessoires et l'impact des engins de pêche sur les habitats, ainsi que la mise en place d'une structure et d'une fonction écosystémiques résilientes.

7.5.3 Les déchets marins

Les réponses stratégiques aux plastiques marins sont de plus en plus nombreuses et vont des instruments mondiaux – tels que la Convention MARPOL, la CNUDM, l'Engagement d'Honolulu et la Stratégie d'Honolulu – à l'interdiction municipale ou nationale de certains produits (par exemple, les sacs en plastique à usage unique), en passant par les plans d'action régionaux tels que le Plan régional sur la gestion des déchets marins en Méditerranée (PAM/PNUE, 2015). Les déchets marins sont intégrés à l'indicateur 14.1.1 de la cible 14.1 des ODD, un indicateur composite qui comprend : i) l'indicateur du potentiel d'eutrophisation côtière ; ii) la densité des débris de plastique flottant à la surface des océans. La troisième Assemblée des Nations Unies pour l'environnement (ANUE-3) a adopté la Résolution UNEP/EA.3/Res.7, qui prévoit la création d'un groupe d'experts spécial à composition non limitée chargé d'examiner plus avant les solutions permettant de lutter contre les déchets plastiques et les microplastiques dans le milieu marin provenant de toutes sources, en particulier de sources terrestres, et les difficultés à surmonter (ANUE, 2017). La première réunion du groupe d'experts s'est tenue à Nairobi, au Kenya, du 29 au 31 mai 2018.

Le nettoyage des côtes et des plages peut procurer des avantages environnementaux et économiques (par exemple, selon les estimations du comté d'Orange, en Californie, on pourrait générer un avantage économique de plus de 140 millions de dollars É.-U. par an grâce au nombre accru de visiteurs attirés par des plages plus propres [Leggett *et al.*, 2014]). Pour le moment, par contre, le nettoyage de la haute mer ne semble pas être une solution pratique au problème des déchets marins. Le coût du temps de navigation nécessaire pour nettoyer les déchets concentrés dans 1 % du gyre du Pacifique central (environ un million de kilomètres carrés) se situe, selon les estimations, entre 122 et 489 millions de dollars É.-U. (NOAA, 2012). De grands barrages flottants peuvent être efficaces pour confiner les déchets de surface dans une zone de petite dimension. Un barrage flottant de 600 mètres de long mis au point par l'ONG Ocean Cleanup a récemment amorcé sa course au large de la Californie. Si cette expérience réussit, il sera déployé en haute mer dans le gyre du Pacifique Nord (Stokstad, 2018).

Selon ce qu'indique la recherche, jusqu'à 95 % des plastiques qui se retrouvent dans l'océan ne demeurent pas dans les eaux de surface (Eriksen *et al.*, 2014). Toutefois, les connaissances sur le comportement et la répartition des plastiques dans les océans et les endroits où ils finissent par se retrouver sont très lacunaires (Cozar *et al.*, 2014). Par conséquent, les efforts de lutte contre les déchets marins devraient porter principalement sur leur prévention à la source, grâce à des modes de consommation et de production durables, à une gestion saine des déchets, au traitement des eaux usées et à la récupération des ressources, en s'appuyant sur les principes de l'économie circulaire (Eriksen *et al.*, 2014 ; PNUE, 2016).

7.6 Conclusions

Les océans sont affectés par de nombreuses activités humaines, et les impacts les plus graves sont liés au changement climatique, à la pollution d'origine terrestre et à la pêche. Au nombre des impacts du changement climatique, notre évaluation fait ressortir plusieurs problèmes : l'acidification des océans, l'élévation du niveau des mers, l'évolution de la formation des eaux de fond, la répartition de nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés et la circulation océanique. L'impact le plus spectaculaire et le plus immédiat du changement climatique sur les océans au cours des dernières années (cycle du rapport GEO-6) tient au blanchissement et à la destruction des récifs coralliens. La pollution, en particulier celle qui est due aux plastiques, constitue une préoccupation



majeure pour de nombreux écosystèmes marins et côtiers. En ce qui concerne le secteur de la pêche, le présent chapitre fait ressortir les préoccupations liées à la surpêche, aux effets du changement climatique sur les modèles de distribution des espèces et à l'essor de l'aquaculture. Nous résumons donc quelques constatations clés :

1. Les récifs coralliens tropicaux ont franchi un point de bascule : le blanchissement chronique a détruit de nombreux récifs qui ont peu de chance de se rétablir, même sur une échelle temporelle de plusieurs siècles. La destruction des récifs sera suivie de la perte de ressources halieutiques, de moyens de subsistance liés au tourisme et d'habitats. La disparition des écosystèmes de récifs coralliens tropicaux sera une catastrophe pour de nombreuses communautés et industries qui en dépendent. Même si les pays possédant des récifs coralliens prennent des mesures immédiates pour les protéger contre toute utilisation non liée à la subsistance, il existe un risque majeur que de nombreuses industries axées sur les récifs s'effondrent au cours de la prochaine décennie.
2. Des déchets marins ont été découverts dans tous les océans et à toutes les profondeurs. On dispose désormais de documents sur les microplastiques et nanoplastiques présents dans le réseau trophique, notamment dans les fruits de mer consommés par les humains. Le volume de déchets marins s'est accru et, selon les estimations, 8 Mt de plastiques, provenant principalement de sources terrestres, aboutissent chaque année dans les océans. Si les pays ne prennent pas de mesures préventives, les déchets continueront de s'accumuler dans les océans et de mettre en péril la santé des écosystèmes et la sécurité alimentaire des êtres humains. La prévention consiste à assurer la récupération et le recyclage de tous les produits plastiques usagés, à encourager les communautés à réduire le volume de leur production de déchets, et à améliorer la gestion des déchets solides et le traitement des eaux usées. Le nettoyage des océans n'est pas une option viable si aucune mesure n'est prise pour empêcher les déchets d'aboutir dans les océans.
3. Afin de relever les défis futurs en matière de sécurité alimentaire et de santé des populations, en plus d'utiliser de façon plus efficiente tous les produits naturels pêchés à des fins alimentaires, il faudra prélever davantage de poissons, d'invertébrés et de végétaux marins dans les océans et sur les côtes à des fins de consommation. La pêche de capture et la mariculture doivent donc s'étendre tout en préservant la durabilité. Il est possible de maintenir la durabilité des pêches de capture, mais, pour cela, il faut des investissements importants dans le suivi, l'évaluation et la gestion (aux échelons national, régional et international) et des approches communautaires solides à l'échelon local. La mariculture durable requiert des connaissances et de l'attention dans la gestion des opérations. Sans de solides assises en termes de connaissances et de gouvernance des pêches et de la mariculture, les tendances à la surexploitation, aux dommages environnementaux et à l'épuisement des ressources sont probables, et ni la sécurité alimentaire ni les objectifs sanitaires ne seront atteints.

Références



- Acoleyen, M., Laureysens, I., Lambert, S., Raport, L., van Sluis, C., Kater, B. et al. (2013). *Final Report: Marine Litter Study To Support The Establishment of an Initial Quantitative Headline Reduction Target - SFRA0025*. European Commission. http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/final_report.pdf.
- Alverson, D.L., Freeberg, M.H., Murawski, S.A. et Pope, J.G. (1994). *A Global Assessment of Fisheries Bycatch and Discards*. FAO Fisheries Technical Paper. Rome. <http://www.fao.org/docrep/003/t4890e/t4890e00.htm>.
- Andrew, R.K., Howe, B.M. et Mercer, J.A. (2011). Long-time trends in ship traffic noise for four sites off the North American west coast. *The Journal of the Acoustical Society of America* 129(2), 642-651. <https://doi.org/10.1121/1.3518770>.
- Andrew, R.K., Howe, B.M., Mercer, J.A. et Dzieliuch, M.A. (2002). Ocean ambient sound: Comparing the 1960s with the 1990s for a receiver off the California coast. *Acoustics Research Letters Online* 3(2), 65-70. <https://doi.org/10.1121/1.1461915>.
- Australia, Great Barrier Reef Marine Park Authority (2017). *Reef health*. <http://www.gbrmpa.gov.au/about-the-reef/reef-health>.
- Baker E., Gaill F., Karageorgis A., Lamarque G., Narayanaswamy B., Parr J. et al. (2016). Offshore mining industries. In *The First Global Integrated Marine Assessment - World Ocean Assessment I*. United Nations. Chapitre 23. http://www.un.org/Depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/Chapter_23.pdf.
- Baker, E.K., Thygesen, K. et Roche, C. (2017). Why we need action on mercury now. [Grid-Arendal <https://news.grida.no/why-we-need-action-on-mercury-now> (consulté en juin 2018).
- Barange, M., Merino, G., Blanchard, J.L., Scholtens, J., Harle, J., Allison, E.H. et al. (2014). Impacts of climate change on marine ecosystem production in societies dependent on fisheries. *Nature Climate Change* 4(3), 211-216. <https://doi.org/10.1038/nclimate2119>.
- Basel Convention (2017). *BC-13/17: Work Programme and Operations of the Open-ended Working Group for the biennium 2018-2019*. Basel Convention. <https://www.informea.org/en/decision/work-programme-and-operations-open-ended-working-group-biennium-2018-2019>.
- Beaudoin, Y.C. et Smith, S. (2012). Habitats of the Su Su Knolls hydrothermal site, eastern Manus Basin, Papua New Guinea. In *SeaFloor Geomorphology as Benthic Habitat*. Harris, P. et Baker, E. (dir.). Elsevier. 843-852. https://www.researchgate.net/publication/284781274_Habitats_of_the_Su_Su_Knolls_Hydrothermal_Site_Eastern_Manus_Basin_Papua_New_Guinea.
- Bell, J.D., Watson, R.A. et Ye, Y. (2017). Global fishing capacity and fishing effort from 1950 to 2012. *Fish and Fisheries* 18(3), 489-505. <https://doi.org/10.1111/faf.12187>.
- Bernal, P. et Oliva, D. (2016). Aquaculture. In *The First Global Integrated Marine Assessment - World Ocean Assessment I*. Innis, L. et Simcock, A. (dir.). United Nations. Chapitre 12. http://www.un.org/Depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/Chapter_12.pdf.
- Beverton, R.J.H. et Holt, S.J. (1957). *On The Dynamics of Exploited Fish Populations*. 1^{re} edn. London: Her Majesty's Stationery Office. https://trove.nla.gov.au/work/13338365?q&sort=holdings-desc&_u=539166792028&versionid=25601182.
- Beyer, H.L., Kennedy, E.V., Beger, M., Chen, C.A., Cinner, J.E., Darling, E.S. et al. (2018). Risk-sensitive planning for conserving coral reefs under rapid climate change. *Conservation Letters*, e12587. <https://doi.org/10.1111/conl.12587>.
- Boschen, R.E., Rowden, A.A., Clark, M.R. et Gardner, J.P.A. (2013). Mining of deep-sea seafloor massive sulfides: A review of the deposits, their benthic communities, impacts from mining, regulatory frameworks and management strategies. *Ocean & Coastal Management* 84, 54-67. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.07.005>.
- Brander, L. et Van Beurker, P. (2013). *The Total Economic Value of U.S. Coral Reefs: A Review of The Literature*. Silver Spring, MD: National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) Coral Reef Conservation Programme (CRCP). https://data.nodc.noaa.gov/coris/library/NOAA/CRCP/other/other_crpc_publications/TEV_US_Coral_Reefs_Literature_Review_2013.pdf.
- Burke, L., Reyter, K., Spalding, M. et Perry, A. (2012). *Reefs at Risk Revisited in the Coral Triangle*. Washington, DC: World Resources Institute. http://pdf.wri.org/reefs_at_risk_revisited_coral_triangle.pdf.
- Campana, S.E. (2016). Transboundary movements, unmonitored fishing mortality, and ineffective international fisheries management pose risks for pelagic sharks in the Northwest Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 73(10), 1599-1607. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2015-0502>.
- Chapman, N.R. et Price, A. (2011). Low frequency deep ocean ambient noise trend in the Northeast Pacific Ocean. *The Journal of the Acoustical Society of America* 129(5), EL161-EL165. <https://doi.org/10.1121/1.3567084>.
- Chavez, F.P., Bertrand, A., Guevara-Carrasco, R., Soler, P. et Csirke, J. (2008). The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future. *Progress in Oceanography* 79(2-4), 95-105. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.012>.
- Cheung, W.W., Watson, R. et Pauly, D. (2013). Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature* 497(7449), 365-368. <https://doi.org/10.1038/nature12156>.
- Cinner, J.E., Pratchett, M.S., Graham, N.A.J., Messmer, V., Fuentes, M.M.P.B., Ainsworth, T. et al. (2016). A framework for understanding climate change impacts on coral reef social-ecological systems. *Regional environmental change* 16(4), 1133-1146. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0832-z>.
- Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (2016). *Toothfish fisheries*. <https://www.ccamlr.org/en/fisheries/toothfish-fisheries>.
- Convention on Biodiversity (2012). Scientific Synthesis on the Impacts of Underwater Noise on Marine and Coastal Biodiversity and Habitats- Note by the Executive Secretary. UNEP/CBD/SBSTTA/16/INF/12 19th ASCOBANS Advisory Committee Meeting. 20-22 March 2012. <https://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-16/information/sbstta-16-inf-12-en.doc>.
- Convention on Biological Diversity (2016). *XIII/10. Addressing impacts of marine debris and anthropogenic underwater noise on marine and coastal biodiversity: Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. CBD/COP/DEC/XIII/10*. Cancun. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-13/cop-13-dec-10-en.pdf>.
- Cook Islands Seabed Minerals Authority (2014). *Cook Islands National Seabed Minerals Policy*. <https://www.seabedmineralsauthority.gov.ck/Pics/Hotel/SeabedMinerals/Brochure/Cook%20Islands%20Seabed%20Minerals%20Policy%20.pdf>.
- Cox, K.D., Brennan, L.P., Dudas, S.E. et Juanes, F. (2016). Assessing the effect of aquatic noise on fish behavior and physiology: A meta-analysis approach. *Proceedings of Meetings on Acoustics* 27(1). <https://doi.org/10.1121/2.0000291>.
- Cozar, A., Echevarria, F., Gonzalez-Gordillo, J.I., Irigoien, X., Ubeda, B., Hernandez-Leon, S. et al. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(28), 10239-10244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111>.
- Creighton, C., Hobday, A.J., Lockwood, M. et Pecl, G.T. (2016). Adapting management of marine environments to a changing climate: a checklist to guide reform and assess progress. *Ecosystems* 19(2), 187-219. <https://doi.org/10.1007/s10027-015-0600-2>.
- Crump, K.S., Kjellström, T., Shipp, A.M., Silvers, A. et Stewart, A. (1998). Influence of prenatal mercury exposure upon scholastic and psychological test performance. Benchmark analysis of a New Zealand cohort. *Risk Analysis* 18(6), 701-713. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1998.tb01114.x>.
- Daniels, J.L., Longnecker, M.P., Rowland, A.S., Golding, J. et ALSPAC Study Team-University of Bristol Institute of Child Health (2004). Fish intake during pregnancy and early cognitive development of offspring. *Epidemiology* 15(4), 394-402. <https://doi.org/10.1097/01.eid.0000129514.46451.ce>.
- Derraik, J.G.B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine pollution bulletin* 44(9), 842-852. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5).
- Dichmont, C.M., Dutra, L.X.C., Owens, R., Jebreen, E., Thompson, C., Deng, R.A. et al. (2016). A generic method of engagement to elicit regional coastal management options. *Ocean & Coastal Management* 124, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.02.003>.
- Eigaard, O.R., Bastardie, F., Hintzen, N.T., Buhl-Mortensen, L., Buhl-Mortensen, P., Catarino, R. et al. (2017). The footprint of bottom trawling in European waters: Distribution, intensity, and seabed integrity. *ICES Journal of Marine Science* 74(3), 847-865. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw194>.
- Ellison, J.C. (2018). Pacific Island beaches: Values, threats and rehabilitation. In *Beach Management Tools-Concepts, Methodologies and Case Studies*. Botero C., Cervantes O. and Finkl, C. (dir.). Cham: Springer. 679-700. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-58304-4_34.
- Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borror, J.C. et al. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS One* 9(12), e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>.
- European Commission (2017). *Commission Decision (EU) 2017/848 of 17 May 2017 laying down Criteria and Methodological Standards on Good Environmental Status of Marine Waters and Specifications and Standardised Methods for Monitoring and Assessment, and repealing Decision 2010/477/EU*. European Union. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a7523a58-3b91-11e7-a08e-01aa75ed71a1/language-en>.
- Fernández, A., Edwards, J.F., Rodriguez, F., De Los Monteros, A.E., Herraiz, P., Castro, P. et al. (2005). "Gas and fat embolic syndrome" involving a mass stranding of beaked whales (family Ziphiidae) exposed to anthropogenic sonar signals. *Veterinary Pathology* 42(4), 446-457. <https://doi.org/10.1354/vp.42-4-446>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2003). *Fisheries Management 2: The Ecosystem Approach to Fisheries*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. Rome. <http://www.fao.org/3/a-y4470e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2005). *Increasing The Contribution of Small Scale Fisheries To Poverty Alleviation and Food Security*. FAO Technical Guidelines For Responsible Fisheries. Rome. <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/008/a0237e/a0237e00.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2007). *Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management (MPAs)*. Rome. http://sih.ifremer.fr/content/download/5924/43589/file/MPA_FAO_website_Sep_2007.pdf.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009a). *International guidelines for the management of deep-sea fisheries in the high seas*. <http://www.fao.org/docrep/011/i0816t/i0816t00.htm>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009b). *FAO/UNEP Expert Meeting on Impacts of Destructive Fishing Practices, Unsustainable Fishing, and Illegal, Unreported and Unregulated (IUU) Fishing on Marine Biodiversity and Habitats*. FAO Fisheries and Aquaculture. Rome. <http://www.fao.org/docrep/012/i1490e/i1490e00.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). *Aquaculture Development 4. Ecosystem Approach to Aquaculture*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries Rome. <http://www.fao.org/docrep/013/i1750e/i1750e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011). *Code of Conduct for Responsible Fisheries*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-y9878e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015). *Voluntary Guidelines for Securing Sustainable Small-Scale Fisheries in the Context of Food Security and Poverty Eradication*. Rome: Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/policy-support/resources/resources-detail/en/c/418453/>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016a). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016: Contributing to Food Security and Nutrition for All*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016b). *Technical and Socio-Economic Characteristics of Small-Scale Coastal Fishing Communities, and Opportunities for Poverty Alleviation and Empowerment*. FAO Fisheries and Aquaculture. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i5651e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018a). *The State of World Fisheries and Aquaculture: Meeting the Sustainable Development Goals*. Rome. <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540EN.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018b). *Policy support and governance: Sustainable small-scale fisheries*. <http://www.fao.org/policy-support/policy-themes/sustainable-small-scale-fisheries/en/> (consulté le 1er octobre 2018).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Bank (2015). *Aquaculture Zoning, Site Selection and Area Management under the Ecosystem Approach To Aquaculture*. <http://www.fao.org/3/a-i5004e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organisation (2011). *Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption*. Rome, 25-29 January. <http://www.fao.org/docrep/014/ba0136e/ba0136e00.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization (2014). *Conference Outcome Document: Rome Declaration on Nutrition*. Second International Conference on Nutrition. Rome. www.fao.org/3/a-m1542e.pdf.
- Frieler, K., Meinhäuser, M., Golly, A., Mengel, M., Lebek, K., Donner, S.D. et al. (2013). Limiting global warming to 2 °C is unlikely to save most coral reefs. *Nature Climate Change* 3(2), 165-170. <https://doi.org/10.1038/nclimate1674>.
- Froese, R., Zeller, D., Kleisner, K. et Pauly, D. (2013). Worrysome trends in global stock status continue unabated: a response to a comment by RM Cook on "What catch data can tell us about the status of global fisheries". *Marine Biology* 160(9), 2531-2533. <https://doi.org/10.1007/s00227-013-2185-9>.
- García, S.M., Kolding, J., Rice, J., Rochet, M.-J., Zhou, S., Arimoto, T. et al. (2012). Reconsidering the consequences of selective fisheries. *Science* 335(6072), 1045-1047. <https://doi.org/10.1126/science.1214594>.



- Garcia, S.M., Ye, Y., Rice, J. et Charles, A.T. (2018). *Rebuilding of Marine Fisheries Part 1: Global Review*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 630/1. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/ca0161en/CA0161EN.pdf>.
- Gigault, J., Pedrono, B., Maxit, B. et Ter Halle, A. (2016). Marine plastic litter: The unanalyzed nano-fraction. *Environmental Science: Nano* 3(2), 346-350. <https://doi.org/10.1039/C6EN00008H>.
- Gislason, H. et Sinclair, M.M. (2000). Ecosystem effects of fishing. *ICES Journal of Marine Science* 57(3), 466-467. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0742>.
- Götz, T., Hastie, G., Hatch, L.T., Raustein, O., Southall, B.L., Tasker, M. et al. (2009). *Overview of the Impacts of Anthropogenic Underwater Sound in the Marine Environment*. OSPAR Biodiversity Series. London: OSPAR Commission. https://aethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Anthropogenic_Underwater_Sound_in_the_Marine_Environment.pdf.
- Grandjean, P., Weihe, P., White, R.F., Debes, F., Araki, S., Yokoyama, K. et al. (1997). Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicology and teratology* 19(6), 417-428. [https://doi.org/10.1016/S0892-0362\(97\)00097-4](https://doi.org/10.1016/S0892-0362(97)00097-4).
- Gray, J.S. (1997). Marine biodiversity: Patterns, threats and conservation needs. *Biodiversity and Conservation* 6(1), 153-175. <https://doi.org/10.1023/A:1018335901847>.
- Gray, T.S. (ed.) (2005). *Participation in Fisheries Governance*. Dordrecht: Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9781402037771>.
- Gribble, M.O., Karimi, R., Feingold, B.J., Nylund, J.F., O'Hara, T.M., Gladyshev, M.I. et al. (2016). Mercury, selenium and fish oils in marine food webs and implications for human health. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 96(1), 43-59. <https://doi.org/10.1017/S0025315415001356>.
- GRID-Arendal (2016a). *Plastic input into the ocean*. <http://www.grida.no/resources/6906>.
- GRID-Arendal (2016b). *Plastic currents*. Grid-Arendal <http://www.grida.no/resources/6913>.
- Grimm, M. et Tulloch, J. (dir.) (2015). *The megacity state: The world's biggest cities shaping our future*. Munich: Allianz SE. https://www.allianz.com/content/dam/onenmarketing/azcom/Allianz.com/migration/media/press/document/Allianz_Risk_Pulse_Megacities_20151130-EN.pdf.
- Guilloreau, P., Campling, L. et Robinson, J. (2012). Vulnerability of small island fishery economies to climate and institutional changes. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4(3), 287-291. <https://doi.org/10.1016/j.coesust.2012.06.003>.
- Güven, O., Gökdag, K., Jovanović, B. et Kideys, A.E. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution* 223, 286-294. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.025>.
- Ha, E., Basu, N., Bose-O'Reilly, S., Dórea, J.G., McSorley, E., Sakamoto, M. et al. (2017). Current progress on understanding the impact of mercury on human health. *Environmental Research* 152, 419-433. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.06.042>.
- Halden, R.U. (2015). Epistemology of contaminants of emerging concern and literature meta-analysis. *Journal of Hazardous Materials* 282, 2-9. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.08.074>.
- Halpern, B.S., Longo, C., Hardy, D., McLeod, K.L., Samhuri, J.F., Katona, S.K. et al. (2012). An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature* 488(7413), 615-620. <https://doi.org/10.1038/nature11397>.
- Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'agrosa, C. et al. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319(5865), 948-952. <https://doi.org/10.1126/science.1149345>.
- Hansen, J., Nazarenko, L., Ruedy, R., Sato, M., Willis, J., Del Genio, A. et al. (2005). Earth's energy imbalance: Confirmation and implications. *Science* 308(5727), 1431-1435. <https://doi.org/10.1126/science.1110252>.
- Harris, P., Philip, R., Robinson, S. et Wang, L. (2016). Monitoring anthropogenic ocean sound from shipping using an acoustic sensor network and a compressive sensing approach. *Sensors* 16(3), 415. <https://doi.org/10.3390/s16030415>.
- Hibbeln, J.R., Davis, J.M., Steer, C., Emmett, P., Rogers, I., Williams, C. et al. (2007). Maternal seafood consumption in pregnancy and neurodevelopmental outcomes in childhood (ALSPAC study): An observational cohort study. *The Lancet* 369(9561), 578-585. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)60277-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60277-3).
- Hilborn, R. et Ovando, D. (2014). Reflections on the success of traditional fisheries management. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 71(5), 1040-1046. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu034>.
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steeneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E. et al. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318(5857), 1737-1742. <https://doi.org/10.1126/science.1152509>.
- Hoshino, E. et Jennings, S. (2016). *The value of marine resources harvested in the CCAMLR Convention Area – an assessment of GVP*. Tasmania: Conservation of Antarctic Marine Living Resources. <https://www.ccamlr.org/en/ccamlr-xxv-10>.
- Hughes, T.P., Anderson, K.D., Connolly, S.R., Heron, S.F., Kerry, J.T., Lough, J.M. et al. (2018). Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. *Science* 359(6371), 80-83. <https://doi.org/10.1126/science.aan8048>.
- Hughes, T.P., Barnes, M.L., Bellwood, D.R., Cinner, J.E., Cumming, G.S., Jackson, J.B. et al. (2017). Coral reefs in the Anthropocene. *Nature* 546(7656), 82-90. <https://doi.org/10.1038/nature22901>.
- Hughes, T.P., Barnes, M.L., Bellwood, D.R., Cinner, J.E., Cumming, G.S., Jackson, J.B. et al. (2017). Coral reefs in the Anthropocene. *Nature* 546(7656), 82-90. <https://doi.org/10.1038/nature22901>.
- Inger, R., Attrill, M.J., Bearhop, S., Broderick, A.C., James Grecian, W., Hodgson, D.J. et al. (2009). Marine renewable energy: Potential benefits to biodiversity? An urgent call for research. *Journal of Applied Ecology* 46(6), 1145-1153. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2009.01697.x>.
- Inness, L. et Simcock, A. (dir.) (2016). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. New York, NY: United Nations. http://www.un.org/depts/los/global_reporting/WOA_RegProcess.htm.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. et al. (dir.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf.
- International Labour Organization (2014). *Report of the UN Secretary-General on Oceans and Law of the Sea, 2014*. Geneva. http://www.un.org/depts/los/general_assembly/contributions_2014/LOO.pdf.
- International Seabed Authority (2017). *Selected Decisions and Documents of The Twenty-Third Session*. Kingston: International Seabed Authority. https://www.isa.org/in/sites/default/files/files/documents/en_3.pdf.
- Inuit Circumpolar Council (2011). *A Circumpolar Inuit Declaration on Resource Development Principles in Inuit Unaat*. http://www.inuitcircumpolar.com/uploads/3/0/5/4/30542564/declaration_on_resource_development_a3_final.pdf (consulté le 27 juillet 2016).
- Jacobsen, N.S., Burgess, M.G. et Andersen, K.H. (2017). Efficiency of fisheries is increasing at the ecosystem level. *Fish and Fisheries* 18(2), 199-211. <https://doi.org/10.1111/faf.12171>.
- Jahnke, A., Arp, H.P.H., Escher, B.I., Gewert, B., Gorokhova, E., Kühnel, D. et al. (2017). Reducing uncertainty and confronting ignorance about the possible impacts of weathering plastic in the marine environment. *Environmental Science & Technology Letters* 4(3), 85-90. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.7b00008>.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A. et al. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347(6223), 768-771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>.
- Jennings, S. et Kaiser, M.J. (1998). The effects of fishing on marine ecosystems. *Advances in Marine Biology* 34, 201-352. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60212-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60212-6).
- Johnson, J.E., Welch, D.J., Maynard, J.A., Bell, J.D., Pecl, G., Robins, J. et al. (2016). Assessing and reducing vulnerability to climate change: Moving from theory to practical decision-support. *Marine Policy* 74, 220-229. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.09.024>.
- Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) (2015). *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment*. Kershaw, P.J. (ed.). London: International Maritime Organization. http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf.
- Jones, G.P., McCormick, M.I., Srinivasan, M. et Eagle, J.V. (2004). Coral decline threatens fish biodiversity in marine reserves. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101(21), 8251-8253. <https://doi.org/10.1073/pnas.0401277101>.
- Karagas, M.R., Choi, A.L., Oken, E., Horvat, M., Schoeny, R., Kamai, E. et al. (2012). Evidence on the human health effects of low-level methylmercury exposure. *Environmental Health Perspectives* 120(6), 799-806. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104494>.
- Kelleher, K. (2005). *Discards in The World's Marine Fisheries: An Update*. FAO Fisheries Technical Paper. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/docrep/008/y5936e/y5936e00.htm>.
- Koelmans, A.A., Bakir, A., Burton, G.A. et Janssen, C.R. (2016). Microplastic as a vector for chemicals in the aquatic environment: Critical review and model-supported reinterpretation of empirical studies. *Environmental Science & Technology* 50(7), 3315-3326. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b06069>.
- Koslow, J.A., Auster, P., Bergstad, O.A., Roberts, J.M., Rogers, A., Vecchione, M. et al. (2016). Biological communities on seamounts and other submarine features potentially threatened by disturbance. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Inness, L. et Simcock, A. (dir.). United Nations. Chapitre 51. http://www.un.org/depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/Chapter_51.pdf.
- Kummu, M., De Moel, H., Salvucci, G., Viviroli, D., Ward, P.J. et Varis, O. (2016). Over the hills and further away from coast: Global geospatial patterns of human and environment over the 20th–21st centuries. *Environmental Research Letters* 11(3), <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/034010>.
- Lambeth, L., Hanchard, B., Aslin, H., Fay-Sauni, L., Tuara, P., Rochers, K.D. et al. (2014). An overview of the involvement of women in fisheries activities in Oceania. In *Global Symposium on Women in Fisheries*. Williams M.J., Chao N.H., Choo P.S., Matics K., Nandeeshha M.C., Shariff M. et al. (dir.). Penang: ICLARM – The World Fish Center. 21-33.
- Larson, C. (2018). Asia's hunger for sand takes toll on ecology. *Science* 359(6379), 964-965. <https://doi.org/10.1126/science.359.6379.964>.
- Lavers, J.L. et Bond, A.L. (2017). Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(23), 6052-6055. <https://doi.org/10.1073/pnas.1619818114>.
- Leggett, C., Scherer, N., Curry, M., Bailey, R. et Haab, T. (2014). *Final Report: Assessing the economic Benefits of Reductions in Marine Debris: A Pilot Study of Beach Recreation in Orange County, California*. https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/MarineDebrisEconomicStudy_0.pdf.
- Leite, L. et Pita, C. (2016). Review of participatory fisheries management arrangements in the European Union. *Marine Policy* 74, 268-278. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.08.003>.
- Lemasson, A.J., Fletcher, S., Hall-Spencer, J.M. et Knights, A.M. (2017). Linking the biological impacts of ocean acidification on oysters to changes in ecosystem services: A review. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 492, 49-62. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.01.019>.
- Li, H.-X., Ma, L.-S., Lin, L., Ni, Z.-X., Xu, X.-R., Shi, H.-H. et al. (2018). Microplastics in oysters *Saccostrea cucullata* along the Pearl River Estuary, China. 236, 619-625. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.083>.
- Macfadyen, G., Huntington, T. et Cappell, R. (2009). *Abandoned, Lost Or Otherwise Discarded Fishing Gear*. UNEP Regional Seas Reports and Studies No.185; FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 523. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations and the United Nations Environment Programme. <http://www.fao.org/docrep/011/0620e/0620e00.htm>.
- Marcon, Y., Purser, A., Janssen, F., Lins, L., Brown, A. et Boetius, A. (2016). Megabenthic community structure within and surrounding the DISCOL Experimental Area 26 years after simulated manganese nodule mining disturbance. *EU FP7 MIDAS Final Meeting*. Gent, 3-7 October 2016. <http://epic.awi.de/44161>.
- Material District (2018). *Finite: A more sustainable alternative to concrete made from desert sand*. [Material District <https://materia.nl/article/finite-concrete-desert-sand/> (consulté en octobre 2018)].
- McDonald, M.A., Hildebrand, J.A. et Wiggins, S.M. (2006). Increases in deep ocean ambient noise in the Northeast Pacific west of San Nicolas Island, California. *The Journal of the Acoustical Society of America* 120(2), 711-718. <https://doi.org/10.1121/1.2216565>.
- Melnichuk, M.C., Peterson, E., Elliott, M. et Hilborn, R. (2016). Fisheries management impacts on target species status. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(1), 178-183. <https://doi.org/10.1073/pnas.1609215114>.
- Miksis-Olds, J.L. et Nichols, S.M. (2016). Is low frequency ocean sound increasing globally? *The Journal of the Acoustical Society of America* 139(1), 501-511. <https://doi.org/10.1121/1.4938237>.
- Morgan, C.L., Odunton, N.A. et Jones, A.T. (1999). Synthesis of environmental impacts of deep seabed mining. *Marine Georesources and Geotechnology* 17(4), 307-356. <https://doi.org/10.1080/106411999273666>.
- Myers, G.J., Davidson, P.W., Cox, C., Shamlay, C.F., Palumbo, D., Cernichiaro, E. et al. (2003). Prenatal methylmercury exposure from ocean fish consumption in the Seychelles child development study. *The Lancet* 361(9370), 1686-1692. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)13371-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)13371-5).
- Narita, D., Rehdanz, K. et Tol, R.S.J. (2012). Economic costs of ocean acidification: A look into the impacts on global shellfish production. *Climatic Change* 113(3-4), 1049-1063. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0383-3>.
- Northridge, S., Coram, A., Kingston, A. et Crawford, R. (2017). Disentangling the causes of protected-species bycatch in gillnet fisheries. *Conservation Biology* 31(3), 686-695. <https://doi.org/10.1111/cobi.12741>.



- O'Hanlon, N.J., James, N.A., Masden, E.A. et Bond, A.L. (2017). Seabirds and Marine Plastic Debris in the Northeastern Atlantic: A Synthesis and Recommendations for Monitoring and Research. *Environmental Pollution* 22, 1291-1301. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.101>.
- O'Neill, B.C., Oppenheimer, M., Warren, R., Hallegratte, S., Kopp, R.E., Portner, H.O. et al. (2017). IPCC reasons for concern regarding climate change risks. *Nature Climate Change* 7(1), 28-37. <https://doi.org/10.1038/nclimate3179>.
- Olson, J. (2011). Understanding and contextualizing social impacts from the privatization of fisheries: An overview. *Ocean & Coastal Management* 54(5), 353-363. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.02.002>.
- Österblom, H. et Bodin, Ö. (2012). Global cooperation among diverse organizations to reduce illegal fishing in the Southern Ocean. *Conservation Biology* 26(4), 638-648. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01850.x>.
- Peduzzi, P. (2014). Sand, rarer than one thinks. *Environmental Development* 11, 208-218. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2014.04.001>.
- Pham, C.K., Ramirez-Llodra, E., Alt, C.H.S., Amaro, T., Bergmann, M., Canals, M. et al. (2014). Marine litter distribution and density in European seas, from the shelves to deep basins. *PLoS One* 9(4), e95839. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095839>.
- Popper, A.N. et Hastings, M.C. (2009). The effects of anthropogenic sources of sound on fishes. *Journal of fish biology* 75(3), 455-489. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02319.x>.
- Ralston, N.V. et Raymond, L.J. (2010). Dietary selenium's protective effects against methylmercury toxicity. *Toxicology* 278(1), 112-123. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2010.06.004>.
- Rice, J. (2014). Evolution of international commitments for fisheries sustainability. *ICES Journal of Marine Science* 71(2), 157-165. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsi078>.
- Rice, J., Moksness, E., Attwood, C., Brown, S.K., Dahle, G., Gjerde, K.M. et al. (2012). The role of MPAs in reconciling fisheries management with conservation of biological diversity. *Ocean & Coastal Management* 69, 217-230. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.08.001>.
- Rice, J.C. et Garcia, S.M. (2011). Fisheries, food security, climate change, and biodiversity: characteristics of the sector and perspectives on emerging issues. *ICES Journal of Marine Science* 68(6), 1343-1353. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr041>.
- Richardson, W.J., Greene, C.R., Malm, C.I. et Thomson, D.H. (1995). *Marine Mammals and Noise*. San Diego, CA: Academic Press. <https://www.elsevier.com/books/marine-mammals-and-noise/richardson/978-0-08-057303-8>.
- Ricker, W.E. (1975). *Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations*. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada/Environment Canada. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/1485.pdf>.
- Roos, N., Wahab, M.A., Chamnan, C. et Thilsted, S.H. (2007). The role of fish in food-based strategies to combat vitamin A and mineral deficiencies in developing countries. *The Journal of Nutrition* 137(4), 1106-1109. <https://doi.org/10.1093/jn/137.4.1106>.
- Rose, G.A. (2007). *Cod: The Ecological History of the North Atlantic Fisheries*. St. John's, Newfoundland: Breakwater Books. <http://www.breakwaterbooks.com/books/cod-the-ecological-history-of-the-north-atlantic-fisheries/>.
- Rosenberg, A. (2010). *Using fly ash in concrete*. [National Precast Concrete Association <https://precast.org/2010/05/using-fly-ash-in-concrete/>].
- Salinger, J., Hobday, A., Matear, R., O'Kane, T., Risbey, J., Dunstan, P. et al. (2016). Chapter one-decadal-scale forecasting of climate drivers for marine applications. *Advances in Marine Biology* 74, 1-68. <https://doi.org/10.1016/b.samb.2016.04.002>.
- Schindler, D.E. et Hilborn, R. (2015). Prediction, precaution, and policy under global change. *Science* 347(6225), 953-954. <https://doi.org/10.1126/science.1261824>.
- Schmidt, C., Krauth, T. et Wagner, S. (2017). Export of plastic debris by rivers into the sea. *Environmental Science & Technology* 51(21), 12246-12253. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02368>.
- Schuster, P.F., Schaefer, K.M., Aiken, G.R., Antweiler, R.C., Dewild, J.F., Gryziec, J.D. et al. (2018). Permafrost stores a globally significant amount of mercury. *Geophysical Research Letters* 45(3), 1463-1471. <https://doi.org/10.1002/2017gl075571>.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2016). *Marine Debris: Understanding, Preventing and Mitigating the Significant Adverse Impacts on Marine and Coastal Biodiversity*. CBD Technical Series No. 83. Montreal. <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-83-en.pdf>.
- Secretariat of the Pacific Community (ed.) (2013a). *Deep Sea Minerals: Sea Floor Massive Sulphides, a Physical, Biological, Environmental, and Technical Review*. http://dsm.gsd.spc.int/public/files/meetings/TrainingWorkshop4/UNEP_vol1A.pdf.
- Secretariat of the Pacific Community (2013b). *Deep Sea Minerals: Deep Sea Minerals and the Green Economy*. Baker, E. et Beaudoin, Y. (dir.). https://www.researchgate.net/publication/260596769_Deep_Sea_Minerals_and_the_Green_Economy.
- Sharma, R. (2001). Indian Deep-sea Environment Experiment (INDEX): An appraisal. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 48(16), 3295-3307. [https://doi.org/10.1016/S0967-0645\(01\)00041-8](https://doi.org/10.1016/S0967-0645(01)00041-8).
- Steneck, R.S., Mumby, P.J., MacDonald, C., Rasher, D.B. et Stoyle, G. (2018). Attenuating effects of ecosystem management on coral reefs. *Science Advances* 4(5), ea05493. <https://doi.org/10.1126/sciadv.a05493>.
- Stokstad, E. (2018). Controversial plastic trash collector begins maiden ocean voyage. *Science Magazine* <http://www.sciencemag.org/news/2018/09/still-controversial-plastic-trash-collector-ocean-begins-maiden-voyage>.
- Strain, J.J., Davidson, P.W., Bonham, M.P., Duffy, E.M., Stokes-Riner, A., Thurston, S.W. et al. (2008). Associations of maternal long-chain polyunsaturated fatty acids, methyl mercury, and infant development in the Seychelles child development nutrition study. *Neurotoxicology* 29(5), 776-782. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2008.06.002>.
- Swan, J. et Gréboval, D. (2005). *Overcoming Factors of Unsustainability and Overexploitation in Fisheries: Selected Papers on Issues and Approaches*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/docrep/009/a0312e/a0312e00.htm>.
- Syvitski, J.P.M., Vörösmarty, C.J., Kettner, A.J. et Green, P. (2005). Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. *Science* 308(5720), 376-380. <https://doi.org/10.1126/science.1109454>.
- Tarling, G.A., Peck, V.L., Ward, P., Ensor, N.S., Achterberg, E., Tynan, E. et al. (2016). Effects of acute ocean acidification on spatially-diverse polar pelagic foodwebs: Insights from on-deck microcosms. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 127, 75-92. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.02.008>.
- Taylor, C.M., Emmett, P.M., Emond, A.M. et Golding, J. (2018). A review of guidance on fish consumption in pregnancy: Is it fit for purpose? *Public Health Nutrition* 21(11), 2149-2159. <https://doi.org/10.1017/S1368980018000599>.
- Thiel, M., Luna-Jorquera, G., Álvarez-Varas, R., Gallardo, C., Hinojosa, I.A., Luna, N. et al. (2016). Impacts of Marine Plastic Pollution from Continental Coasts to Subtropical Gyres—Fish, Seabirds, and Other Vertebrates in the SE Pacific. *Frontiers in Marine Science* 5(238). <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00238>.
- Thilsted, S.H., James, D., Toppe, J., Subasinghe, R. et Karunasagar, I. (2014). Maximizing the contribution of fish to human nutrition. *ICN2 Second International Conference on Nutrition*. Food Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization <http://www.fao.org/3/a/i3963e.pdf>.
- Tidau, S. et Briffa, M. (2016). Review on behavioral impacts of aquatic noise on crustaceans. *Proceedings of Meetings on Acoustics* 27(010028). <https://doi.org/10.1121/2.0000302>.
- Tuvalu Seabed Mining Act 2014, 2014 (Tuvalu, Po.). https://www.tuvalu-legislation.tv/cms/images/LEGISLATION/PRINCIPAL/2014/2014-0014/TuvaluSeabedMineralsAct_1.pdf.
- United Nations Environment Programme (2013). *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Release and Environmental Transport*. Nairobi. <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7984/Globa%20Mercury%20Assessment-201367.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- United Nations (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea (LOSC)*. http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/closindx.htm.
- United Nations, General Assembly (2016). *70/235. Oceans and the law of the sea: Resolution adopted by the General Assembly on 23 December 2015*. <https://undocs.org/A/RES/70/235>.
- United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2016a). *2/12. Sustainable Coral Reefs Management*. UNEP/EA.2/Res.12. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11187/K1607234_UNEP/EA2_RES12E.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2016b). *2/11. Marine Plastic Litter and Microplastics*. UNEP/EA.2/Res.11. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11186/K1607228_UNEP/EA2_RES11E.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2017). *3/7. Marine Litter and Microplastics*. UNEP/EA.3/Res.7. https://papersmart.unep.org/resolution/uploads/k1800210_english.pdf.
- United Nations Environment Programme (2016). *Marine Plastic Debris and Microplastics: Global Lessons and Research To Inspire Action and Guide Policy Change*. Nairobi. <https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/11700/retrieve>.
- United Nations Environment Programme (2017). *Coral Bleaching Futures: Downscaled Projections of Bleaching Conditions for the World's Coral Reefs, Implications of Climate Policy and Management Responses*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22048/Coral_Bleaching_Futures.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- United Nations Environment Programme, GRID-Arendal (2016). *Marine Litter Vital Graphics*. Nairobi: United Nations Environment Programme and GRID-Arendal. https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/s_document/11/original/MarineLitterVG.pdf?148845579.
- United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (2015). *Marine Litter Assessment in the Mediterranean 2015. A Report of the Mediterranean Action Plan*. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7098/MarineLitterEng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- United States Food and Drug Administration (2017). *Eating fish: What pregnant women and parents should know*. <https://www.fda.gov/Food/ResourcesForYou/Consumers/Ucm393070.htm> (consulté en juin 2018).
- United States National Oceanic and Atmospheric Administration (2012). *How much would it cost to clean up the Pacific garbage patches?* NOAA Coral Reef Watch <https://response.restoration.noaa.gov/about/media/how-much-would-it-cost-clean-pacific-garbage-patches.html>.
- United States National Oceanic and Atmospheric Administration (2017). *Global warming and recurrent mass bleaching of corals*. *Coral Reef Watch*. https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/publications/hughes-et-al_nature_20170316.php (consulté en juin).
- Unsworth, R.K.F., Ambo-Rappe, R., Jones, B.L., La Nafie, Y.A., Irawan, A., Hernawan, U.E. et al. (2018). Indonesia's globally significant seagrass meadows are under widespread threat. *Science of the Total Environment* 634, 279-286. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.315>.
- Van Cauwenbergh, L. et Janssen, C.R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution* 193, 65-70. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010>.
- Van Dover, C.L. (2011). Tighten regulations on deep-sea mining. *Nature* 470(7332), 31-33. <https://doi.org/10.1038/470031a>.
- Van Dover, C.L., Ardrin, J.A., Escobar, E., Gianni, M., Gjerde, K.M., Jaeckel, A. et al. (2017). Biodiversity loss from deep-sea mining. *Nature Geoscience* 10, 464-465. <https://doi.org/10.1038/ngeo2983>.
- Van Hooindonk, R., Maynard, J., Tاملander, J., Gove, J., Ahmadi, G., Raymundo, L. et al. (2016). Local-scale projections of coral reef futures and implications of the Paris Agreement. *Scientific reports* 6(39666). <https://doi.org/10.1038/srep39666>.
- Van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B.D., Van Franeker, J.A. et al. (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters* 10(12), 124006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124006>.
- Van Wijngaarden, E., Thurston, S.W., Myers, G.J., Harrington, D., Cory-Slechta, D.A., Strain, J.J. et al. (2017). Methyl mercury exposure and neurodevelopmental outcomes in the Seychelles Child Development Study Main cohort at age 22 and 24 years. *Neurotoxicology and teratology* 59, 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2016.10.011>.
- Veron, J., Hoegh-Guldberg, O., Lenton, T., Lough, J., Obura, D., Pearce-Kelly, P. et al. (2009). The coral reef crisis: The critical importance of < 350ppm CO₂. *Marine Pollution Bulletin* 58(10), 1428-1436. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.09.009>.
- Von Schuckmann, K., Palmer, M.D., Trenberth, K.E., Cazenave, A., Chambers, D., Champollion, N. et al. (2016). An imperative to monitor Earth's energy imbalance. *Nature Climate Change* 6(2), 138-144. <https://www.nature.com/articles/nclimate2876>.
- Wang, J., Kihō, K., Ofiara, D., Zhao, Y., Bera, A., Lohmann, R. et al. (2016). Marine debris. In *The First Global Integrated Marine Assessment - World Ocean Assessment I*. Innis, L. et Simcock, A. (dir.). chapter 25. http://www.un.org/depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/Chapter_25.pdf.
- Watkins, E., ten Brink, P., Sirini Withana, M.K., Russi, D., Mutafoglu, K., Schweitzer, J.-P. et al. (2017). The socio-economic impacts of marine litter, including the costs of policy inaction and action. In *Handbook on the Economics and Management of Sustainable Oceans*. Nunes, P.A.L.D., Svensson, L.E. et Markandya, A. (dir.). Edward Elgar Publishing. Chapitre 14, 296-319. https://www.elgaronline.com/view/9781786430717_00024.xml.
- Watson, R.A., Cheung, W.W.L., Anticamara, J.A., Sumaila, R.U., Zeller, D. et Pauly, D. (2012). Global marine yield halved as fishing intensity redoubles. *Fish and Fisheries* 14(4), 493-503. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2012.00483.x>.



Wilkinson, C., Salvat, B., Eakin, C.M., Brathwaite, A., Francini-Filho, R., Webster, N. et al. (2016). Tropical and sub-tropical coral reefs. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Simcock, A. e Innis, L. (dir.). Chapitre 43. http://www.un.org/depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/Chapter_43.pdf

Woodroffe, C.D., Hall, F.R., Farrell, J.W. et Harris, P.T. (2016). Calcium carbonate production and contribution to coastal sediments. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Innis, L. and Simcock, A. (dir.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. Chapitre 7. http://www.un.org/Depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/Chapter_07.pdf

World Bank (2012). *Hidden Harvest: The Global Contribution of Capture Fisheries*. Washington, DC: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/515701468152718292/pdf/664690ESW0P1210120HiddenHarvest0web.pdf>

World Health Organization (2017). *Mercury and health: Key facts*. <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health> (consulté en juin 2018).

Worm, B., Hilborn, R., Baum, J.K., Branch, T.A., Collie, J.S., Costello, C. et al. (2009). Rebuilding global fisheries. *Science* 325(5940), 578-585. <https://doi.org/10.1126/science.1173146>.

Wyles, K.J., Pahl, S., Thomas, K. et Thompson, R.C. (2016). Factors that can undermine the psychological benefits of coastal environments: Exploring the effect of tidal state, presence, and type of litter. *Environment and behavior* 48(9), 1095-1126. <https://doi.org/10.1177/0013916515592177>.

Yang, D., Shi, H., Li, L., Li, J., Jabeen, K. et Kolandhasamy, P. (2015). Microplastic pollution in table salts from China. *Environmental science & technology* 49(22), 13622-13627. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03163>.

Ziccardi, L.M., Edgington, A., Hentz, K., Kulacki, K.J. et Kane Driscoll, S. (2016). Microplastics as vectors for bioaccumulation of hydrophobic organic chemicals in the marine environment. A state-of-the-science review. *Environmental toxicology and chemistry* 35(7), 1667-1676. <https://doi.org/10.1002/etc.3461>.







Les terres



Auteurs coordonnateurs : Nicolai Dronin (université d'État de Moscou), Andres Guhl (université des Andes) et Gensuo Jia (Académie chinoise des sciences)

Auteur principal : Javier Ñaupari (université nationale agraire La Molina)

Membres honoraires de GEO : Darshini Ravindranath (University College London (UCL)), Hung Vo (université Harvard) et Ying (Grace) Wang (université de Tongji)



Les ressources foncières sont essentielles à la réalisation de 10 des 17 objectifs de développement durable (ODD). Certes, la production agricole et alimentaire demeure la cause de la plupart des changements d'affectation des terres, qui touchent notamment les forêts et d'autres types d'écosystèmes, mais la dégradation anthropique des terres demeure un problème environnemental fondamental qui affecte la sécurité alimentaire, les moyens de subsistance et la vie des populations de notre planète. La mondialisation, la croissance démographique, l'urbanisation et l'évolution des préférences alimentaires sont à l'origine de certains des changements survenus dans notre système alimentaire depuis 50 ans et ont accru les importations alimentaires et les téléconnexions. L'accapement des terres et la spéculation foncière sont de plus en plus préoccupants à l'échelle mondiale. Des droits de propriété clairement définis et l'intendance des ressources foncières sont essentiels pour assurer une production alimentaire durable tout en préservant la capacité des écosystèmes terrestres à continuer de fournir aux populations un large éventail d'autres avantages (par exemple, la régulation hydrologique et la pollinisation). Les habitants des zones rurales jouent un rôle fondamental dans la conservation des terres. Les principales constatations en ce qui concerne les terres peuvent se résumer comme suit.

Les tendances actuelles, fondées sur l'optimisme technologique, les semences améliorées, la machinerie et les engrais, ne sont pas susceptibles de répondre à la demande future de denrées alimentaires, d'énergie, de bois d'œuvre et d'autres services et valeurs des écosystèmes, si l'on tient compte des projections, même modérées, concernant la disponibilité des ressources foncières (*bien établi*). À l'horizon 2050, le monde devra produire au moins la moitié plus de denrées alimentaires pour nourrir une population mondiale qui, selon les estimations, avoisinera les 10 milliards de personnes. Le mode actuel de gestion des terres ne permettra pas à la fois de réaliser cet objectif, de préserver les services écosystémiques, d'éviter la perte de capital naturel, de lutter contre le changement climatique, d'assurer la sécurité énergétique et hydrique et de promouvoir l'égalité entre les sexes et l'égalité sociale. {8.5.1}

La principale utilisation anthropique des terres est la production alimentaire, qui représente 50 % des terres habitables (*bien établi*). La production animale utilise 77 % des terres agricoles pour la production d'aliments pour animaux, la pâture et le pâturage. Or, le secteur de l'élevage ne fournit que 17 % de l'apport d'énergie alimentaire et 33 % des protéines alimentaires nécessaires. Il est donc inefficace de consacrer près de 80 % des terres agricoles à l'élevage. {8.4.1}

L'expansion de la superficie agricole a été ralentie par la hausse de la productivité (*établi, mais incomplet*). Bien qu'il y ait des variations régionales, à l'échelle mondiale, la superficie des cultures récoltées s'est accrue de 23 % entre 1984 et 2015, tandis que la production agricole mondiale s'est accrue de 87 %. En moyenne, l'approvisionnement alimentaire quotidien par habitant dans le monde a connu une hausse de 10 % entre 1993 et 2013. Toutefois, les systèmes agricoles monocultureux, que l'on tient parfois pour plus productifs et plus rentables, sont souvent associés à la dégradation de l'environnement et à la perte de la biodiversité. Les prairies de la partie australe de l'Amérique du Sud ont été converties en champs de soja destiné principalement à l'exportation. L'expansion d'huile de palme en Asie du Sud-Est s'est faite au détriment des forêts et des tourbières. {8.4.1}

L'approvisionnement alimentaire mondial dépend désormais du commerce croissant d'un petit nombre de denrées, produites

dans quelques régions où leur culture est de plus en plus spécialisée (*bien établi*). La part de la production faisant l'objet d'échanges internationaux en 2014 équivalait respectivement à 24, 11 et 60 % de la production mondiale de blé, de maïs et de soja. Ceci cause une réduction des prix, de sorte que les pays en déficit de denrées alimentaires tirent parti de ces importations. Toutefois, la concentration géographique de la production accroît le risque systémique, comme l'illustrent les récentes flambées des prix internationaux de produits de base dues à de mauvaises récoltes dans certaines régions. En outre, la prévalence croissante de certaines cultures dans l'approvisionnement alimentaire mondial contribue à une consommation accrue d'aliments hautement transformés et pauvres en nutriments, ce qui pourrait avoir de graves conséquences pour la santé des populations. {8.5.1}

Les liens entre les différents lieux (téléconnexions) se renforcent dans le monde entier (*bien établi*). La demande à certains endroits génère des transformations foncières ailleurs. La distance entre les producteurs et les consommateurs pourrait masquer la dégradation des écosystèmes dans les zones de production. À titre d'exemple, la demande de ressources foncières dans bon nombre de zones urbaines affecte l'utilisation des terres dans des zones rurales et d'autres zones urbaines, tant à l'intérieur du territoire national qu'à l'international. {8.3.2}

Environ le tiers des aliments produits dans le monde pour la consommation humaine sont perdus ou gaspillés (*bien établi*). À peu près 56 % du total des pertes et du gaspillage d'aliments se produisent dans les pays industrialisés, contre 44 % dans les pays en développement. {8.5.1}

Les taux de déforestation diffèrent d'une région à l'autre et bien que la tendance mondiale soit à la perte continue de forêts, plusieurs régions, en particulier dans les pays plus développés, affichent une expansion du couvert forestier (principalement sous forme de plantations) (*bien établi*). Dans les années 1990, environ 10,6 millions d'hectares (Mha) de forêts naturelles ont été perdus chaque année. Pour la période de 2010 à 2015, ce taux a chuté à 6,5 Mha/an. En même temps, les forêts plantées connaissent un taux de croissance d'environ 3,2 Mha/an et, en 2015, elles représentaient 7 % de la superficie forestière mondiale, principalement concentrée dans les pays à revenu élevé. Les plantations n'offrent pas la même diversité de services écosystémiques que les forêts naturelles. {8.4.1}

Bien que les zones bâties ne représentent qu'une fraction relativement faible des terres, leurs impacts s'étendent au-delà de leurs limites (*bien établi*). Depuis 1975, la superficie des zones urbaines a été multipliée par environ 2,5 ; elle représentait 7,6 % de la superficie totale des terres en 2015. Les villes et infrastructures se développent différemment selon la région. En recouvrant le sol de surfaces imperméables, les villes affectent le cycle hydrologique et la fonction du sol, tout en générant des îlots de chaleur urbains. Environ 3 milliards de citoyens n'ont pas accès à des installations adéquates d'élimination des déchets, ce qui pose des risques pour la santé (infections, exposition aux substances chimiques, à la poussière, etc.) et génère des impacts environnementaux (pollution des sols et de l'eau, émissions de gaz à effet de serre, etc.) et une concurrence pour l'utilisation des terres. {8.4.1 ; 8.5.2}

Les terres représentent l'actif le plus important des populations dans de vastes régions du monde, et la garantie de leurs droits foncières peut aider à ouvrir des perspectives de développement de ces actifs (*bien établi*). Les populations autochtones, les personnes démunies, les personnes sans terre et les femmes sont parmi les groupes les plus vulnérables aux implications



de l'inégalité de la propriété et de l'accès à la terre. Selon les estimations, seuls 10 % environ des droits fonciers officiels du monde sont enregistrés ou consignés. Faute de reconnaissance et de protection officielles de leurs droits fonciers, les communautés de certains pays sont confrontées à la perte de terres par l'acquisition, l'accaparement et la location, dans un contexte marqué par la crainte d'une pénurie alimentaire et d'une hausse des prix des aliments. À l'échelle mondiale, 26,7 Mha de terres agricoles sont passés aux mains d'investisseurs étrangers depuis l'an 2000. {8.5.3, 8.5.4}

L'occupation inégale des terres constitue un défi critique pour leur gestion durable (*bien établi*). La sécurité foncière des terres des populations indigènes peut générer des avantages se chiffrant à plusieurs milliards de dollars des États-Unis (par la séquestration du carbone, la réduction de la pollution, la fourniture d'eau potable ou la lutte contre l'érosion) ainsi qu'une série d'autres « services écosystémiques » locaux, régionaux et mondiaux. Ces avantages dépassent de loin les coûts de la sécurisation du régime foncier. {8.5.3}

En continuant sur la voie actuelle, il sera difficile d'atteindre la cible de neutralité en matière de dégradation des terres adoptée lors de la Conférence des Nations Unies sur le développement durable (Rio+20) (*bien établi*). Les évaluations fondées sur les données satellitaires montrent que les zones sensibles à la dégradation des terres couvrent environ 29 % de la superficie terrestre mondiale. Toutefois, il existe des écarts entre les différents ensembles de données et des désaccords entre les méthodes. Environ 3,2 milliards de personnes vivent dans ces zones en dégradation. L'investissement dans la prévention de la dégradation des terres et la restauration des terres dégradées est économiquement judicieux ; en général, les avantages en excèdent largement le coût. Les technologies innovantes, les

stratégies de gestion des terres et l'intendance des ressources foncières à différentes échelles (par exemple, les bonnes pratiques agricoles, la gestion durable des forêts, les systèmes de production agrosylvopastoraux, l'innovation agricole, le paiement des services écosystémiques, la restauration des terres, l'établissement de titres fonciers) doivent faire l'objet d'une promotion plus efficace et d'une adoption aux échelons local, régional, international et national. Ces solutions contribuent également à la résilience au changement climatique. Les accords multilatéraux sur l'environnement en vigueur constituent une plateforme d'une portée et d'une ambition sans précédent pour les mesures visant à éviter et à réduire la dégradation des terres et à promouvoir leur restauration. {8.6.1 ; 8.6.3}

La réduction de l'écart entre les sexes dans l'accès à l'information et à la technologie, ainsi que dans le contrôle et l'accès aux intrants de production et à la terre, pourrait accroître la productivité agricole et réduire la faim et la pauvreté (*bien établi*). Les nouvelles politiques devraient cibler de manière explicite les peuples autochtones, les femmes, les exploitants agricoles familiaux, les éleveurs et les pêcheurs, de sorte que ces groupes puissent avoir un accès garanti et équitable aux terres, aux intrants, aux connaissances, aux ressources, aux marchés, aux services financiers, aux possibilités de créer une valeur ajoutée et aux emplois non agricoles. {8.6}

La réduction des pertes et du gaspillage de nourriture aura des avantages environnementaux, sociaux et économiques importants pour l'appui à la sécurité alimentaire mondiale (*bien établi*). Lorsqu'il est impossible d'éviter le gaspillage, il convient de rechercher les possibilités de récupérer la valeur de ce flux de déchets, comme la conversion en compost, en engrais liquides, en biogaz ou en produits d'utilisation finale valorisée, tels que les protéines ou produits biochimiques destinés à l'alimentation des animaux. {8.6}



8.1 Les ressources foncières et les objectifs de développement durable

Les terres sont une notion complexe à définir, dans la mesure où elles revêtent de multiples dimensions interdépendantes (par exemple, fournisseur de ressources et de services, abri, bien foncier, élément clé de l'identité culturelle) (Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification [CNULD], 2017). Dans le présent chapitre, nous mettons l'accent sur les terres en tant que sources de denrées alimentaires, de fourrage, de fibres et de produits forestiers. Leur capacité à fournir des services écosystémiques qui régulent les processus écologiques a été traitée au chapitre 6 et dans les plus récents rapports d'évaluation de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la diversité biologique et les services écosystémiques (IPBES) (voir ci-dessous). Les terres sont le lieu de production d'une grande partie des aliments. Elles ont donc des liens étroits avec l'objectif de développement durable (ODD) 2 : Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable. Au nombre des cibles spécifiques de cet objectif figurent la garantie de l'accès à une alimentation saine, nutritive et suffisante, en particulier pour les groupes les plus vulnérables. En outre, l'ODD 2 a une relation directe avec l'accroissement de la productivité grâce à des systèmes de production alimentaire durables et plus résilients aux menaces croissantes du changement climatique, ainsi qu'avec le maintien et l'amélioration de la qualité des sols au bénéfice des générations futures. Les systèmes de production alimentaire durables et résilients exigent de travailler à l'égalité entre les sexes et de réduire d'autres formes d'inégalités (ODD 10), étant donné que les hommes et les femmes n'ont pas un accès égal aux ressources foncières dans plusieurs régions du monde.

Les terres abritent la biodiversité terrestre ; elles sont associées à la production alimentaire ; c'est sur elles que les populations vivent et que se déroulent la plupart des activités économiques. Plus de 54 % de la population mondiale vit en milieu urbain (Organisation des Nations Unies [ONU], 2015a), et cette situation pose des défis additionnels pour la gestion des terres : comment traiter les polluants et substances chimiques dangereux et leurs impacts sur les populations et l'environnement ? La pollution des terres devient une pression importante, et les déchets et substances chimiques d'origine anthropique ont une incidence sur la santé des personnes et le fonctionnement de nombreux processus écosystémiques (ODD 3 et 15).

En outre, l'utilisation humaine des terres exerce une énorme pression sur les ressources foncières, privilégiant ainsi les gains à court terme au détriment de la durabilité à long terme (CNULD, 2017), ce qui réduit l'offre de nombreux services écosystémiques (les apports de la nature aux populations). L'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire présente des données probantes qui attestent que nous vivons au-dessus de nos moyens (Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, 2004) et que la capacité des écosystèmes à nous fournir des aliments, des fibres, des ressources forestières, du fourrage et d'autres avantages liés à la biodiversité est menacée. Le récent rapport de l'IPBES sur la dégradation et la restauration des terres renforce ce message essentiel (IPBES, 2018). Une planète saine constitue le socle du développement, et la gestion durable des terres et des ressources est au cœur de ce défi.

8.2 Poser les jalons du rapport GEO-6 : l'héritage du rapport GEO-5

Les principaux messages du *Cinquième rapport sur L'avenir de l'environnement mondial* (GEO-5) pourraient être extrapolés au rapport GEO-6. La différence la plus notable pourrait être la reconnaissance du changement climatique en tant que force motrice du changement environnemental et du potentiel qu'il a d'altérer à lui seul les ressources foncières (voir le chapitre 2). Le changement climatique exacerbe généralement la dégradation des écosystèmes, et plus le climat est variable, plus il dégrade fortement les écosystèmes.

Une autre différence tient à la reconnaissance croissante de la fonction essentielle que jouent des droits fonciers clairement définis pour l'intendance des ressources foncières, ainsi que du rôle crucial des habitants des zones rurales dans la conservation des terres. L'initiative Land Rights Now (<http://landrightsnow.org/fr>) établit à 2,5 milliards le nombre de personnes tributaires de ressources foncières détenues, gérées ou utilisées à titre collectif. Ces personnes gèrent et protègent 50 % des terres, mais n'en détiennent légalement que 10 %. Des droits fonciers clairement définis se traduisent généralement par une amélioration de la gestion et de l'intendance des ressources foncières (Lawry *et al.*, 2017). En l'absence de tels droits, ces personnes sont exposées à la dépossession des terres par des acteurs puissants (par exemple, les multinationales ou les pouvoirs publics).

Enfin, on se préoccupe de plus en plus du fait que la dégradation des ressources foncières entraîne une généralisation des migrations, voire des conflits. Depuis le début de l'enregistrement de ces cas en 2015, l'Atlas des conflits pour la justice environnementale (<https://ejatlas.org>) a répertorié plus de 2 000 cas de conflits socio-environnementaux dans le monde, où la mauvaise gestion des terres, due en grande partie à une gouvernance médiocre, a entraîné la dégradation de terres, des conflits ou la dépossession de ressources.

8.3 Forces motrices et pressions

8.3.1 La population

Comme indiqué au chapitre 2, la croissance démographique constitue une force motrice clé de la transformation de l'utilisation des terres, en raison des effets environnementaux qui lui sont associés. Dans le monde en développement, en particulier en Afrique, la population doublera ou triplera d'ici le milieu du XXI^e siècle (ONU, 2014). En revanche, à l'horizon 2050, la population des pays développés ne connaîtra qu'une augmentation marginale, si ce n'est une baisse (ONU, 2015). Étant donné que le monde développé est déjà entré dans une société post-industrielle qui repose de plus en plus sur le secteur tertiaire, l'on s'attend à ce qu'il soit plus stable en termes d'utilisation des terres, tandis que les pays en développement connaissent actuellement une transition rapide des sociétés agraires à un régime industriel, ce qui se traduit par une évolution radicale des schémas d'utilisation des terres et des ressources (Haberl *et al.*, 2011).



La croissance démographique peut poser une grave menace pour la capacité intrinsèquement limitée des terres à fournir aux communautés locales des aliments, un abri et une nutrition appropriés. Toutefois, ses impacts dépendent du contexte socio-économique spécifique et se font surtout ressentir dans les pays en développement. À titre d'exemple, une étude sur le changement d'affectation des terres dans le nord-ouest de l'Éthiopie (1972-2010) révèle que 62 % des terres boisées ont été converties en terres agricoles, entraînant des coûts environnementaux élevés (tempêtes de poussière, sécheresses, forte érosion des sols), en raison de la croissance démographique, mais aussi à cause des subventions attractives octroyées aux exploitants agricoles (Zewdie et Csaplovics, 2015). La plupart des études sur le sujet reconnaissent l'importance de la migration des zones rurales vers les zones urbaines comme moyen d'atténuer certains effets négatifs de la croissance démographique sur les ressources foncières en milieu rural. Une partie de l'accroissement naturel de la population dans les zones rurales peut désormais être absorbée à l'extérieur du pays grâce à l'amélioration des infrastructures intrarégionales, comme on peut l'observer en Afrique, où une majorité de migrants circulent à l'intérieur du continent à la recherche de perspectives économiques (Awumbila, 2017).

8.3.2 L'urbanisation

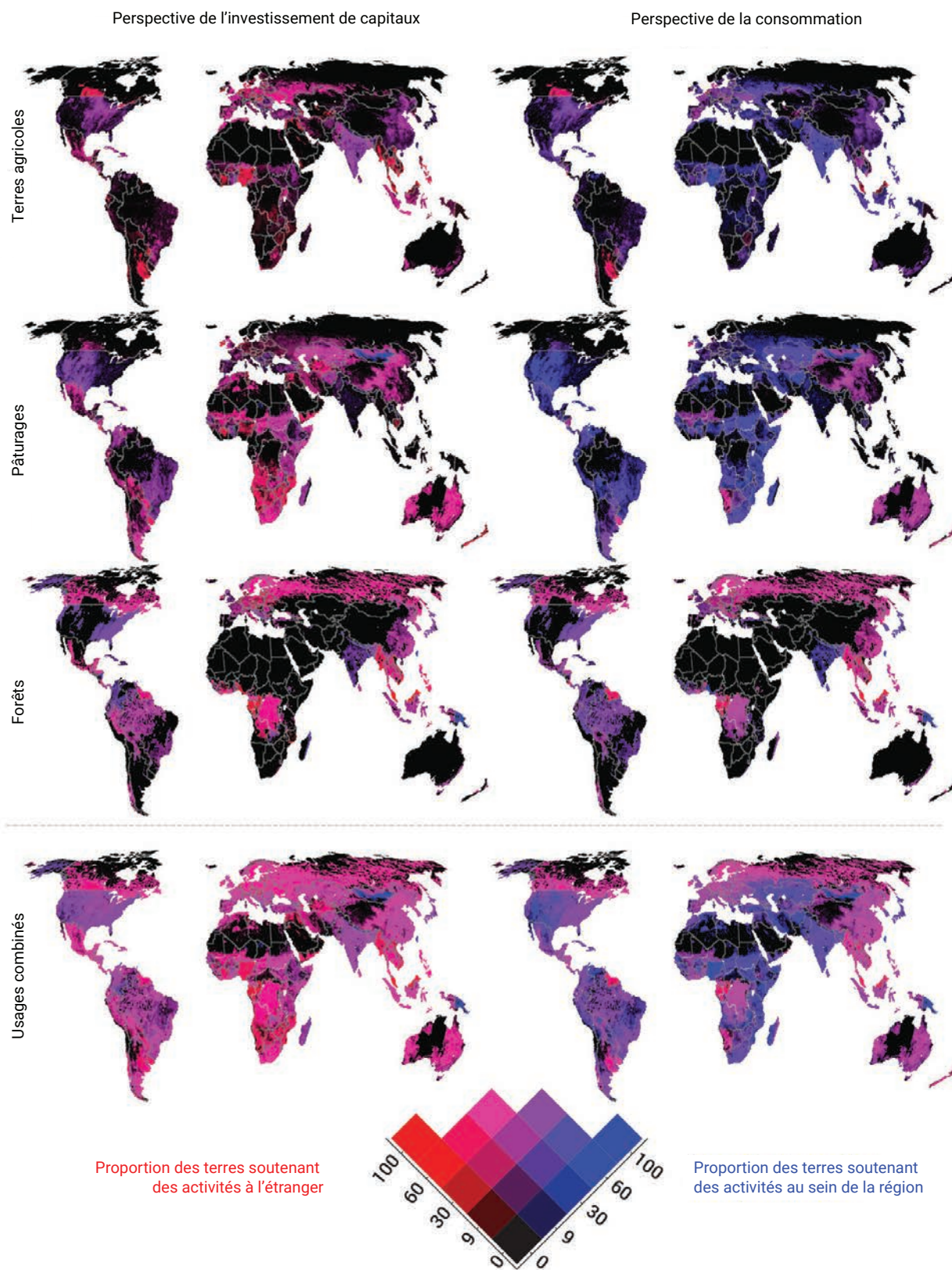
Les zones urbaines et rurales sont interconnectées par leurs populations, leurs ressources et leurs services. En effet, les zones rurales sont reliées aux régions urbaines par des réseaux routiers, informationnels, électriques et commerciaux. Par ailleurs, les zones urbaines sont de plus en plus tributaires des ressources terrestres qui produisent les apports de la nature aux populations, notamment l'eau potable, les aliments et les fibres. L'urbanisation

peut avoir un impact tant positif que négatif sur ces flux et fonctions et influencer sur l'économie et le développement des zones périurbaines et rurales (Brenner et Schmid, 2014). Les villes fonctionnent au sein d'écosystèmes qui s'étendent généralement au-delà des limites de leur juridiction (Solecki et Marcotullio, 2013), ce qui nécessite de nouvelles méthodes pour mesurer avec précision l'étendue de l'urbanisation afin de permettre aux décideurs et à la société civile de relever les défis existants et émergents (ONU, 2016). La demande urbaine de nourriture, d'eau, de fibres et de matériaux de construction a permis de nouer des liens étroits entre les villes, les zones rurales et même certaines régions d'autres pays. Ces liens, les téléconnexions, signifient que l'utilisation des terres en milieu rural dépend de plus en plus de demandes émanant d'agglomérations urbaines éloignées (Seto *et al.*, 2012 ; Bergmann et Holmberg, 2016). L'infrastructure urbaine (l'énergie, l'eau, les bâtiments, les transports) et l'approvisionnement en vivres sont particulièrement tributaires des apports transfrontaliers (Kennedy et Hoornweg, 2012 ; Ramaswami *et al.*, 2012 ; Ramaswami *et al.*, 2017).

La migration des zones rurales vers les zones urbaines se poursuit et a des incidences multidimensionnelles sur l'utilisation des terres, en raison de l'évolution des régimes alimentaires et de la demande supplémentaire que la migration exerce sur les infrastructures et le logement, ainsi que sur la capacité des terres à continuer de fournir les apports de la nature aux populations (CNULD, 2017). Une grande partie de la croissance démographique des zones habitées s'est produite dans des régions exposées aux catastrophes, par exemple à moins de 10 mètres (au-dessus du niveau de la mer) des zones côtières à faible altitude (Seto *et al.*, 2011 ; Pesaresi *et al.*, 2016).



Figure 8.1 : Différentes perspectives sur la mondialisation des terres en 2007 (projection Eckert IV)



Cette figure illustre les liens entre le capital et la consommation aux échelons régional et mondial, selon l'activité économique des terres.

Source : Bergmann et Holmberg (2016).

8.3.3 Le développement économique

Les forces de la mondialisation exercent des pressions croissantes sur les systèmes terrestres et leurs fonctions, entraînant ainsi une modification du paysage (Fischer-Kowalski et Haberl, 2007 ; Henders et Ostwald, 2014 ; Schaffartzik et al., 2015). Le commerce et les flux de capitaux mondiaux influent sur l'utilisation des terres (par exemple, l'agriculture, la foresterie) dans les pays en développement (Bergmann et Holmberg, 2016) (figures 8.1 et 8.2). Ces flux de biens agricoles nécessitent un transport et un stockage, ce qui pourrait accroître les coûts économiques et environnementaux, en plus d'entraîner la détérioration de la valeur nutritionnelle des aliments, d'accroître les risques de transmission de maladies et de provoquer des gaspillages d'aliments (Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE], 2016a). Nous reviendrons plus en détail sur l'importance des pressions exercées sur le régime foncier et l'accès à la terre à la section 8.5.3.

8.3.4 La technologie et l'innovation

Partout dans le monde, l'avancée rapide de la technologie influe sur la production et la consommation, et détermine les modes d'utilisation des terres et des écosystèmes terrestres à diverses échelles. Les mégadonnées sur la Terre et la science participative améliorent le suivi et l'évaluation de l'environnement, tout en favorisant l'engagement du public (voir le chapitre 25).

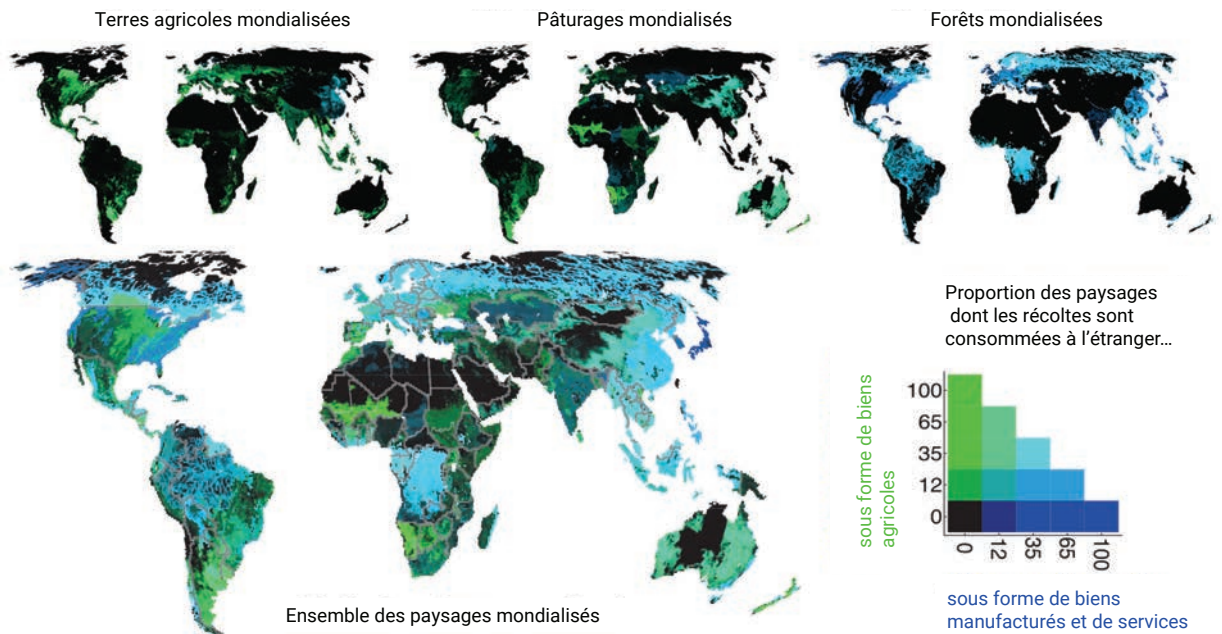
Bien qu'elle présente encore certaines limites, l'observation satellitaire de la Terre a été combinée avec des mégadonnées pour suivre les changements forestiers survenus dans le monde entier (par exemple, Global Forest Watch, www.globalforestwatch.org ; Terra-i, www.terra-i.org). Les drones actionnés par la technologie mobile servent de plus en plus au suivi de la combustion de la biomasse et de la conversion non autorisée de l'utilisation des terres. On peut exploiter l'explosion mondiale de l'accès aux téléphones cellulaires et, en particulier, aux smartphones, pour démocratiser l'accès aux données. Les développements

technologiques tels que l'agriculture de précision et l'irrigation goutte à goutte constituent des exemples de l'utilisation efficiente des produits agrochimiques et de l'eau.

La téléphonie mobile et l'Internet permettent de diffuser en quelques secondes des informations environnementales essentielles dans n'importe quel coin du monde, qu'il soit riche ou pauvre. Plusieurs régions du monde en voie de développement peuvent tirer parti de ces technologies pour améliorer la gestion de leurs terres, ce qui pourrait avoir une incidence sur la conservation de la biodiversité et l'utilisation des terres (Chin, 2018).



Figure 8.2 : Rôles relatifs des denrées agricoles par rapport aux produits manufacturés et aux services dans la mondialisation des terres (projection Eckert IV)



Source : Bergmann et Holmberg (2016)..



8.3.5 Le changement climatique

La hausse de la température mondiale et l'évolution du régime des précipitations ont déjà des répercussions sur les écosystèmes terrestres et le rendement des cultures (**figure 8.3**). Dans les régions tropicales, les effets de l'élévation des températures seront probablement plus importants que dans les zones tempérées (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2014). L'évolution du régime des précipitations pourrait profiter à certaines régions, mais une variabilité accrue des précipitations (sécheresses plus fréquentes) présente un risque pour 70 % de l'agriculture mondiale pluviale (GIEC, 2014). À mesure que les saisons de culture changent, la progression des rendements ralentit (Lobell, Schlenker et Costa-Roberts, 2011 ; Lobell et Gourdjji, 2012). L'élévation du niveau de la mer due au changement climatique entraîne des risques de perte et d'affaissement des zones côtières (GIEC, 2014), mettant en péril les moyens de subsistance de nombreux habitants de ces régions (Pesaresi *et al.*, 2016) (voir la section 8.3.5).

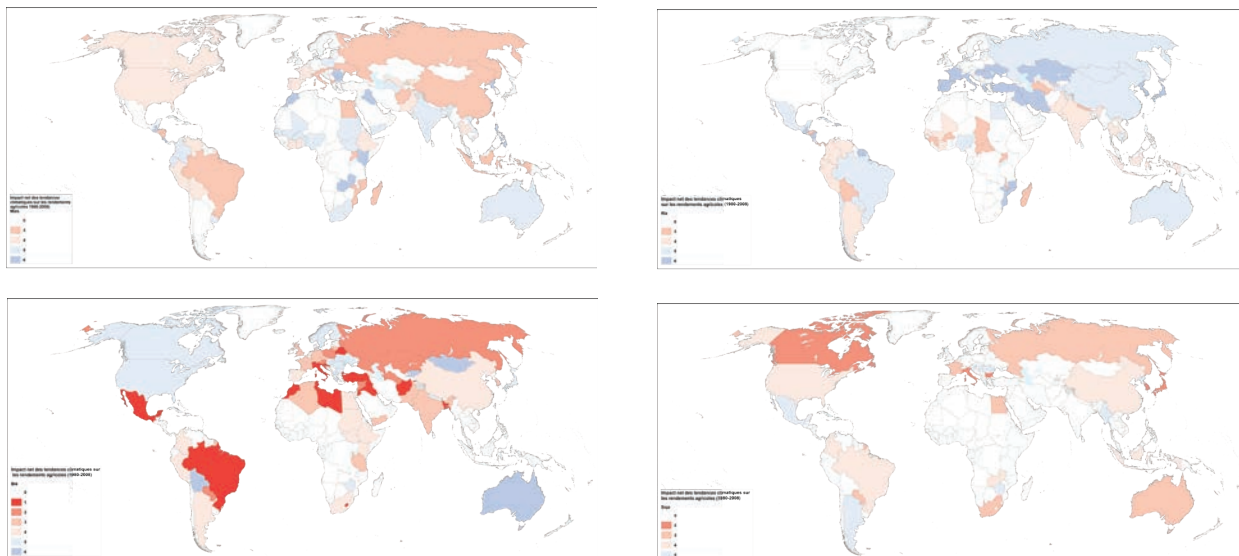
Des concentrations accrues de CO₂ dans l'atmosphère pourraient favoriser le rendement des cultures dans certaines régions grâce à une fertilisation accrue au CO₂ (McGrath et Lobell, 2013), tandis que la hausse des températures pourrait entraîner des gains de rendement dans les régions de haute latitude (GIEC, 2014). Toutefois, à l'échelle mondiale, les rendements devraient pâtir d'une croissance soutenue des températures moyennes et des concentrations d'ozone troposphérique (Schlenker et Roberts, 2009 ; GIEC, 2014). La hausse des températures a étendu la distribution de certaines mauvaises herbes et de certains organismes nuisibles (Pautasso *et al.*, 2012) et exacerbé les stress existants pendant certaines périodes de culture (Gourdjji, Sibley et Lobell, 2013).

D'autre part, les pratiques agricoles intelligentes sur le plan climatique, telles que le travail superficiel du sol et les cultures et pratiques à haute efficacité énergétique, offrent la possibilité d'accroître la valeur de puits de carbone atmosphérique des sols, contribuant ainsi à atténuer le

changement climatique (Han *et al.*, 2018). De même, les efforts visant à réduire la déforestation et la dégradation des forêts, à conserver et renforcer les stocks de carbone forestier, et à assurer une gestion durable des forêts à l'échelle mondiale peuvent contribuer de manière significative à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et à séquestrer le carbone dans la biomasse vivante et les produits forestiers.



Figure 8.3 : Estimation de l'impact net des tendances climatiques sur les rendements des cultures par pays, 1980-2008



Source : Adapté de Agence spatiale européenne (2015).



8.4 État et tendances clés

8.4.1 La dynamique de l'utilisation des terres

L'évolution de la couverture terrestre

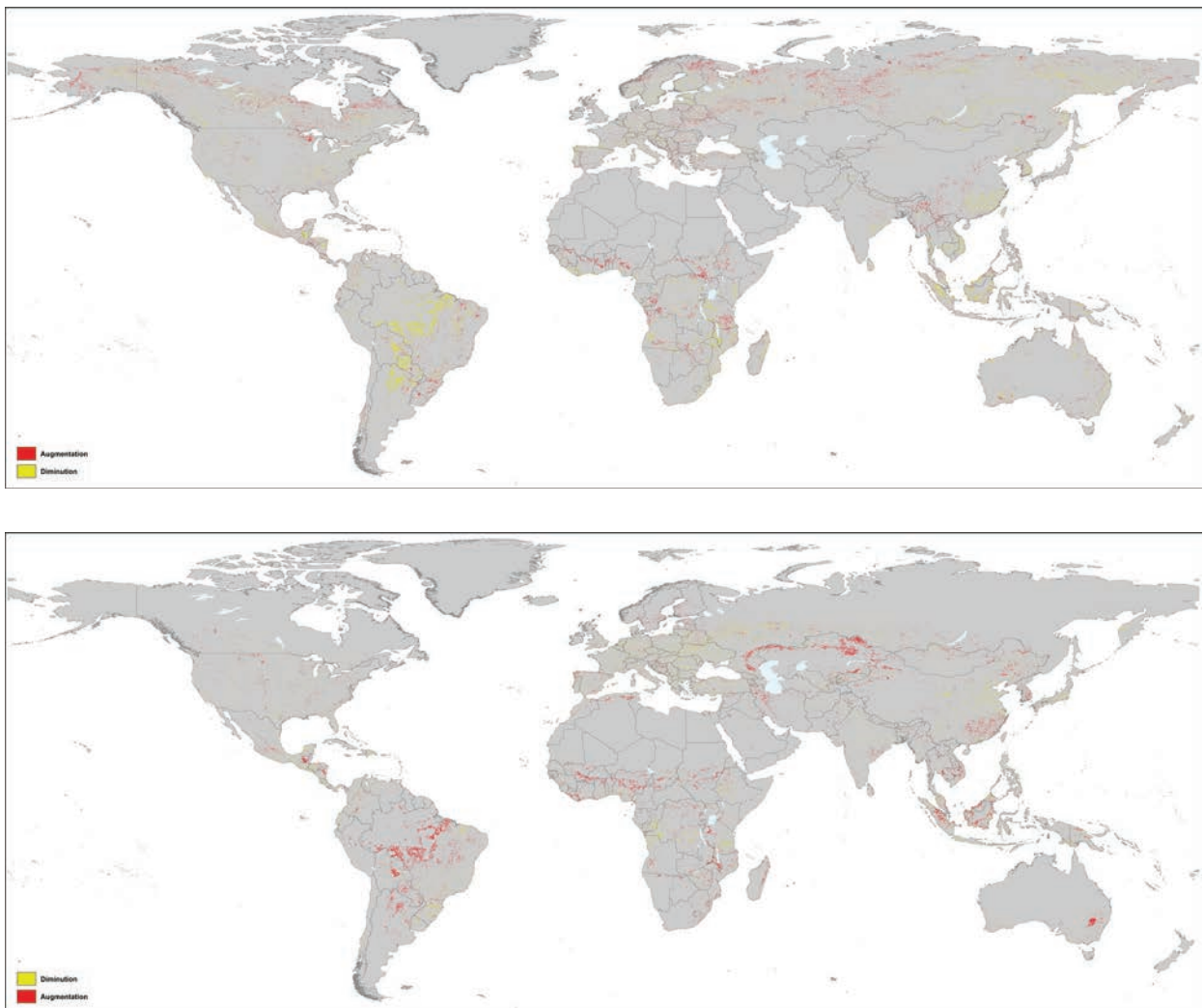
Les terres sont extrêmement dynamiques ; l'évolution de la couverture terrestre est due à des processus climatiques, géologiques ou écologiques. Toutefois, l'utilisation des terres par les humains, principalement l'agriculture, est actuellement à l'origine de la plupart des changements survenus dans la couverture terrestre et son état (Haberl, 2015 ; de Ruiter *et al.*, 2017 ; **figure 8.4**).

Il faudra quasiment doubler la production agricole entre 2012 et 2050 pour répondre à la demande croissante de denrées alimentaires, d'aliments pour animaux et de biocarburants (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2017a). Bien que la FAO estime que 1 400 millions d'hectares (Mha) sont disponibles pour l'expansion agricole (Alexandratos *et al.*, 2012), ces terres se trouvent principalement dans des forêts et d'autres écosystèmes peu perturbés, où sont

générés des apports de la nature aux populations tels que l'eau potable et la régulation du climat (Machovina, Feeley et Ripple, 2015). Quand elles le peuvent, les populations abandonnent les terres dégradées et étendent la production ailleurs. Les terres abandonnées peuvent commencer à se régénérer lentement : la végétation et la faune commencent à récupérer les espaces délaissés, comme l'illustre la repousse spontanée de 362 430 km² de végétation ligneuse en Amérique latine (de 2000 à 2010) (Aide *et al.*, 2013).

Les forces économiques mondiales façonnent les modèles locaux d'utilisation des terres. À titre d'exemple, l'exploitation minière moderne prend de l'ampleur en raison de la hausse de la demande mondiale. La baisse des teneurs en minerai aggrave cette situation, car il faut traiter davantage de minerai pour répondre à la demande, souvent par des méthodes d'exploitation minière à ciel ouvert produisant beaucoup de résidus rocheux. L'exploitation minière a des effets environnementaux cumulatifs, en particulier dans les régions où elle est intensive, notamment dans les zones où l'on extrait le pétrole par la fracturation hydraulique. Une carte régionale

Figure 8.4 : Évolution des forêts mondiales (en haut) et des terres cultivées (en bas), 1992-2015, d'après les séries chronologiques de données de l'Agence spatiale européenne sur la couverture terrestre



Source : Adapté de l'Agence spatiale européenne (2015).



couvrant des portions de la Colombie, de l'Équateur, du Pérou et de la Bolivie (figure 8.5) et présentant les zones terrestres qui sont exploitées pour l'extraction minière, gazière et pétrolière ou qui en ont le potentiel fait ressortir le conflit qui peut découler de la concurrence pour l'utilisation des terres (Asociación Pro Derechos Humanos [Aprodeh] *et al.*, 2018).

La dynamique agricole

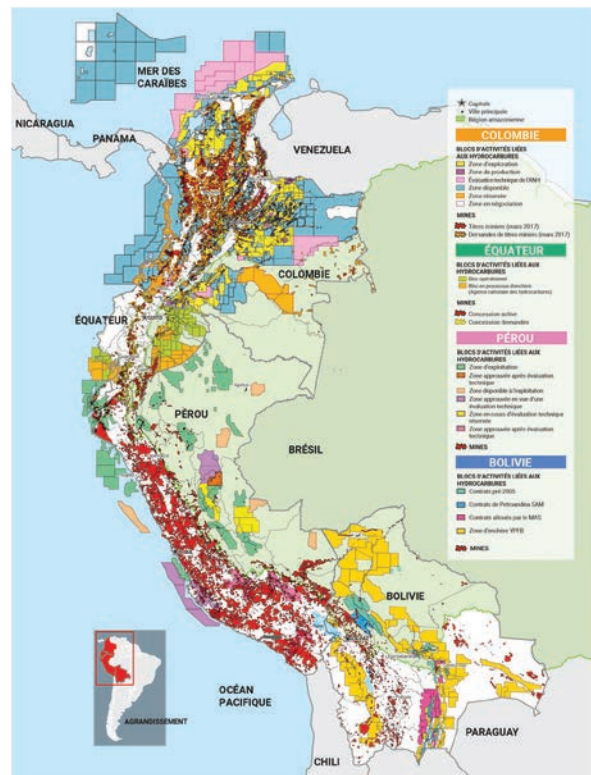
La production alimentaire représente la principale utilisation anthropique des terres, couvrant 38 % des terres libres de glace (Holmes *et al.*, 2013) ou 50 % des terres habitables (Ritchie et Roser, 2018). Dans ce contexte, le secteur de l'élevage domine, accaparant plus des trois quarts des terres agricoles pour la production d'aliments pour animaux, la pâture et le pâturage (Foley *et al.*, 2011 ; Ritchie et Roser, 2018 ; figure 8.6).

Répartition de la superficie terrestre par fonction et affectation, jusqu'aux terres agricoles consacrées à l'élevage et à la production vivrière, en millions de kilomètres carrés (Mkm²). La superficie consacrée à l'élevage inclut les terres arables utilisées pour la production d'aliments pour animaux.

La production alimentaire primaire représente environ 23 % de l'utilisation des terres agricoles (figure 8.6), bien que depuis quelques années, une proportion croissante des terres soit affectée aux cultures destinées à la production de biocarburants (Cassidy *et al.*, 2013). La production de biocarburants, qui représentait 2 % de l'utilisation totale des zones libres de glace en 2009, devrait en occuper 4 % à l'horizon 2030 (FAO, 2009). La superficie agricole a diminué d'environ 1 % depuis l'an 2000 (figure 8.7 ; FAO, 2017b). Bien qu'il s'agisse d'une faible baisse, ce chiffre ne tient pas compte de la dégradation des terres (voir ci-dessous) ni de la façon dont, malgré la réduction de la superficie agricole totale, cette situation pourrait masquer l'abandon de terres dégradées ou l'expansion du territoire agricole ailleurs.

Si les superficies cultivées dans le monde se sont accrues de 23 % entre 1984 et 2015, la production agricole mondiale s'est, quant à elle, accrue de 87 % (FAO, 2017b), principalement par le biais de l'agriculture monoculturelle. Toutefois, ces systèmes de production alimentaire pourraient être associés à la dégradation de

Figure 8.5 : Zones désignées pour les activités extractives dans la région des Andes (Amérique du Sud)

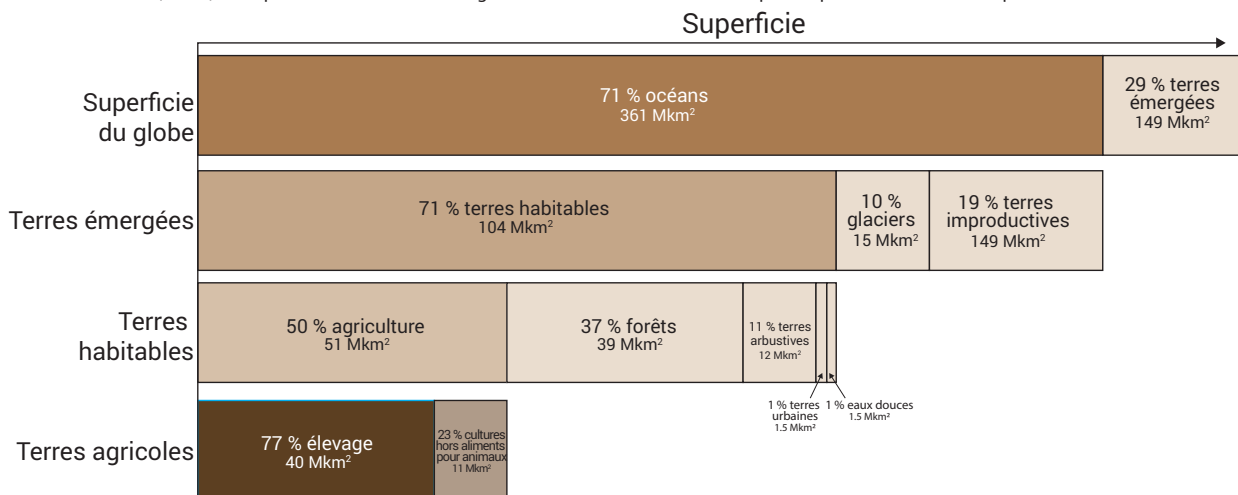


Source : Aprodeh *et al.* (2018). Adapté d'une carte compilée en 2018 par le Centre bolivien d'information et de documentation (Cedib) à partir de sources officielles du pays disponibles sur Internet.

l'environnement et à la perte de la biodiversité (Benton, Vickery et Wilson, 2003 ; Foley *et al.*, 2011 ; CNUDL, 2017).

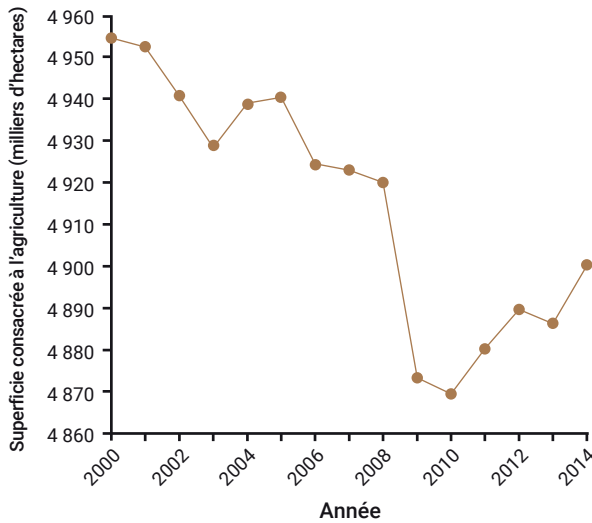
Figure 8.6 : Répartition mondiale des superficies consacrées à la production alimentaire

Répartition de la superficie terrestre par fonction et affectation, jusqu'aux terres agricoles consacrées à l'élevage et à la production vivrière, en millions de kilomètres carrés (Mkm²). La superficie consacrée à l'élevage inclut les terres arables utilisées pour la production d'aliments pour animaux.



Source : FAO (2017b) ; Ritchie et Roser (2018).

Figure 8.7 : Superficie agricole, 2000-2014



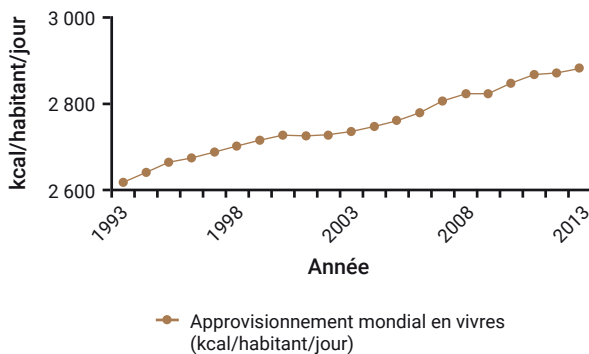
La superficie agricole comprend la superficie sous culture (terres arables), les cultures pérennes, les pâturages et les prairies au cours d'une année donnée.

Source : FAO (2017b).

De même, les disponibilités alimentaires quotidiennes par habitant dans le monde se sont accrues de 10 % entre 1993 et 2013 (figure 8.8 ; FAO, 2017b). Beaucoup de zones sont converties en terres cultivées à mesure que la demande de cultures flexibles s'accroît (Borras *et al.*, 2012). Les prairies d'Argentine, de Bolivie, du Brésil, du Paraguay et de l'Uruguay ont été converties en champs de soja, destiné à l'exportation (Graesser *et al.*, 2015). La superficie consacrée à la culture du soja a plus que doublé depuis 2000 (figure 8.9). Les superficies récoltées en Amérique du Sud et en Amérique du Nord représentent respectivement environ 47 et 30 % de la superficie mondiale consacrée à la culture du soja (FAO, 2017b).

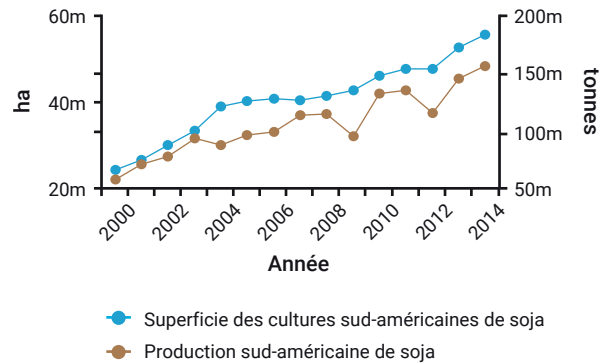
Un processus similaire caractérise la production de palmiers à huile en Asie du Sud-Est. La superficie consacrée à cette culture s'est accrue depuis l'an 2000 (figure 8.10). En 2014, plus de 68 % de la superficie totale consacrée à la culture du

Figure 8.8 : Approvisionnement mondial en vivres



Source : FAO (2017b).

Figure 8.9 : Production de soja en Amérique du Sud, 2000-2014

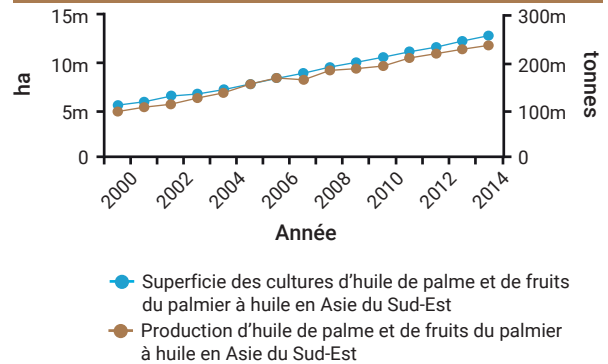


Source : FAO (2017b).

palmier à huile se trouvait dans cette région et 85 % en Asie (FAO, 2017b).

L'expansion des plantations de palmiers à huile en Asie du Sud-Est s'est faite au détriment des forêts. Cette hausse résulte de la demande croissante de biocarburants et d'huile de table. À Kalimantan, en Indonésie, environ 90 % des terres converties en plantations de palmiers à huile de 1990 à 2010 étaient boisées à l'origine (Carlson *et al.*, 2012). De 2001 à 2015, plus de 9,5 Mha ont été déboisées à Bornéo (Institut des ressources mondiales [WRI], 2018). Dans les plantations de palmiers à huile des plaines de la Malaisie péninsulaire (2 Mha), de Bornéo (2,4 Mha) et de Sumatra (3,9 Mha), Koh *et al.* (2011) ont constaté qu'environ 880 000 ha de tourbières tropicales de la région avaient été convertis en plantations de palmiers à huile au début des années 2000. En 2010, quelque 2,3 Mha de forêts marécageuses tourbeuses déjà déboisées n'étaient pas encore convertis en plantations de palmiers à huile.

Figure 8.10 : Production de fruits du palmier à huile en Asie du Sud-Est

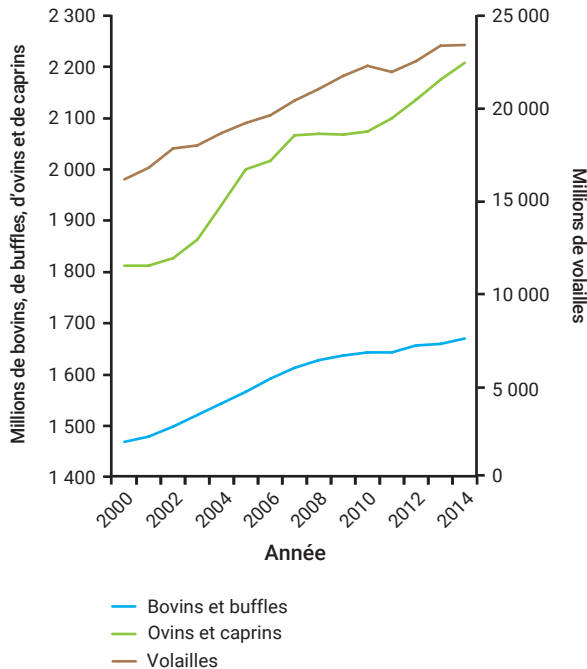


Source : FAO (2017b).



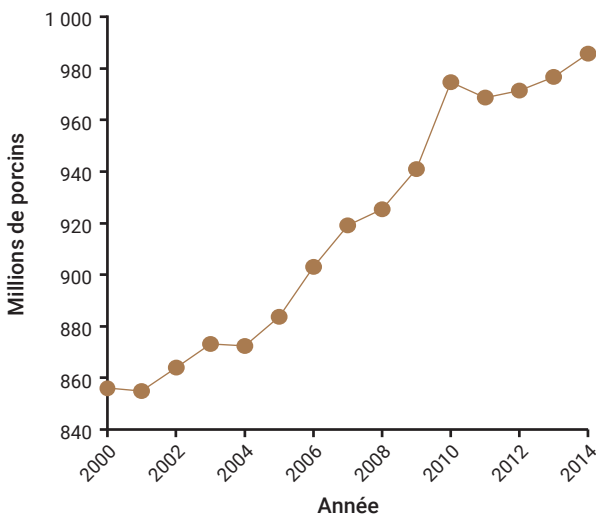
Les populations mondiales de bétail ont augmenté entre 2000 et 2014 (figures 8.11 et 8.12). Certes, la population humaine s'est accrue de près de 19 %, mais le nombre de bovins et de buffles, de caprins et d'ovins, de volailles et de porcins s'est accru respectivement de 13,8, 21,9, 45,4 et 15,1 %. Toutefois, la hausse du nombre de têtes de bétail s'est accompagnée d'une baisse de la superficie des pâturages et des prairies permanentes (figure 8.13). Ces taux de croissance élevés sont principalement associés à des systèmes de production animale plus intensifs qui reposent sur l'utilisation efficace des aliments pour animaux (Mottet et al., 2017).

Figure 8.11 : Nombre d'herbivores et de volailles



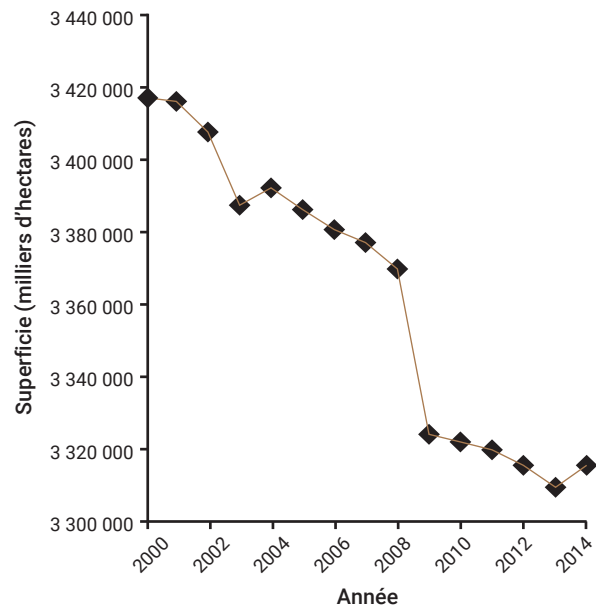
Source : FAO (2017b).

Figure 8.12 : Nombre de porcins, 2000-2014



Source : FAO (2017b).

Figure 8.13 : Prairies et pâturages permanents

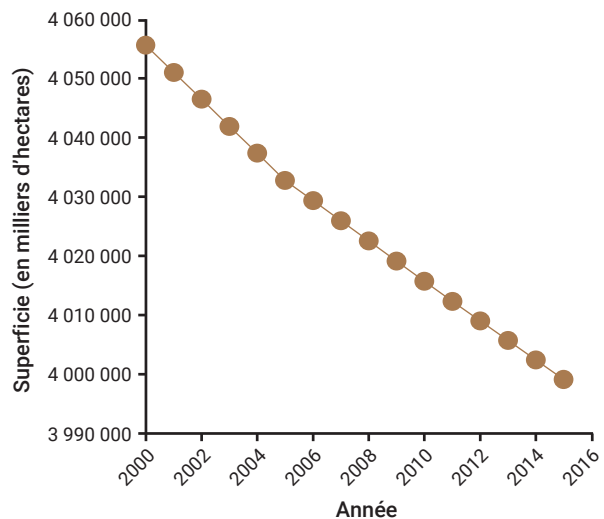


Source : FAO (2017b).

La dynamique des forêts

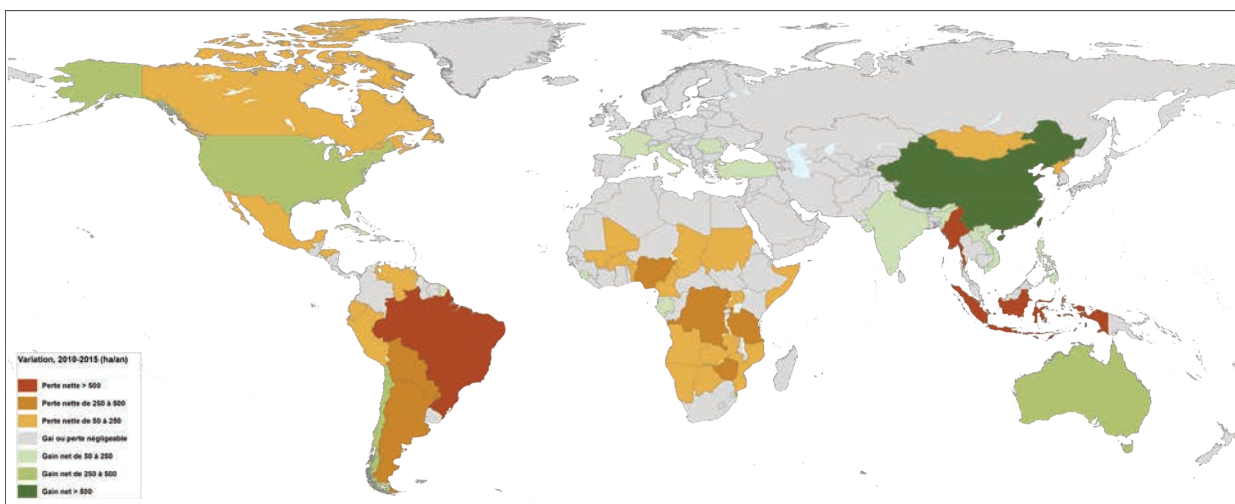
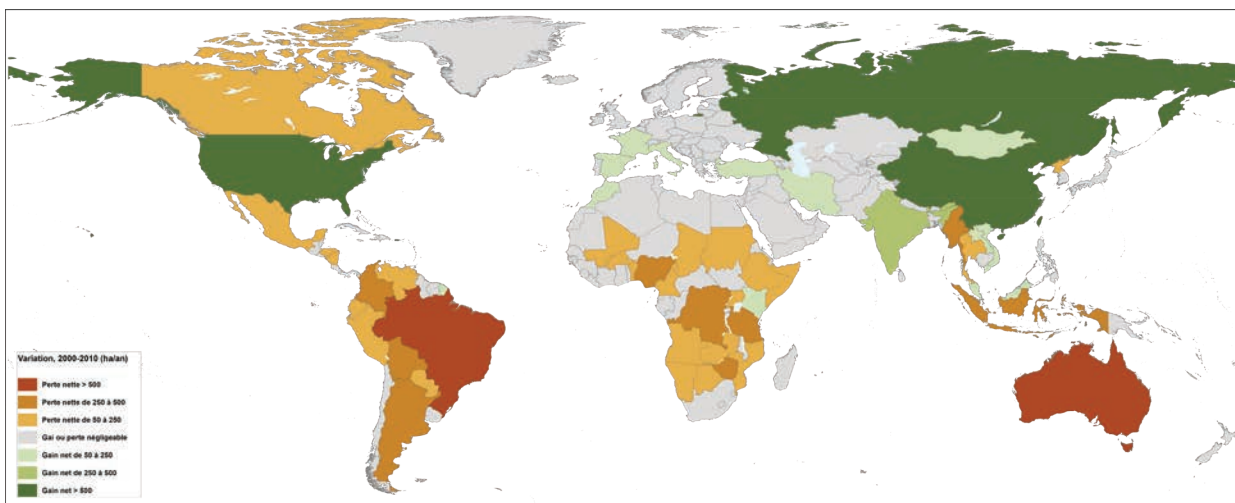
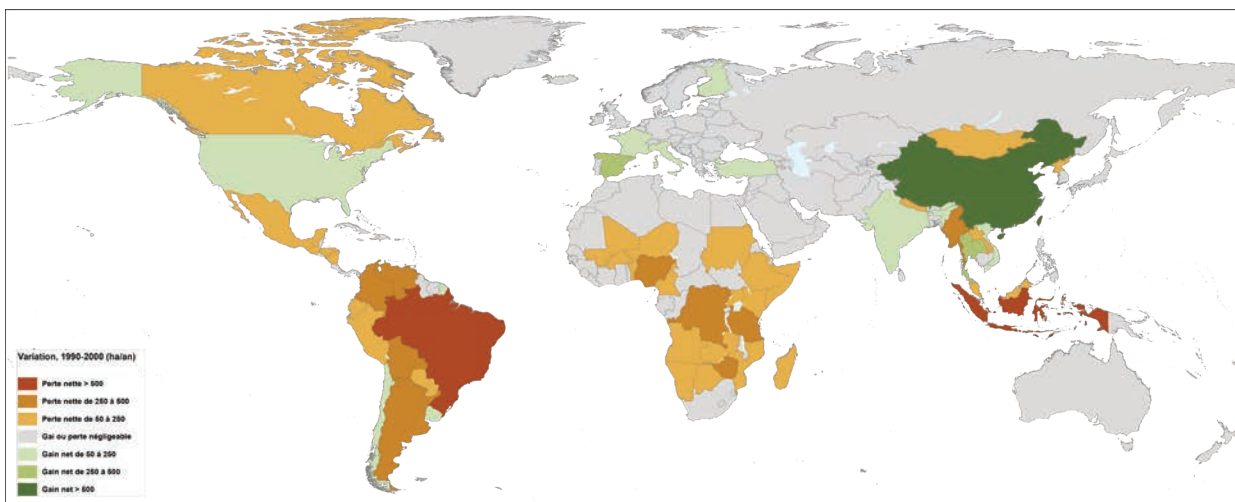
Le déclin des forêts se poursuit (figure 8.14). En 1990, elles représentaient 31,6 % de la superficie des terres émergées de la planète. Ce pourcentage a fléchi à 30,6 % en 2015 (FAO, 2015a), mais les taux de perte de forêts sont en baisse. Dans les années 1990, la perte de forêts naturelles s'élevait à environ 10,6 Mha/an. Pour la période de 2010 à 2015, ce taux est tombé à 6,5 Mha/an. Cependant, la superficie des forêts plantées a augmenté d'environ 3,2 Mha/an ; en 2015, ces forêts représentaient 7 % de la superficie forestière mondiale et étaient principalement concentrées dans les pays à revenu élevé (FAO, 2015a ; figure 8.15). Le taux de perte de forêts varie d'une région à l'autre et, bien que la tendance mondiale soit à la perte de forêts, plusieurs régions, en particulier dans les pays les plus développés, affichent une expansion du

Figure 8.14 : Terres forestières dans le monde, 2000-2015



Source : FAO (2017b).

Figure 8.15 : Variation nette annuelle de la superficie des forêts, 1990-2000, 2000-2010, 2010-2015



Source : FAO (2017b).



couvert forestier, bien qu'une partie de ces forêts soient des plantations. Le recul des forêts naturelles se poursuit dans la plupart des régions du monde (**figure 8.15**), menaçant l'offre d'avantages essentiels aux populations. Par exemple, à mesure que la déforestation s'intensifie dans la forêt pluviale amazonienne, les précipitations diminuent. D'après des estimations récentes, un point de bascule critique pour le cycle hydrologique dans cette partie de l'Amérique du Sud sera atteint si la déforestation atteint 20 à 25 % du couvert forestier d'origine dans le bassin amazonien (Lovejoy et Nobre, 2018). Depuis 50 ans, 17 % de l'étendue originelle de la forêt amazonienne a été déboisée (Fonds mondial pour la nature [WWF], 2018) et le couvert forestier continue de décroître (Butler, 2017 ; WRI, 2018 ; WWF, 2018).

L'expansion urbaine

Les zones bâties n'occupent qu'une très petite portion des terres émergées. Toutefois, depuis 1975, la superficie des agglomérations urbaines (c'est-à-dire les centres urbains ainsi que les banlieues environnantes) s'est multipliée par environ 2,5, occupant désormais 7,6 % de la superficie totale des terres (Pesaresi *et al.*, 2016). Entre 1975 et 2015, la superficie bâtie a doublé en Europe, mais en Afrique, elle a à peu près quadruplé. Les villes se sont développées dans les deux régions, mais la population urbaine est demeurée relativement constante en Europe alors qu'elle a triplé en Afrique. Il découle de ce qui précède que la superficie bâtie par habitant varie à travers le monde (Pesaresi *et al.*, 2016). En outre, l'expansion urbaine entraîne une fragmentation du paysage et un étalement des villes. À mesure que les villes s'étendent, les utilisations urbaines des terres l'emportent généralement sur leurs utilisations agricoles (van Vliet, Eitelberg et Verburg, 2017), et la demande d'aliments, de fibres et de minéraux peut transformer des localités jusque-là disjointes (Seto *et al.*, 2012 ; van Vliet, Eitelberg et Verburg, 2017). En Amérique latine, on a observé une expansion spatiale généralisée (près de 84 % de la population vit dans les villes), ce qui se traduit par une baisse de la compacité (Inostroza, Baur et Csaplovics, 2013).

En recouvrant le sol de surfaces imperméables, les villes influent sur le cycle hydrologique et la fonction du sol. Elles génèrent également ce que l'on appelle des îlots de chaleur urbains. Mais elles produisent aussi des gains d'efficacité dans l'accès à l'éducation, au logement, à l'eau potable et à l'électricité. Depuis l'an 2000, les villes intègrent davantage d'espaces verts et d'arbres (Pesaresi *et al.*, 2016).

Certes, les villes s'étendent vers l'arrière-pays, mais l'on reconnaît de plus en plus la valeur de la préservation des systèmes naturels (par exemple, les lacs et les plans d'eau naturels) ainsi que de la construction d'infrastructures urbaines plus écologiques (par exemple, les parcs, les fermes urbaines, les écobaissières). Ces infrastructures offrent de multiples avantages propres à améliorer la biodiversité et le bien-être humain, notamment pour la gestion de l'eau, l'atténuation des risques d'inondation, l'atténuation des îlots de chaleur (Pataki *et al.*, 2011), le bien-être émotionnel, la santé (Groenewegen *et al.*, 2006 ; Pataki *et al.*, 2011 ; White *et al.*, 2013 ; Sturm et Cohen, 2014 ; Organisation mondiale de la Santé [OMS], 2017), le captage de la pollution et les infrastructures culturelles.

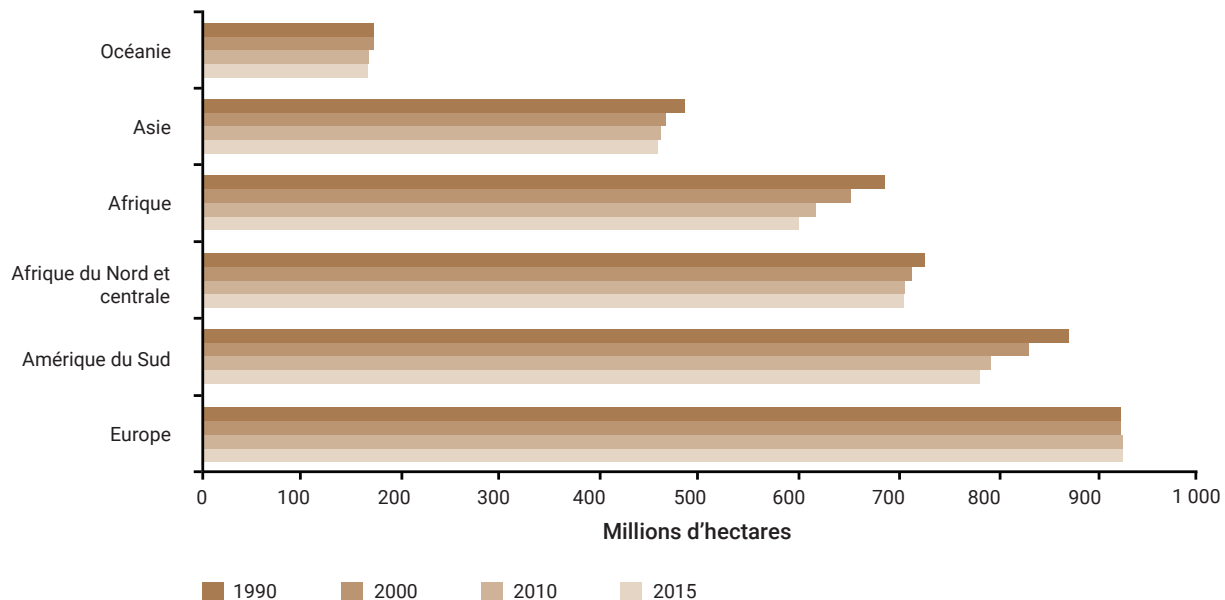
En 2015, environ 52 % de la population vivait dans les centres urbains à forte densité, 33 % dans les villes et banlieues et 15 % dans les zones rurales (Pesaresi *et al.*, 2016). Certes, la croissance démographique et géographique de nombreuses villes se poursuit, mais d'autres connaissent un déclin de leur population. Les villes en déclin laissent derrière elles des parcelles vacantes dans le cadre d'un cycle de croissance et de décroissance dont la gestion offre de nouvelles possibilités d'améliorer l'environnement.

8.4.2 La dynamique de la qualité des terres

La dégradation des terres et la production agricole

La dégradation des terres consiste en un déclin ou une perturbation des services des écosystèmes terrestres, notamment la productivité primaire nette (PPN) (Le, Nkonya et Mirzabaev, 2016). Elle résulte de différents processus : l'érosion, la salinisation, le compactage et la contamination des sols, leur appauvrissement

Figure 8.16 : Couvert forestier naturel par région, 1990-2015



Source : FAO (2015a).



en matières organiques, les incendies de forêt, le surpâturage (Jones *et al.*, 2012 ; Kosmas *et al.*, 2014). Le déclin de la PPN se traduit également, entre autres, par une réduction de l'activité microbiologique, de la capacité de rétention d'eau, de la conductivité hydraulique et de la résistance des sols (Soane *et al.*, 2012). Selon les estimations de la FAO (2015b), le taux de dégradation des terres est actuellement de 12 Mha/an. Selon les estimations, les pertes annuelles de services écosystémiques résultant de cette dégradation se situent entre 6,3 et 10,6 milliards de dollars des É.-U. (The Economics of Land Degradation [ELD], 2015). La dégradation est un phénomène biophysique, mais ses causes et ses conséquences sont également économiques et sociales. De nombreux efforts visent à évaluer les tendances, l'envergure et les conséquences observables de la dégradation des terres. Toutefois, les différentes définitions de la dégradation et les méthodes de mesure produisent des résultats différents en ce qui concerne son ampleur, les zones où elle se produit, ses effets et ses coûts (FAO, 2018). Selon une estimation récente des superficies fondée sur l'imagerie satellitaire, 29 % des terres émergées de la planète sont dégradées, tandis que l'état de 2,7 % de terres émergées s'est amélioré depuis trente ans et qu'environ 3,2 milliards de personnes habitent une zone dégradée (Le, Nkonya et Mirzabaev, 2016). Il est essentiel de réduire la dégradation des terres et d'en restaurer davantage pour fournir les services écosystémiques essentiels à la vie sur Terre et au bien-être humain (IPBES, 2018).

La désertification

La CNUCL définit la désertification comme « la dégradation des terres dans une zone aride, semi-aride ou subhumide sèche résultant de divers facteurs, dont les variations climatiques et les activités humaines » (CNUCL, 1994). Toutefois, la désertification demeure toujours une question très controversée, qui fait rarement l'unanimité des experts (Reynolds et Stafford Smith, 2002 ; Bestelmeyer *et al.*, 2015). Les estimations de l'étendue de la désertification varient de 15 à 63 % à l'échelle mondiale, de 4 à 74 % pour ce qui est des terres arides (Safriel, 2007) ; même à l'échelle d'un pays, les estimations de la dégradation peuvent fluctuer de 9 à 90 %, comme en Mongolie (Addison *et al.*, 2012).

Selon ce que révèle une recherche récente, la Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation (GLASOD), la généralisation antérieure voulant que le sol se dégrade dans les toutes les zones semi-arides du monde n'est pas étayée par les observations satellitaires (de Jong *et al.*, 2011 ; Fensholt *et al.*, 2012 ; Cherlet *et al.*, 2018). Les recherches sur la désertification et la sécheresse au Sahel indiquent que le premier processus n'a pas lieu (Behnke et Mortimore, 2016). Cette tendance pourrait s'expliquer par la hausse des précipitations, ainsi que par la baisse de la pression exercée sur les terres associée à l'émigration (Olsson, Eklundh et Ardö, 2005). Toutefois, les conditions climatiques actuelles au Sahel semblent demeurer inférieures aux conditions plus humides enregistrées de 1930 à 1965 (Anyamba et Tucker 2005 ; Nicholson, 2013).

On observe une autre tendance positive dans les zones semi-arides de la Chine, où l'action humaine pourrait expliquer « l'expansion de la désertification » entre 1980 et 1990, que les activités de conservation ont toutefois commencé à inverser (de 1990 à 2000) (Xu *et al.*, 2009). D'après des résultats de modélisation récents, ce verdissement mondial pourrait également être causé par la fertilisation au CO₂, les dépôts d'azote et le changement climatique (Zhu *et al.*, 2016).

Reconnaissant la complexité inhérente à la dégradation des terres, l'édition récente de l'Atlas mondial de la désertification (WAD) (Cherlet *et al.*, 2018) présente plusieurs ensembles de données mondiales sur les processus biophysiques et socio-économiques qui, individuellement ou collectivement, peuvent contribuer à la dégradation des terres (Reynolds *et al.*, 2011 ; Bisaro *et al.*, 2014).

La salinisation des sols

Dans les régions arides et semi-arides, l'absence de drainage adéquat dans les zones irriguées déclenche une accumulation de sel dans la zone racinaire, qui affecte la productivité des cultures et les propriétés du sol (Qadir *et al.*, 2014). Dans certains pays, la salinisation des sols touche la moitié des terres irriguées (Metternicht et Zinck, 2003). D'autres sources avancent qu'environ 33 % de la superficie irriguée mondiale souffre d'une baisse de productivité découlant d'une irrigation inadéquate, qui entraîne la saturation en eau et la salinisation des sols (Khan et Hanjra, 2008). Plusieurs études sur les effets de la salinisation sur le rendement céréalier indiquent des pertes de rendement de 32 à 48 % en moyenne (Murtaza, 2013). Si l'on considère la production agricole perdue, la dégradation des sols par le sel dans les cultures irriguées occasionnerait des pertes d'environ 27,3 milliards de dollars É.-U. (Qadir *et al.*, 2014). Le coût de l'inaction sur ces terres se traduit par des pertes de revenus de 15 à 69 %, selon le type et l'intensité de la dégradation des terres, la diversité des cultures, la qualité de l'eau d'irrigation et sa gestion (Qadir *et al.*, 2014). Les autres pertes non incluses dans ces estimations couvrent un large éventail de problèmes tels que la détérioration de la santé animale et la baisse de valeur foncière des fermes touchées, pour ne citer que ceux-là (Qadir *et al.*, 2014).

Le dégel du pergélisol

En raison de diverses rétroactions du système climatique, la hausse des températures en Arctique dépasse le double de la moyenne mondiale (Taylor *et al.*, 2013a). La banquise se retire, le pergélisol dégèle et la saison libre de glace se prolonge, de sorte que les vagues et l'air chaud dégradent de plus en plus le pergélisol en dégel, tant à l'intérieur des terres que sur le littoral. Le dégel du pergélisol libère des GES et modifie le paysage. Il réduit la stabilité du sol et des formes de relief, facilite l'érosion et influe sur les habitats, l'albédo et l'hydrologie de l'Arctique.



© Shutterstock/Danita Delmont



La plus grande fraction – et de loin – du littoral arctique est constituée de pergélisol en dégel (**encadré 8.1**). Les côtes de pergélisol de l'Arctique représentent 34 % de l'ensemble des côtes de la Terre. Les taux d'érosion côtière se sont accrus ces dernières années, avec des valeurs de l'ordre de 1 mètre par an (m/an). C'est sur les côtes de l'Alaska et de la Sibérie

que les taux d'érosion sont les plus élevés, les valeurs maximales atteignant 25 m/an (**figure 8.17, figure 8.18**) (Günther *et al.*, 2013 ; Overduin *et al.*, 2014 ; Fritz, Vonk et Lantuit, 2017). Par conséquent, des flux croissants de carbone organique sont libérés dans les mers épicontinentales. À certains endroits (en Alaska), il a fallu relocaliser des villages à l'intérieur des terres.



Encadré 8.1 : Impacts sur les moyens de subsistance dans l'Arctique

Les troupeaux de rennes (caribous) font partie intégrante des écosystèmes de l'Arctique ; les peuples autochtones de l'Alaska, de l'Arctique canadien, de la Scandinavie et de la Fédération de Russie en tirent leur subsistance. Les communautés d'éleveurs de rennes dépendent de l'accès aux pâturages saisonniers. La saisonnalité et l'étendue des pâturages évoluent en raison du changement climatique, ce qui a un impact sur ces communautés d'éleveurs.

L'exploitation minière et l'extraction des ressources sont également des activités importantes dans l'Arctique. Les conditions changeantes de l'Arctique compliquent la construction et l'exploitation des routes de glace hivernales qui alimentent les avant-postes miniers. Le réchauffement climatique a repoussé la date de prise des glaces à l'automne et précipité la fonte printanière, en plus d'amincir la couche de glace pendant l'hiver. Cette situation entraîne l'abrègement de la saison des routes d'hiver. Plus le climat de l'Arctique se réchauffera, plus les institutions de cogestion devront faire des compromis entre le développement durable et l'intégrité socioculturelle et écologique des terres et des moyens de subsistance dans l'Arctique.

Figure 8.17 : Taux d'érosion côtière dans certains sites de l'Arctique



Source : Overduin *et al.* (2014).

Figure 8.18 : Estimation de la menace d'érosion côtière dans l'Arctique



Source : Lantuit, Overduin et Wetterich (2012).

8.5 Principaux impacts

8.5.1 La sécurité alimentaire

On considère que la sécurité alimentaire est assurée lorsque chacun a, à tout moment, la possibilité de se procurer une nourriture suffisante, salubre et nutritive lui permettant de mener une vie saine et active (FAO et al., 2017). La présente section porte sur trois questions essentielles – la disponibilité alimentaire, l'accès aux denrées alimentaires et l'utilisation des aliments.

La faim et la malnutrition

Une proportion importante des sept milliards d'habitants de la planète souffre de faim et de malnutrition. Environ un milliard de personnes ont un régime alimentaire déficient en énergie, et environ un milliard de personnes souffrent de maladies liées aux excédents d'énergie (des carences en micronutriments aussi appelées la « faim cachée ») (Godfray et Garnett, 2014). Si la dénutrition connaît un lent recul, 155 millions d'enfants de moins de cinq ans, principalement en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud,

continuent de souffrir d'un retard de croissance. Pendant ce temps, de plus en plus de personnes souffrent de surnutrition : plus de 2 milliards d'adultes sont en surpoids et 500 millions sont obèses. En outre, 88 % des pays sont confrontés à deux ou trois formes de malnutrition (Development Initiatives, 2017), et la dénutrition et l'obésité coexistent de plus en plus souvent dans un même ménage (FAO et al., 2017).

La malnutrition et l'évolution des modes de consommation exercent une pression accrue sur les ressources foncières, de sorte que les décisions relatives à l'utilisation des terres ont plus d'importance que jamais auparavant. La plupart des aliments proviennent de milieux terrestres, bien que 17 % de la consommation mondiale de protéines animales et 6,7 % de la consommation totale de protéines proviennent du poisson (FAO, 2016). Si le coût des aliments a baissé depuis 2008, cette tendance n'a pas été constante (FAO, 2017c), une volatilité attribuée à la hausse de la demande des pays en développement rapide et à la concurrence entre les producteurs de biocarburants de première génération (The Royal Society, 2008 ; Godfray et al., 2010). La **figure 8.19** illustre la vulnérabilité associée



à la sécurité alimentaire, à partir de données météorologiques sur la période de 1981 à 2010 et de données socio-économiques représentatives de l'année 2010. Les résultats indiquent que les catastrophes telles les inondations et les sécheresses ont déjà beaucoup d'impact sur la sécurité alimentaire, et que leur fréquence et leur intensité pourraient s'accroître sous l'effet du changement climatique (Met Office Hadley Centre et Programme alimentaire mondial, 2018). Dans les pays en développement, l'agriculture absorbe environ 22 % du total des dommages et pertes causés par les aléas naturels (FAO, 2015b). Si les catastrophes ont un impact direct sur les moyens de subsistance des populations rurales, la perturbation de la production et du développement agricoles peut aussi avoir des répercussions négatives sur les économies nationales, entraînant des effets dévastateurs sur la sécurité alimentaire, notamment dans les zones urbaines (**encadré 8.2**).

La production alimentaire durable et l'utilisation efficiente des produits alimentaires

Près du tiers des aliments produits mondialement pour la consommation humaine est perdu ou gaspillé (Lipinski *et al.*, 2013 ; PNUF, 2015), tout comme les ressources utilisées pour leur production (la terre, l'énergie, l'eau, etc.), ce qui a des retombées supplémentaires sur l'environnement. En 2007, les aliments perdus ou gaspillés accaparaient près de 1,4 milliard d'hectares de terres, soit environ 28 % de la superficie mondiale des terres agricoles (FAO, 2013). D'après les données relatives aux cultures vivrières pour la période de 2005 à 2007, les pertes et le gaspillage alimentaires ont absorbé 23 % de la consommation mondiale d'engrais (28 millions de tonnes par an) et 24 % de la consommation totale de ressources en eau douce (Kummu *et al.*, 2012). En outre, 99 % des pertes d'aliments au stade de la production agricole sont produites, selon les estimations, dans des zones où les sols sont confrontés à une dégradation modérée ou forte, accentuant ainsi les pressions qui s'exercent sur ces zones (FAO, 2013, p. 47).

Environ 56 % de la perte totale de nourriture et du gaspillage alimentaire se produisent dans les pays développés, pendant que 44 % surviennent dans les pays en développement (Lipinski *et al.*, 2013). Ce gaspillage génère des GES. Si le gaspillage alimentaire était un pays, il deviendrait le troisième plus grand pays émetteur de GES au monde (FAO, 2015c). Dans les pays du Sud, les pertes sont principalement dues à l'absence d'infrastructures de la chaîne alimentaire et au manque de connaissances ou d'investissements dans les techniques de stockage. Dans les pays du Nord, les pertes avant la vente au détail sont plus faibles, mais celles qui découlent



Encadré 8.2 : La sécheresse et la dégradation des terres, facteurs de la crise syrienne

Le conflit syrien a parfois été qualifié de « conflit climatique », dans la mesure où ses causes profondes pourraient remonter à la sécheresse qui a touché le pays entre 2007 et 2010 (Kelley *et al.*, 2015), la pire sécheresse jamais enregistrée, qui a entraîné de mauvaises récoltes dans toute la région. En République arabe syrienne, quelque 1,5 million de personnes issues des zones agricoles rurales ont migré vers la périphérie des centres urbains, entraînant une flambée des prix des aliments et, à terme, le soulèvement de la population (Kelley *et al.*, 2015). Le gouvernement n'a pas pu fournir aux migrants un logement, un emploi et des perspectives économiques. Cette combinaison de facteurs a contribué à une guerre qui dure maintenant depuis plusieurs années et qui a mis le pays en ruines et déplacé environ les deux tiers de ses 22 millions d'habitants.

de la vente au détail, des services alimentaires et des stades domestiques de la chaîne alimentaire connaissent une croissance spectaculaire depuis quelques années (Godfray *et al.*, 2010 ; **figure 8.20**).

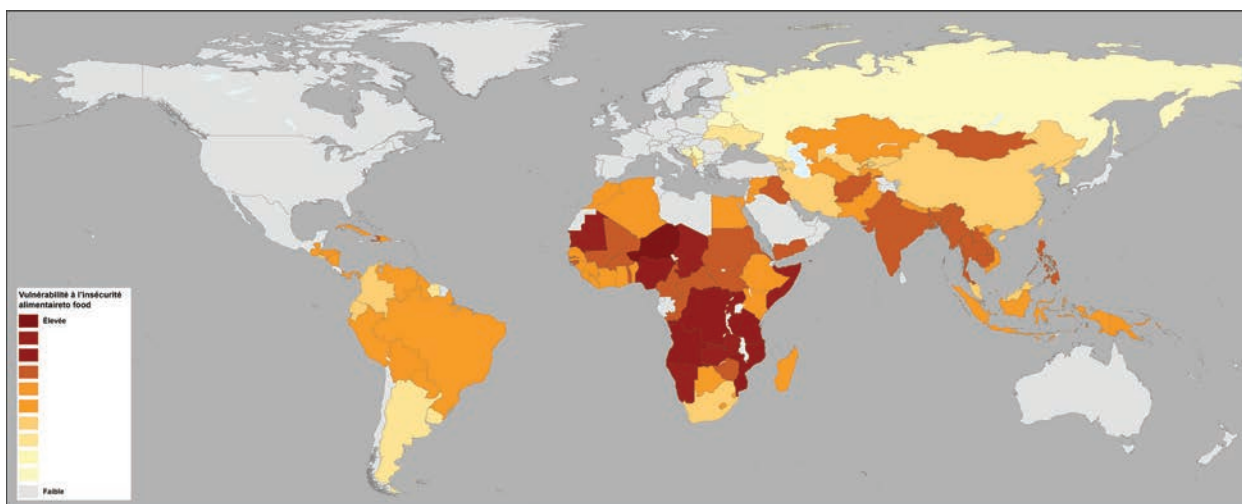
L'intensification durable (par exemple, la production basée sur l'agroécologie, l'innovation agricole) est encouragée en tant que stratégie de gestion durable des terres. Outre un approvisionnement alimentaire durable, cette stratégie permet de maintenir les apports de la nature aux populations et de promouvoir la santé et la nutrition humaines (Pretty, Toulmin et Williams, 2011 ; Robinson *et al.*, 2015).

La sécurité alimentaire et le commerce des aliments

Le commerce international prend de plus en plus d'importance face à la demande alimentaire mondiale (Nelson *et al.*, 2010 ; MacDonald *et al.*, 2015). La croissance démographique, l'urbanisation et l'évolution des préférences alimentaires ont accru la dépendance à l'égard des importations d'aliments (Msangi et Rosegrant, 2011 ; Alexandratos *et al.*, 2012 ; Porkka *et al.*, 2013). La frange de la population mondiale vivant dans les pays à déficit vivrier est passée de 72 % en 1965 à 80 % en 2005 (Porkka *et al.*, 2013).

Près du quart de tous les aliments produits pour la consommation humaine sont commercialisés sur les marchés internationaux (D'Odorico *et al.*, 2014 ; **figure 8.21**).

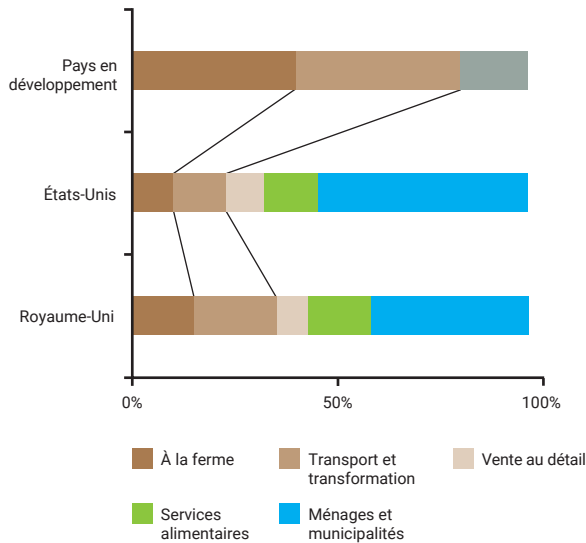
Figure 8.19 : Impacts potentiels du changement climatique sur la sécurité alimentaire



Source : Met Office Hadley Center et Programme alimentaire mondial (2018).



Figure 8.20 : Composition du gaspillage alimentaire total dans les pays développés et en voie de développement

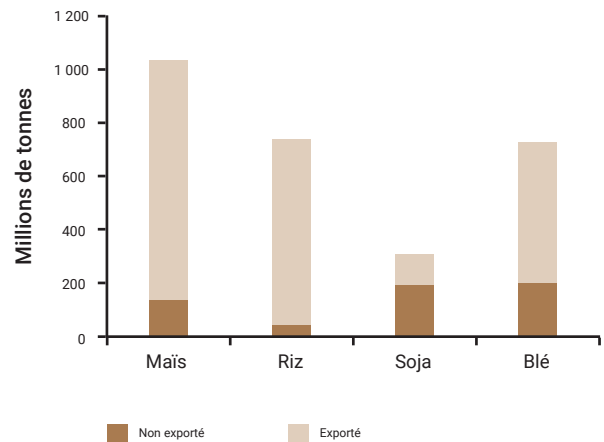


Les catégories de la vente au détail, des services alimentaires et des ménages et municipalités (sphère gouvernementale infranationale) sont présentées ensemble pour les pays en voie de développement.

Source : Godfray *et al.* (2010).

Certains pays à faible revenu et à déficit vivrier ont la capacité d'accroître la productivité alimentaire. Mais dans certains autres, notamment ceux dont l'insécurité alimentaire est élevée – par exemple, l'Érythrée, le Burundi et la Somalie –, les disponibilités

Figure 8.21 : Part des échanges internationaux dans les volumes de production mondiaux en 2014

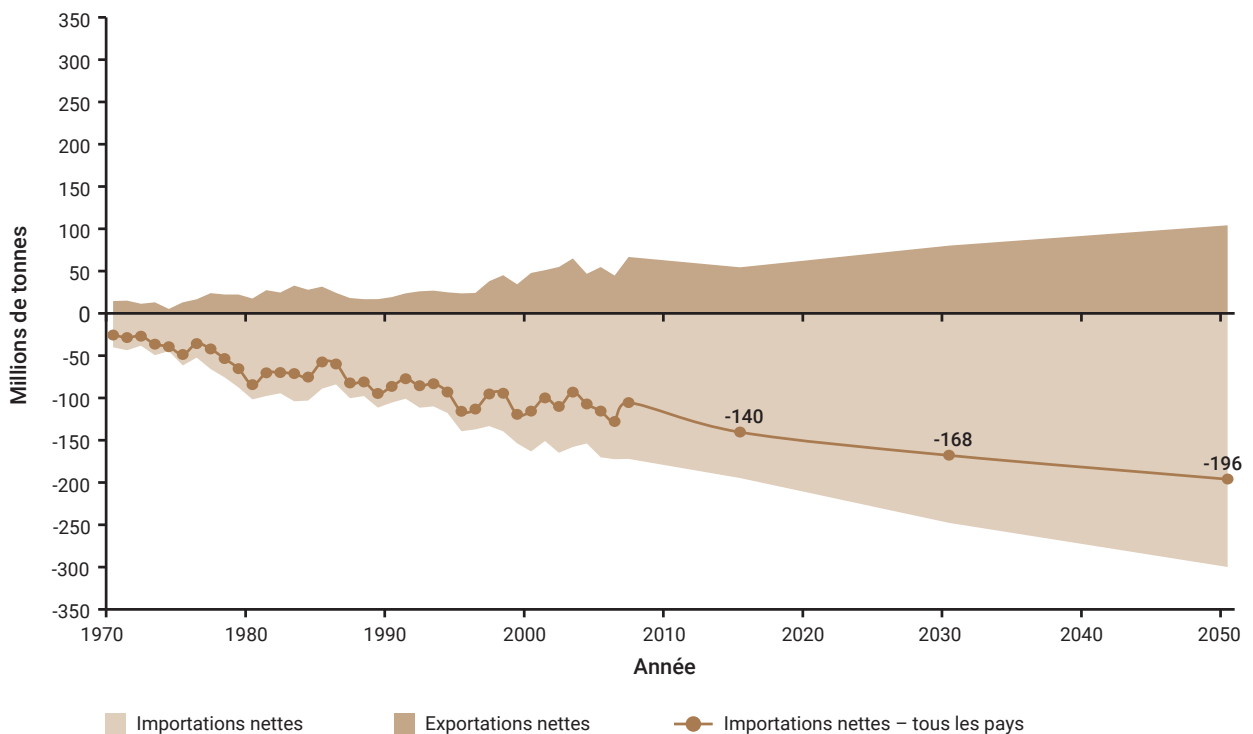


Source : Chatham House (2017); FAO (2017b).

alimentaires provenant de la production intérieure sont en baisse et la capacité d'accroître la production est limitée (Fader *et al.*, 2016). La plupart des pays en développement dépendent de plus en plus des importations pour répondre à leur demande intérieure, une tendance qui se poursuivra vraisemblablement jusqu'en 2050 (Alexandratos *et al.*, 2012 ; **figure 8.22**).

L'approvisionnement alimentaire mondial dépend désormais du commerce croissant d'un petit nombre de cultures produites dans quelques régions « greniers » de plus en plus spécialisées (Khoury *et al.*, 2014). Cette situation a entraîné une baisse des prix

Figure 8.22 : Pays en voie de développement: commerce net de céréales (en millions de tonnes)



Les importations nettes de céréales se sont accrues depuis 1970 et devraient continuer de s'accroître.

Source : Alexandratos *et al.* (2012).



des aliments, les pays à déficit vivrier bénéficiant de l'importation de ces denrées. Toutefois, la concentration géographique de la production accroît le risque systémique, comme l'illustrent les récentes flambées des cours internationaux des produits de base dues à de mauvaises récoltes dans certaines régions (Puma *et al.*, 2015 ; The Global Food Security Programme, 2015). Le changement climatique pourrait accroître la probabilité de tels événements (Porter *et al.*, 2014). En outre, la prévalence croissante de certaines cultures dans les approvisionnements alimentaires mondiaux contribue à la hausse de la consommation d'aliments pauvres en nutriments, dont certains sont fortement transformés (d'une manière qui appauvrit leur valeur nutritive), ce qui a de graves conséquences pour la santé humaine (Khoury *et al.*, 2014).

8.5.2 La santé humaine et la gestion des terres

Les effets de l'exploitation minière sur la santé

Des problèmes de santé humaine sont également associés à l'exploitation minière et à la transformation des minerais. Certes, ces opérations génèrent des emplois et fournissent des combustibles et des matières premières essentielles, mais les résidus, le plomb par exemple, affectent la qualité de l'air, et présentent un danger particulier pour les enfants, qui sont les plus susceptibles d'ingérer ces poussières (Taylor *et al.*, 2013b). L'extraction de certains minéraux rares – le tantale, par exemple – met souvent en cause l'exploitation, voire l'esclavage (Gold, Trautrimms et Trodd, 2015).

Les résidus des opérations minières, qui constituent l'un des principaux flux de déchets en volume au monde, ont le potentiel de causer des impacts environnementaux importants, notamment des changements brusques et conséquents d'affectation des terres (Sonter *et al.*, 2014 ; Murguía, 2015 ; Hudson-Edwards, 2016 ; Sonter *et al.*, 2017). Selon le *Global Waste Management Outlook* (PNUE, 2015), les résidus des opérations minières seraient de l'ordre de 10 à 20 milliards de tonnes par an (Gt/an). Le volume des résidus des opérations minières va vraisemblablement continuer d'augmenter, dans la mesure où les entreprises se tournent désormais vers des minerais à plus faible teneur, qui génèrent généralement plus de déchets par unité extraite. Toutefois, les résidus des opérations minières devraient également être vus comme une ressource potentielle au sein d'une économie circulaire (Lèbre et Corder, 2015). Les activités minières génèrent des impacts sur les écosystèmes et entraînent la contamination des sols. Les émissions de poussières toxiques et radioactives provenant des déchets miniers constituent un problème de santé de taille dans plusieurs régions du monde (voir le chapitre 5). Les opérations minières polluent les eaux, notamment par le drainage métallifère acide et les fuites des installations de gestion des résidus (voir le chapitre 9 ; Hudson-Edwards, 2016). Dans plusieurs régions d'Amérique latine, les activités minières ont un impact important. Par exemple, l'extraction artisanale de l'or dans le bassin de l'Amazone a déposé de 3 000 à 4 000 tonnes de mercure vers la fin des années 1980 et au début des années 1990 (Lacerda, 2003). Bien que l'exploitation aurifère se soit déplacée vers d'autres parties de la région, la contamination au mercure est toujours présente dans de nombreux sols et rivières à la suite du changement d'affectation des terres (Lacerda, Bastos et Almeida, 2012). Ce mercure contribue également à la pollution atmosphérique.

Les déchets et la santé humaine

Selon le *Global Waste Management Outlook*, les villes produisent entre 7 et 10 Gt de déchets par an, un chiffre qui devrait croître, voire doubler, dans les villes africaines et asiatiques à faible revenu à l'horizon 2030 (PNUE, 2015). L'on estime également que trois milliards de personnes n'ont pas accès à des installations adéquates d'élimination des déchets, ce qui pose des risques pour la santé (infections, exposition aux substances chimiques, poussière) et génère des impacts environnementaux (pollution des sols et de l'eau, émissions de GES). Selon les estimations, 15 millions de personnes travaillent dans le monde comme recycleurs informels,

dont beaucoup dans des décharges (Binion et Gutberlet, 2012). Les risques pour la santé reconnus pour ces travailleurs comprennent l'exposition aux risques chimiques, les infections, les lésions musculosquelettiques et les troubles de santé mentale (Binion et Gutberlet, 2012). Le travail en groupes organisés tels que les coopératives de recyclage dans les pays en développement (par exemple en Bolivie et en Colombie) a permis de réduire le flux de déchets ménagers vers les décharges et d'améliorer les moyens de subsistance des recycleurs (PNUE, 2015). Une étape essentielle pour réduire les impacts des déchets ménagers sur l'environnement et la santé est de cesser de considérer les déchets comme une menace pour la santé et l'environnement, les envisager plutôt sous l'angle de la gestion des ressources et les considérer comme une source de matières premières (PNUE, 2015).

La contamination des sols

La salubrité des sols est essentielle pour la vie, la sécurité alimentaire et les services écosystémiques fournis par les sols. Beaucoup de substances chimiques de sources industrielles, urbaines et agricoles finissent par contaminer les sols. Dans la plupart des pays développés, les activités industrielles et commerciales sont les principales causes directes de la contamination des sites. L'étendue de ces sites peut varier considérablement, allant de la petite parcelle de terrain aux grandes installations industrielles et aux zones agricoles. Dans les pays développés, les pouvoirs publics tiennent un inventaire des sites contaminés et assainis. Plus de 2,5 millions de sites potentiellement contaminés se trouvent en Europe, dont 342 000 sont considérés comme étant effectivement contaminés. Environ le tiers de ces sites ont été identifiés, et plus de 50 000 sites avaient été assainis avec succès en 2014 (van Liedekerke *et al.*, 2014). Aux États-Unis, la liste des priorités nationales du Superfund comprend les sites contaminés par des substances dangereuses et des polluants complexes (1 342 sites en 2016) qui ont un impact sur les eaux souterraines ou de surface du sol et qui présentent les plus grands risques pour la santé publique et l'environnement (Agence de protection de l'environnement, 2016). Au Canada, on a recensé plus de 23 000 sites contaminés ou soupçonnés de l'être (Gouvernement du Canada, 2017).

Les pays en développement connaissent une industrialisation et une urbanisation significatives. Dans les grandes zones urbaines, il est nécessaire d'assurer l'assainissement et le drainage ainsi qu'une gouvernance adéquate garantissant l'élimination adéquate des déchets urbains (FAO et Groupe technique intergouvernemental sur les sols [ITPS], 2015). Les oligo-éléments contaminent les sols agricoles et les cultures de nombreux pays d'Asie (Thangavel et Sridevi, 2017). Dans plusieurs régions d'Amérique latine, l'utilisation intensive d'intrants agricoles contribue à la contamination des sols (PNUE, 2010). En Afrique, les produits agrochimiques, l'exploitation minière, les déversements et la mauvaise manipulation des déchets ont contaminé les sols (Gzik *et al.*, 2003 ; Kneebone et Short, 2010). Au Proche-Orient et en Afrique du Nord, la contamination des sols est principalement due à la production pétrolière et à l'extraction minière intensive.

Le sol et la santé humaine

Les géohelminthiases – des infections transmises par un groupe de vers parasites comprenant l'ankylostome, l'ascaris et le trichure (ou trichocéphale) – ont une charge de morbidité considérable, qui affecte le développement humain et le potentiel cognitif (Bartsch *et al.*, 2016). Ces infections parasitaires se contractent généralement en marchant pieds nus sur un sol contaminé par des matières fécales humaines. L'infection à ankylostome de haute intensité affecte les enfants et les adultes (Bartsch *et al.*, 2016).

La terre contient de nombreux oligo-éléments qui pénètrent dans la chaîne alimentaire humaine par le biais de la production de cultures et l'élevage d'animaux. Certains de ces oligo-éléments (tels l'iode, le fer, le sélénium et le zinc) sont essentiels à la santé, tandis que d'autres (tels l'arsenic et le fluor) sont nocifs à forte dose (Oliver et Gregory, 2015). Les sols des zones montagneuses présentent



souvent une faible teneur en iode, et les populations humaines de ces zones sont confrontées à des risques plus élevés pour la santé, dans la mesure où elles sont susceptibles d'avoir un accès réduit aux aliments marins riches en iode. Les engrais sont souvent contaminés par le cadmium, qui n'est pas essentiel à la santé humaine et qui est nocif à forte dose (Newbigging, Yan et Le, 2015).

Les effets positifs des sols sains sur la santé humaine sont liés aux apports de la nature aux populations (FAO, 2015d). Par exemple, certains antibiotiques précieux sont dérivés de microorganismes du sol (Oliver et Gregory, 2015).

Les aliments, les substances chimiques et la santé humaine

Les pesticides (qui, selon notre définition, englobent les herbicides) ont généré une exposition humaine presque universelle à des substances chimiques de synthèse, dont bon nombre sont nocives et même mortelles à forte dose (Nikolopoulos-Stamati *et al.*, 2016). Toutefois, il y a beaucoup d'incertitude quant aux effets sanitaires d'une exposition chronique aux pesticides à des doses plus faibles. Certes, depuis quelques années, la réglementation a permis de réduire l'exposition humaine à certaines substances chimiques telles que les organochlorés, mais d'autres composés synthétiques – de nouveaux pesticides, des édulcorants, des colorants artificiels – sont entrés dans la chaîne alimentaire humaine. Les effets sanitaires de ces substances, qu'ils soient isolés ou combinés, sont très difficiles à déterminer en raison de facteurs tels que l'incertitude concernant l'exposition, la variabilité des taux et des durées d'accumulation de ces composés et de leur évacuation des tissus humains, et le délai entre l'exposition et la maladie. En 1990, l'OMS estimait à 735 000 cas par an les effets chroniques spécifiques liés aux pesticides à l'échelle mondiale (OMS et PNUE, 1990), mais l'utilisation des pesticides s'est accrue de façon spectaculaire depuis lors, en particulier dans les pays en développement, où le laxisme de la réglementation et l'absence de mécanismes de conformité exposent des millions d'exploitants agricoles et de travailleurs à des pesticides pouvant provoquer, parmi bien d'autres effets chroniques, des cancers et diverses incidences sur la reproduction, l'appareil respiratoire, le système immunitaire et le système neurologique (Watts et Williamson, 2015).

Des données probantes indiquent que dans les pays à revenu élevé, les groupes professionnellement exposés aux pesticides, tels les exploitants agricoles, ont un taux de prévalence du lymphome non hodgkinien plus élevé que la moyenne, attribuable aux pesticides (Schinasi et Leon, 2014). Des taux d'incidence plus élevés que prévu de la maladie de Parkinson ont également été liés à l'exposition professionnelle aux pesticides (Liew *et al.*, 2014). D'autres facteurs qui influent sur la santé, comme l'âge, la dénutrition et l'affaiblissement du système immunitaire, pourraient également interagir avec les effets des pesticides sur la santé, mais cette question est actuellement sous-étudiée. Les effets sanitaires des expositions chroniques aux pesticides varient considérablement entre les femmes et les hommes, en raison de leurs différences physiologiques. Les données sur l'utilisation des pesticides par les femmes et les hommes dans la production alimentaire et sur les mesures de protection connexes sont incomplètes et manquent d'uniformité. Dans l'ensemble, les hommes sont moins sensibles que les femmes à de nombreux pesticides (Hardell, 2003 ; Watts, 2007 ; Watts, 2013). Il y a un lien étroit entre les pesticides et le taux de prévalence du cancer du sein (Watts 2007 ; Watts, 2013), et les femmes sont plus vulnérables que les hommes aux perturbations endocriniennes causées par les pesticides (McLaren-Howard, 2003). En revanche, les hommes sont plus sensibles à certains (autres) pesticides (Alavanja *et al.*, 2003).

La qualité des aliments peut également être altérée par la contamination biotique, qu'elle soit d'origine microbiologique ou fongique (Gnonlonfin *et al.*, 2013). Les mycotoxines – notamment les aflatoxines – qui sont générées lorsque les céréales sont endommagées par la pluie, soit avant la récolte, soit du fait d'un mauvais stockage, sont une cause importante de cancer du foie dans de nombreux milieux à faible revenu (Wild et Gong, 2010).

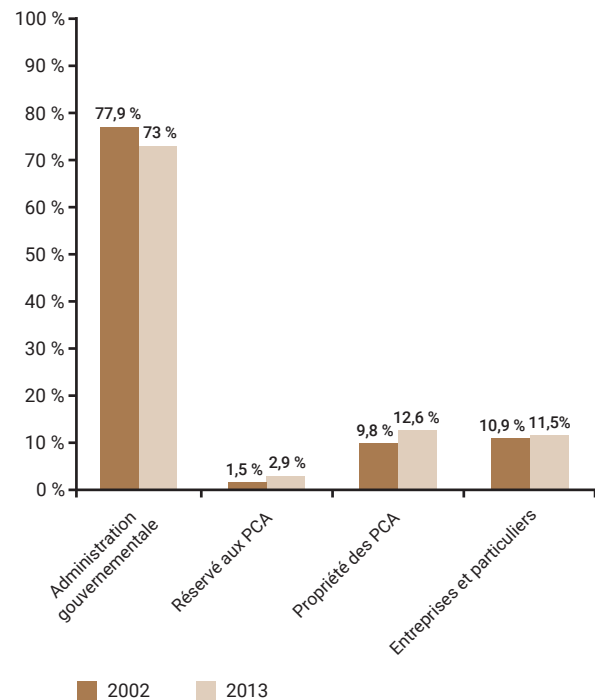
8.5.3 La sécurité de la propriété foncière

Le régime foncier, et les transactions foncières

En dépit d'une forte dépendance aux ressources foncières, les communautés, en particulier dans les pays du Sud, ne sont souvent pas propriétaires des terres qu'elles cultivent ou qu'elles détiennent en commun. Bien que les études scientifiques aient fort impact sur les liens de causalité entre la sécurité de la propriété foncière et la sécurité alimentaire fassent défaut (Ghebru et Stein, 2013 ; Holden et Ghebru, 2016 ; Lawry *et al.*, 2017), il existe suffisamment de preuves pour montrer que la sécurité alimentaire et énergétique d'une communauté locale est profondément réduite lorsque celle-ci est privée d'un accès fiable à ses ressources foncières (Godfray *et al.*, 2010 ; Muchomba, 2017 ; Tomei et Ravindranath, 2018). La terre et le logement constituent les actifs les plus importants dans de vastes régions du monde. Des droits garantis peuvent aider les hommes comme les femmes à transformer ces actifs en perspectives économiques (Doss, Kieran et Kilic, 2017). Ils permettent également aux communautés de tirer parti des avantages de l'appui et de la réglementation institutionnels (Dekker, 2016). Les populations autochtones, les personnes démunies, les paysans sans terre et les femmes sont parmi les plus vulnérables aux répercussions des inégalités associées à la propriété foncière et à l'accès à la terre (Narh *et al.*, 2016).

On ignore la superficie mondiale exacte des terres communautaires, mais on estime à seulement 10 % environ la proportion des droits fonciers officiels enregistrés ou consignés dans le monde entier (Veit et Reyta, 2017). Selon les estimations, les communautés locales et les populations autochtones gèrent de 50 à 65 % de la superficie terrestre mondiale et en dépendent (Alden Wily, 2011 ; Pearce, 2016). Pourtant, bien des gouvernements ne reconnaissent encore leurs droits que sur une fraction de ces terres (Rights and Resources Initiative [RRI], 2015) (figure 8.23).

Figure 8.23 : Propriété forestière mondiale, 2002-2013 (en pourcentage)



PCA: peuples et communautés autochtones.

Source : RRI (2015).



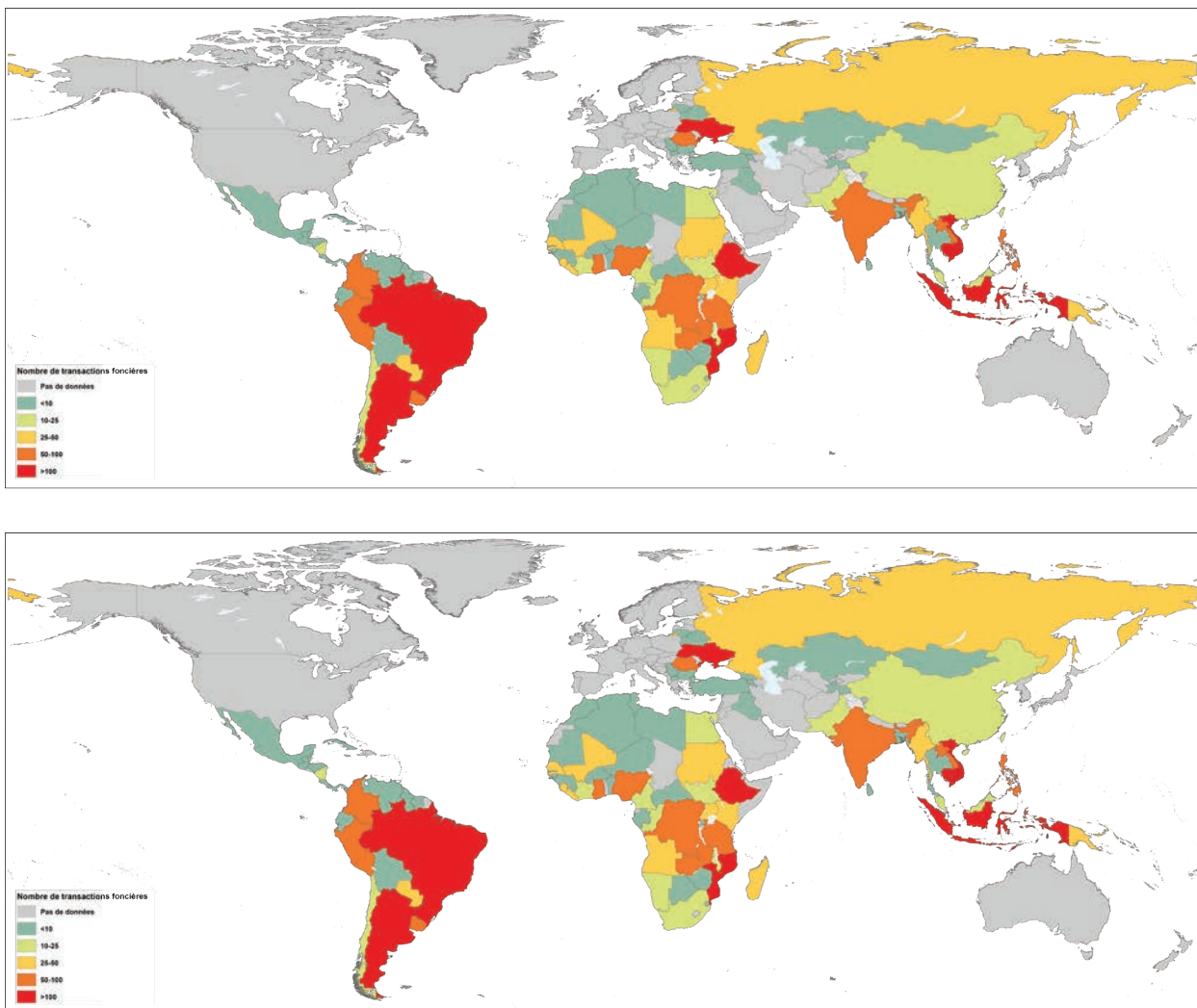
À mesure que l'agriculture industrielle et les plantations monoculturelles se développent, la concurrence pour les terres entre l'industrie, les pouvoirs publics et les communautés s'accroît, exerçant ainsi une pression sur les forêts et les terres arides et mettant en péril les moyens de subsistance des populations locales dans certaines régions du monde (CNULD, 2017). Faute de reconnaissance et de protection officielles de leurs droits fonciers, les communautés de certains pays n'ont pas de recours juridique en cas de violation de ces droits. Récemment, des cas de mauvaise gouvernance associés à des problèmes d'acquisition, d'accaparement et de location de terres ont fait la manchette dans le monde entier, dans un contexte marqué par la crainte des pénuries alimentaires et d'une hausse des prix des aliments. Bien que les estimations varient, depuis l'an 2000, entre 26,7 Mha (Nolte, Chamberlain et Giger, 2016) et 42 Mha (CNULD, 2017) de terres agricoles dans le monde sont passés sous le contrôle d'investisseurs étrangers. En avril 2016, l'Afrique demeure la zone cible la plus importante, représentant 42 % de toutes les transactions et 10 Mha (37 %) (figure 8.24). La plupart des transactions impliquent le secteur privé, qui se concentre sur les cultures flexibles. Fait important, il est peu probable que les aliments

et les biocarburants produits sur ces terres parviennent aux communautés locales. Dans la plupart des acquisitions, il n'y a ni actionnaires nationaux ni négociations avec les communautés locales, bien que la zone ciblée soit souvent relativement peuplée et dominée par des terres cultivées.

Des études démontrent que l'absence de sécurité foncière au sein des communautés locales peut se traduire par une réduction des investissements en capital humain (Dekker, 2016), des effets négatifs sur l'amélioration des terres (Eskander et Barbier, 2017), une baisse de la productivité agricole (Place, 2009 ; Lawry *et al.*, 2014) et un affaiblissement de la résilience face aux risques de catastrophe (Unger, Zevenbergen et Bennett, 2017).

Il est de plus en plus évident que les communautés autochtones locales gèrent et conservent les terres avec succès (encadré 8.3). Le WRI (Ding *et al.*, 2016 ; Veit et Reyntar, 2017) indique que les terres autochtones « à régime foncier sûr » génèrent des milliards et parfois des billions de dollars d'avantages sous forme d'eau potable, de lutte contre l'érosion, de séquestration du carbone, de réduction de la pollution et d'une série d'autres services écosystémiques locaux, régionaux et mondiaux (figure 8.25).

Figure 8.24 : Cartes mondiales des transactions foncières : nombre de transactions foncières par pays (en haut), superficie des transactions foncières par pays (en bas)



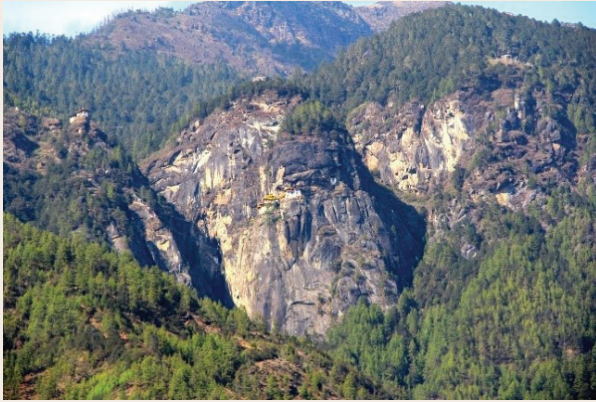
Source : Alexandratos et Bruinsma (2012).



Encadré 8.3 : Valeurs culturelles et conservation au Bhoutan

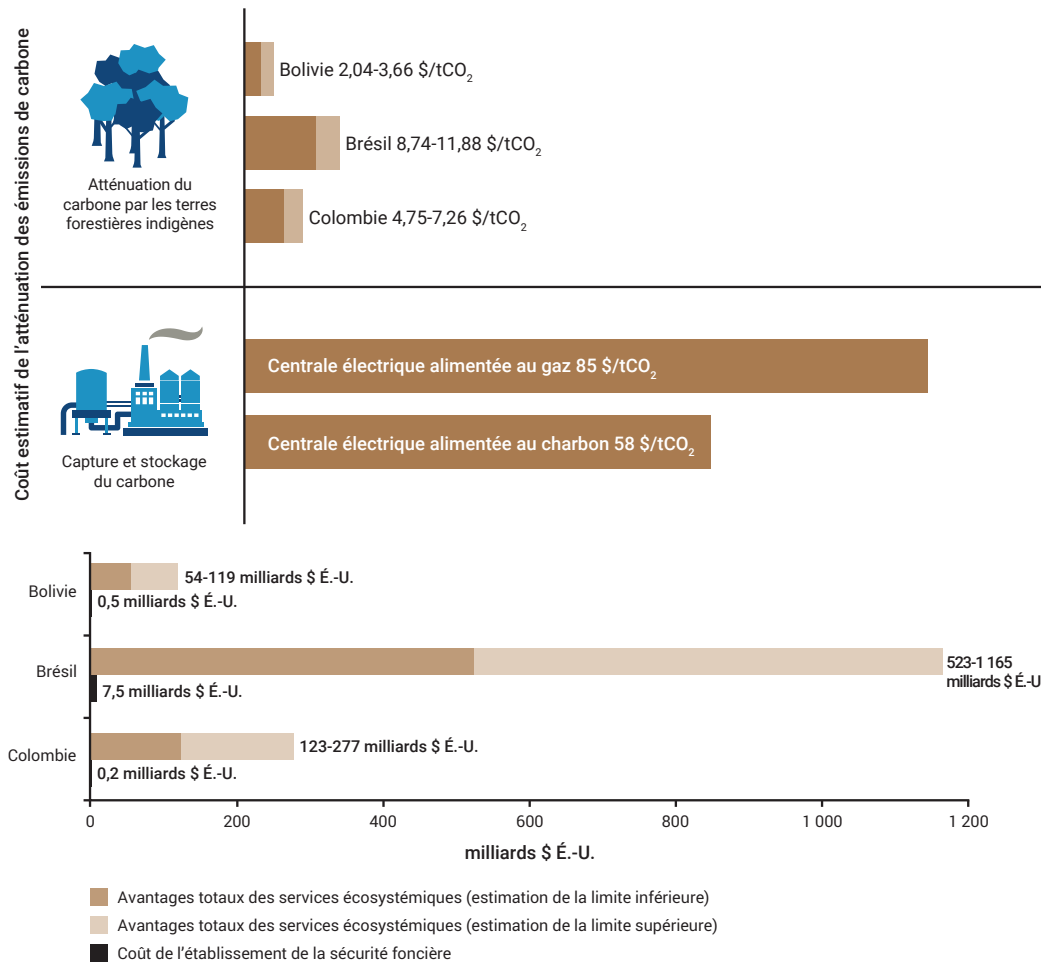


On peut encourager la gestion durable des terres en renforçant les valeurs culturelles et les institutions coutumières respectueuses de l'environnement. Au Bhoutan, les valeurs culturelles jouent un rôle dans la protection des services écosystémiques. Le bouddhisme mahāyāna accorde une grande importance à la coexistence pacifique des populations avec la nature et au caractère sacré de la vie et de la compassion pour les autres. Cela explique en grande partie la part élevée (71 %) de la superficie des terres forestières au Bhoutan et le fait que 25 % de la population bhoutanaise vit dans des zones protégées (Nkonya, Mirzabaev et Von Braun, 2016). De nombreux monastères bouddhistes du Bhoutan sont situés dans les paysages forestiers du pays.



© Darshini Ravindranath

Figure 8.25 : Les avantages de la sécurité foncière surclassent ses coûts dans trois pays d'Amérique latine



Source : Ding et al. (2016).



Tant les avantages que les répercussions peuvent toutefois varier selon la région et le contexte, en raison de la complexité associée à la tâche de définir et mesurer le régime foncier. À titre d'exemple, Eskander et Barbier (2017) constatent qu'au Bangladesh, la sécurité du régime foncier est associée à l'amélioration de la conservation de la couche arable, mais également à des investissements plus faibles en capital humain (par exemple, moins de dépenses consacrées aux activités éducatives et récréatives). Cette hétérogénéité des constatations laisse penser qu'il faudrait accorder une attention adéquate aux conditions macroéconomiques et sectorielles en plus du contexte local de la gouvernance des régimes fonciers.

À l'échelle mondiale, les recommandations visant à renforcer la gouvernance foncière dans les pays visés par des investissements d'envergure deviennent prioritaires. Les droits des peuples autochtones à leurs terres et territoires sont explicitement mentionnés dans la *Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones* (ONU, 2007, articles 25 et 26).

Les *Directives volontaires pour une gouvernance responsable des régimes fonciers* visent également à améliorer la gouvernance de toutes formes de régimes fonciers : public, privé, communautaire, collectif, autochtone et coutumier (FAO, 2012).

Les services fonciers et socioculturels

La terre offre aux populations une variété d'avantages socioculturels et esthétiques qui sont essentiels à des modes de subsistance durables et sains. La dégradation des terres, la déforestation et la désertification entraînent, entre autres, une augmentation de l'abandon des terres, de l'exode et des changements dans les structures du pouvoir rural (en raison de la demande croissante d'intensification). L'un des principaux impacts de ces changements, la perte de services socioculturels essentiels fournis par la terre, entraîne une baisse de la résilience globale des communautés (Wilson *et al.*, 2016 ; Wilson *et al.*, 2017).

Dans bon nombre de pays en développement, la plupart des personnes vivent en milieu rural et dépendent fortement des ressources foncières pour leur subsistance. Elles cultivent des produits pour s'alimenter et pour en vendre sur les marchés locaux ; elles récoltent du fourrage pour leur bétail ; elles ramassent du bois pour leur cuisine ; elles récoltent les produits des arbres pour leur santé et leur bien-être (Tomei et Ravindranath, 2018). Ici, la valeur de la terre est souvent une affirmation de l'identité, du lieu et du patrimoine socioculturels existant de longue date (Tomei et Ravindranath, 2018). Kelly *et al.* (2015) montrent que les traditions anciennes telles que les festivals liés à la préservation des ressources en bois d'œuvre, en aliments et en combustible révèlent une relation profondément ancrée entre la terre, la culture et l'identité. Au sein de l'Union européenne (UE), l'importance récréative et culturelle des terres est intégrée, dans une certaine mesure, aux politiques nationales et régionales de gestion des services écosystémiques. La stratégie de l'UE en faveur de la biodiversité à l'horizon 2020, actuellement en cours de mise en œuvre dans toute l'Europe, couvre principalement les « paysages culturels » (Commission européenne, 2011 ; Plieninger *et al.*, 2013).

En dépit des progrès réalisés dans la reconnaissance de ces défis, la recherche sur les tendances de l'utilisation des terres et leurs impacts est encore dominée par l'étude des changements d'affectation des terres du point de vue de la productivité ; il est rare qu'elle reconnaisse et documente les tendances du besoin profondément enraciné de conservation selon la perspective des communautés (Sharmina *et al.*, 2016).

8.5.4 Les inégalités entre les sexes : la terre, la santé et les aliments

Les inégalités actuelles entre les sexes pourraient contribuer à exacerber la pauvreté, les déplacements de population, la pénurie de ressources et d'autres conflits (Behrman, Meinzen-Dick et Quisumbing, 2012 ; Verma, 2014 ; White, Park et Mi Yong, 2015). Certes, des progrès ont été accomplis en ce qui concerne l'importance de l'intégration des femmes en vue de maintenir la productivité des terres, mais ils ont souvent été réalisés à un niveau superficiel (par exemple pour atteindre certaines cibles mondiales). En outre, les femmes qui vivent dans les sociétés agraires ont souvent un rôle stratégique à jouer dans la réduction de la faim, de la malnutrition et de la pauvreté, dans la mesure où elles jouent un rôle de premier plan dans la sécurité alimentaire des ménages, la diversité des régimes alimentaires et la santé des enfants. Les données disponibles indiquent que les femmes sont beaucoup plus susceptibles que les hommes de consacrer les revenus tirés de ces ressources aux besoins nutritionnels et éducatifs de leurs enfants (Malapit *et al.*, 2015 ; Komatsu, Malapit et Theis, 2018).

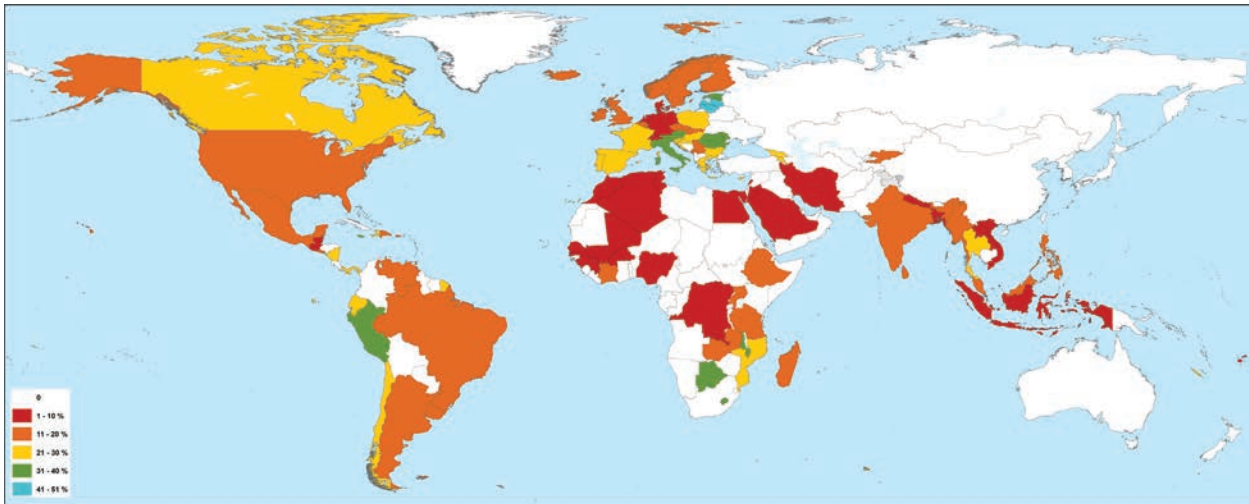
Les statistiques officielles ont tendance à sous-estimer ou à négliger de prendre en compte l'apport des femmes à l'agriculture, car elles sont généralement axées sur l'emploi officiel dans l'agriculture et sur l'agriculture commerciale. Les femmes s'adonnent généralement à l'agriculture de subsistance, elles s'occupent du potager familial et cueillent des aliments d'origine sauvage ; tous ces apports sont essentiels à la sécurité alimentaire (PNUE, 2016a). En 2011, les femmes représentaient 43 % des personnes économiquement actives dans l'agriculture (FAO, 2011). Toutefois, elles détiennent des titres de propriété sur moins de 20 % des terres agricoles (FAO, 2010). En Afrique, seul le Cap-Vert peut déclarer que les femmes possèdent plus de la moitié des exploitations agricoles (50,5 %) (Doss *et al.*, 2017). Peu de statistiques montrent des améliorations de la propriété foncière des femmes au cours de la décennie actuelle, en particulier dans les pays du Sud (**figure 8.26**).

La réduction de l'écart entre les sexes pour ce qui est de l'accès à l'information et à la technologie, ainsi que de l'accès et du contrôle relatifs aux intrants de production et aux terres, pourrait accroître la productivité agricole et réduire la faim et la pauvreté (Croppenstedt, Goldstein et Rosas, 2013).

8.6 Réponses stratégiques

D'innombrables politiques et actions tentent de remédier à la dégradation environnementale des terres. Certaines stratégies ont été couronnées de succès ou sont prometteuses (par exemple, la restauration de terres dégradées dans des endroits spécifiques comme le projet de la Grande muraille verte en Chine [voir le chapitre 15], les stratégies de gestion durable comme la culture sans labour en Australie, le paiement des services écosystémiques comme le programme national du Mexique), tandis que les avantages de certaines autres ne sont pas nécessairement évidents (par exemple, l'expansion des terres agricoles pour la production de cultures flexibles et de biocarburants). Toutefois, la plupart de ces approches omettent de prendre en compte variété des avantages que les populations tirent de la terre et se focalisent uniquement sur son potentiel productif. À l'échelle mondiale, la terre devient une ressource rare et fait de plus en plus l'objet d'échanges commerciaux au lieu d'être traitée comme un bien commun mondial en raison de son importance pour la prestation de services de base tels que la production alimentaire (Creutzig, 2017). La présente section porte sur cette tendance indésirable, tandis que le chapitre 15 de la partie B examine en détail d'autres politiques d'utilisation des terres qui pourraient infléchir cette trajectoire non durable.

Figure 8.26 : Part de la propriété foncière agricole détenue par des femmes



Source : FAO (2017d).

8.6.1 L'optimisme économique et la dégradation des terres

La dégradation des terres est un problème mondial crucial, du fait de ses effets néfastes sur l'environnement, la productivité agricole et le bien-être humain. Le paradigme actuel de la gestion des terres considère généralement que les pertes causées par la dégradation et la mauvaise gestion des terres peuvent être compensées par la hausse des intrants agricoles, l'expansion vers de nouvelles zones et la gestion des terres par des stratégies opérationnelles telles que le remplacement des forêts indigènes par des plantations (au Chili et en Indonésie, par exemple). Cette approche considère également que le développement de la production agricole fera progressivement disparaître les problèmes nutritionnels et d'autres problèmes sociaux connexes (Rosegrant *et al.*, 2001). Toutefois, les spécialistes des sciences sociales et environnementales avertissent que la progression constante de l'agrotechnologie pourrait donner aux gestionnaires agricoles un faux sentiment de sécurité (Eswaran, Lal et Reich, 2001).

Les tendances actuelles sont peu susceptibles de répondre aux demandes futures d'aliments, d'énergie, de bois d'œuvre et d'autres services écosystémiques, si on se fie aux projections, même prudentes, concernant la disponibilité des ressources foncières. À l'horizon 2050, la demande de denrées alimentaires de toutes catégories sera probablement supérieure de 50 % à celle d'aujourd'hui, en raison de la croissance démographique et de l'évolution des régimes alimentaires liée à la hausse des revenus (Tilman *et al.*, 2011 ; Alexandratos *et al.*, 2012). Globalement, les rendements n'augmentent pas assez rapidement pour répondre à la demande sans une expansion significative des superficies agricoles (Ray *et al.*, 2012 ; Ray *et al.*, 2013 ; Bajželj *et al.*, 2014). Cette situation serait difficilement conciliable avec le boisement à grande échelle ou le déploiement de la bioénergie avec capture et stockage du carbone (BECSC) aux niveaux jugés nécessaires pour limiter le réchauffement climatique en deçà de 2 °C. Par exemple, Smith *et al.* (2015) estiment que la BECSC pourrait nécessiter de 380 à 700 Mha d'ici à la fin du siècle, ce qui représente jusqu'à 14 % des terres

agricoles mondiales, pour une voie de 2 °C. Si l'on maintient la trajectoire actuelle, il sera difficile d'atteindre la cible de neutralité de la dégradation des terres adoptée à la Conférence des Nations Unies sur le développement durable (Rio+20) en 2012. La neutralité en matière de dégradation des terres (NDT) est prise en compte dans la cible 15.3 des ODD. La réalisation de la NDT à l'horizon 2030 est considérée comme essentielle à la réalisation d'autres objectifs internationaux clés visant à réduire la perte de la biodiversité et de la déforestation, à améliorer le bien-être humain, à atténuer le changement climatique et à s'adapter à ses effets. Le changement d'affectation des terres, un climat plus chaud, des rendements stagnants et des pratiques agricoles non durables continuent de provoquer une réduction du stock de carbone organique du sol (Wiesmeier *et al.*, 2016).

Si les scientifiques présentent des estimations alarmantes de la baisse de productivité des terres à l'échelle mondiale et régionale due à l'érosion des sols et à la désertification (Nkonya, Mirzabaev et Von Braun, 2016), de nombreux économistes croient encore que si la dégradation des terres était un problème grave, les forces du marché en auraient tenu compte (Utuk et Daniel, 2015). Autrement dit, les exploitants agricoles ne laisseraient pas leurs terres se dégrader au point d'affecter leurs revenus (Wiebe, 2003). Les pertes de productivité cumulées dues à la dégradation des terres semblent économiquement acceptables pour la plupart des acteurs agricoles. Dans bien des cas, les exploitants agricoles peuvent compter sur des politiques agricoles du gouvernement (par exemple, les subventions pour les intrants et la machinerie) pour limiter les pertes liées à la dégradation des terres (Jat, Sahrawat et Kassam, 2013).

Toutefois, ces politiques ne sont viables ni dans les pays en développement ni dans les pays développés. Les fluctuations du marché des intrants agricoles pourraient être plus volatiles que les prix à la production. De 2005 à 2008, les prix des engrais ont augmenté plus rapidement (de 400 %) que ceux du maïs (de 100 %) et ont atteint des sommets inédits en 2008. Dans cette situation, une subvention des intrants serait d'autant plus



inefficace qu'elle encouragerait une utilisation non rentable des intrants (**figure 8.27**) (Baltzer et Hansen, 2011). Selon la même étude, au Malawi, le ratio de subvention a bondi de 79 à 91 %, soit de 3,4 à 6,6 % du PIB en 2008-2009.

En Afrique subsaharienne, l'apport des subventions pour les engrais aux stratégies nationales de sécurité alimentaire demeure très controversé (Druilhe et Barreiro-Hurlé, 2012). Le succès de la Révolution verte asiatique repose sur deux cultures vivrières principales produites sous irrigation : le blé et le riz. Dans les pays d'Afrique subsaharienne, on observe une hausse des rendements comme suite à l'application d'engrais pour certaines cultures (par exemple le maïs), mais pas pour la plupart des autres cultures de base cultivées dans les zones pluviales (par exemple le manioc, la banane plantain, l'igname). Dans ces contextes, l'utilisation d'engrais n'est pas rentable aux conditions du marché, en particulier dans certaines zones reculées où les prix à la production sont trop bas. Pour être efficaces, les programmes agricoles devraient être complétés par d'autres investissements publics dans les infrastructures, l'éducation, la santé et le développement rural (Druilhe et Barreiro-Hurlé, 2012) (**figure 8.28**).

La réduction des subventions agricoles dans les pays riches serait bénéfique aux pays pauvres, bien que l'effet dépende de leurs caractéristiques économiques, commerciales et de pauvreté (Boysen, Jensen et Matthews, 2016). Entre-temps, la disponibilité de subventions dans les pays riches n'incite personne à adopter des stratégies innovantes de conservation des sols.

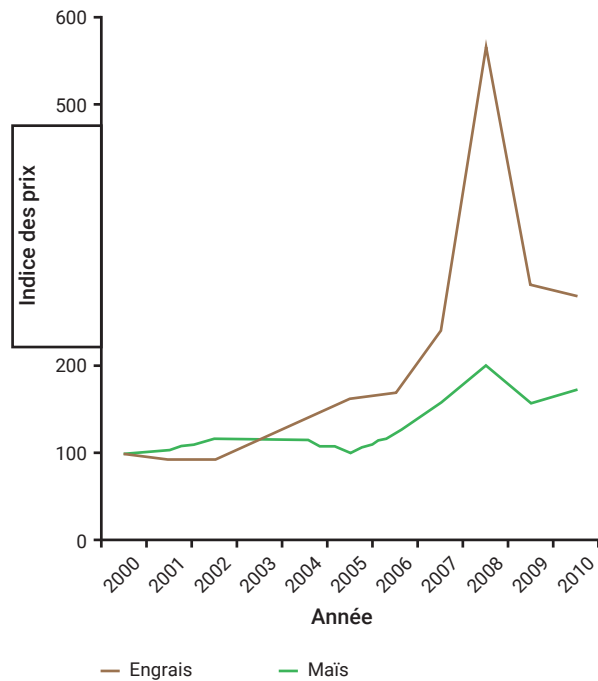
Depuis longtemps, le prix marchand des cultures est la norme pour déterminer la politique d'utilisation des terres. Toutefois, on observe une nouvelle tendance qui se traduit par une concurrence croissante entre les valeurs financière et économique des terres. La spéculation foncière et l'accaparement des terres peuvent fausser la valeur économique réelle générée par la terre. La tendance qui consiste à considérer la terre comme une « marchandise » ne fait que s'accroître avec la raréfaction des terres (ELD, 2013). Plus le prix des terres augmentera, plus on vendra de terres agricoles à des étrangers à des fins purement spéculatives. Par conséquent, les terres risquent d'être laissées en friche pendant un certain temps, ce qui entraînerait une baisse de la production agricole, à un coût social important si cette pratique se généralisait.

Dans l'UE, les pressions inflationnistes alimentent la spéculation foncière et l'acquisition de terres agricoles. Cette inflation rapide a été attribuée à la multiplication des « nouveaux investisseurs » dans les terres agricoles, dont certains n'ont guère de liens avec l'agriculture ou l'élevage. Ce processus a été qualifié par les

activistes français d'« artificialisation des terres » : la perte de terres agricoles de premier choix, l'expansion des villes, le développement urbain, le tourisme et d'autres entreprises commerciales (Borras, Franco et van der Ploeg, 2013). La spéculation foncière et l'artificialisation des terres contribuent à la concentration des terres agricoles dans l'UE, en faisant monter les enjeux et en multipliant les obstacles à l'installation des futurs exploitants agricoles (Kay, Peuch et Franco, 2015).

L'essor récent de la production de biocarburants figure parmi les indicateurs de la croissance soutenue de la marchandisation et de la commercialisation des terres. L'abondance relative de terres

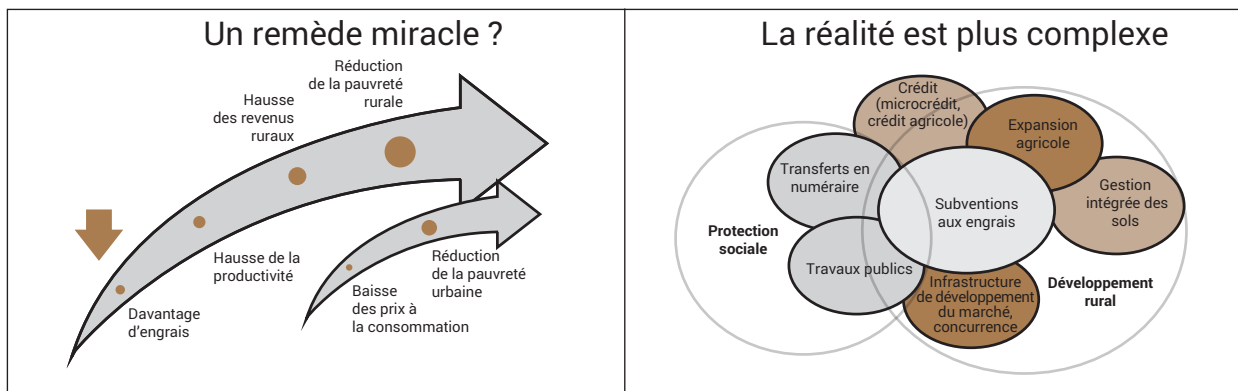
Figure 8.27 : Prix des engrais et du maïs, 2000-2010



Les prix sont des indices des prix courants mondiaux en dollars réels des États-Unis.

Source : Baltzer et Hansen (2011).

Figure 8.28 : Quelle est la place des subventions ?



Source : Druilhe et Barreiro-Hurlé (2012).

bon marché et adéquates dans les pays pauvres et la libéralisation croissante des échanges et des régimes d'investissement en font une destination attrayante pour les investissements dans les terres agricoles destinées à la production de biocarburants (Schoneveld et German, 2014). Selon certains experts, l'essor de la production de biocarburants a été un facteur important de la crise alimentaire mondiale de 2007-2008 (Chakraborty, 2008).

8.6.2 Les défis à relever pour réaliser les ODD

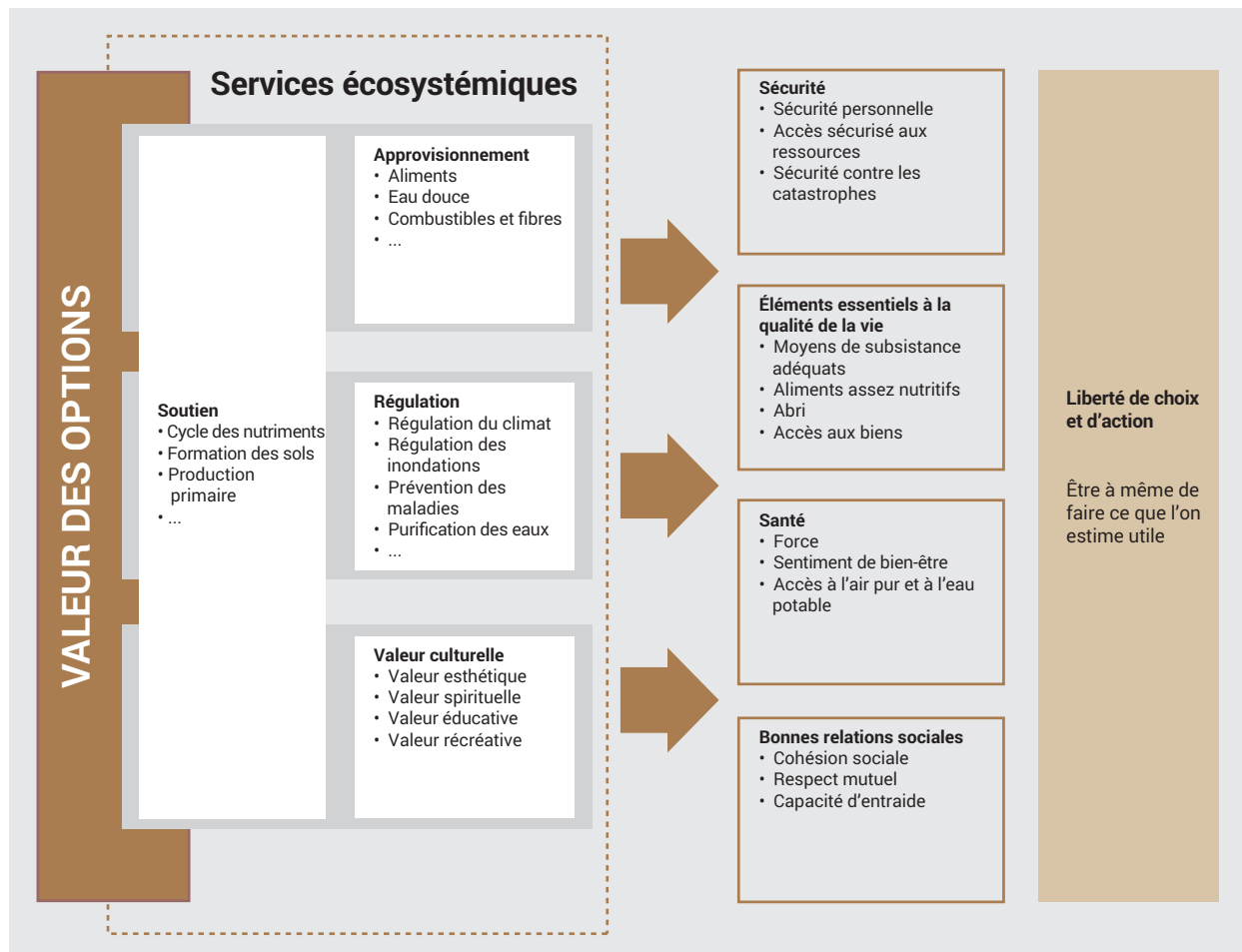
L'estimation de l'ensemble des avantages économiques des terres n'est ni facile ni simple (PNUF, 2016b). Le cadre des services écosystémiques peut contribuer à une évaluation complète des écosystèmes, car il répartit les services écosystémiques fournis par les terres en catégories interdépendantes et susceptibles de faire l'objet d'évaluations distinctes (figure 8.29).

La gestion actuelle des terres ne peut à la fois empêcher la perte de capital, préserver les services écosystémiques (par exemple, la rétention d'humidité, le cycle des substances nutritives), lutter contre le changement climatique (par exemple, la séquestration de carbone), assurer une production alimentaire durable, garantir la sécurité énergétique et hydrique et favoriser un accès équitable aux terres (ELD, 2013).

L'équité intergénérationnelle n'est pas nécessairement prise en compte dans les stratégies actuelles de gestion des terres, et on valorise davantage les gains de productivité immédiats que la production durable future. En outre, les politiques d'utilisation des terres ne reflètent peut-être pas les téléconnexions qui lient la production et la consommation à travers le monde. Selon les approches actuelles de la politique foncière, la plupart des questions qui ne peuvent être résolues par l'augmentation des intrants sont automatiquement mises à la marge des politiques. Toutefois, cette approche est inappropriée dans la mesure où bon nombre de questions sociales, de genre, de pauvreté et de santé ont des liens directs ou indirects avec les méthodes conventionnelles de gestion des ressources foncières et le commerce international de ces ressources.

L'optimisme économique joue en faveur de l'agrandissement des exploitations agricoles en raison de l'efficacité économique de cette stratégie et de la difficulté à prendre en compte les impacts économiques de la dégradation des ressources foncières. Toutefois, il est essentiel de maximiser le potentiel des petits exploitants, y compris les femmes et les peuples autochtones, pour assurer la sécurité alimentaire et une bonne nutrition, et pour réaliser plusieurs ODD. On dénombre environ 570 millions d'exploitations agricoles dans le monde, dont 84 % sont exploitées

Figure 8.29 : Prestation de services écosystémiques par le capital naturel : liens entre les services écosystémiques et le bien-être humain



Source : Évaluation des écosystèmes du Millénaire (2003).



8

sur moins de 2 ha de terres (Institut international de recherche sur les politiques alimentaires [IFPRI], 2016). Les petites exploitations agricoles ont plusieurs fonctions : des milliards de personnes en tirent leur revenu, leur emploi et leur alimentation. Elles abritent également la majeure partie de la population sous-alimentée du monde. Selon les estimations de la FAO, si on éliminait l'inégalité entre les sexes en matière d'accès aux ressources foncières, la production agricole pourrait augmenter de 2,5 à 4,0 %. En outre, cette situation entraînerait une réduction de 12 à 17 % du nombre de personnes sous-alimentées dans les pays en développement (IFPRI, 2016). Dans les sociétés agraires à faible revenu, la croissance agricole est plus efficace pour réduire la faim et la pauvreté que pour promouvoir tout autre secteur de l'économie (FAO, 2015e). Pour atteindre la cible 2.3 des ODD à l'horizon 2030, la productivité agricole des petites exploitations devrait augmenter en même temps que les revenus de leurs exploitants. Les politiques devraient viser en particulier les petits producteurs alimentaires les plus vulnérables (par exemple les femmes, les peuples autochtones), de manière à leur garantir l'accès au marché et à d'autres moyens de production, notamment en ce qui concerne leurs besoins matériels, financiers et informationnels.

Il est clair que la réduction au minimum des pertes et déchets alimentaires aura des avantages environnementaux, sociaux et économiques importants pour soutenir la sécurité alimentaire mondiale (PNUE, 2015). Lorsqu'il est impossible d'éviter les déchets, il convient d'explorer les perspectives de récupération de la valeur, comme la conversion en compost, en engrais liquides, en biogaz ou en produits d'utilisation finale à valeur ajoutée tels que les protéines ou produits biochimiques pour l'alimentation animale (Jayathilakan *et al.*, 2012 ; Nguyen, Tomberlin et Vanlaerhoven, 2015 ; PNUE, 2015). L'atteinte de la cible 12.3 des ODD, qui consiste, d'ici à 2030, à « réduire de moitié à l'échelle mondiale le volume de déchets alimentaires par habitant, au niveau de la distribution comme de la consommation, et diminuer les pertes de produits alimentaires tout au long des chaînes de production et d'approvisionnement, y compris les pertes après récolte », nécessitera une intervention et un engagement importants, mais aussi des stratégies diversifiées, étant donné que les raisons des pertes et du gaspillage alimentaires ainsi que les maillons de la chaîne d'approvisionnement alimentaire où ils se produisent ne sont pas les mêmes dans les pays développés et les pays en voie de développement (FAO, 2015c).

Références



- Addison, J., Friedel, M., Brown, C., Davies, J. et Waldron, S. (2012). A critical review of degradation assumptions applied to Mongolia's Gobi Desert. *The Rangeland Journal* 34(2), 125-137. <https://doi.org/10.1071/RJ11013>.
- Aide, T.M., Clark, M.L., Grau, H.R., López-Carr, D., Levy, M.A., Redo, D. et al. (2013). Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001-2010). *Biotropica* 45(2), 262-271. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00908.x>.
- Alavanja, M.C.R., Samanic, C., Dosemeci, M., Lubin, J., Tarone, R., Lynch, C.F. et al. (2003). Use of agricultural pesticides and prostate cancer risk in the Agricultural Health Study cohort. *American Journal of Epidemiology* 157(9), 800-814. <https://doi.org/10.1093/aje/kwg040>.
- Alden Wily, L. (2011). *The Tragedy of Public Lands: The Fate of The Commons Under Global Commercial Pressure*. International Land Coalition. http://www.land-coalition.org/sites/default/files/documents/resources/Wily_Y_Commons_web_11_03_11.pdf.
- Alexandratos, N. et Bruinsma, J. (2012). World agriculture: Towards 2030/2050. The 2012 Revision. Rome: Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>.
- Anyamba, A. et Tucker, C.J. (2005). Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981–2003. *Journal of Arid Environments* 63(3), 596-614. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.03.007>.
- Asociación Pro Derechos Humanos (Aprodeh), Broederlijk Delen, Colectivo de Abogados José Álvaro Restrepo, Centro de Documentación e Información Bolivia and Comisión Ecueménica de Derechos Humanos (2018). *Abusos De Poder Contra Defensores Y Defensoras De Los Derechos Humanos, Del Territorio Y Del Ambiente: Informe Sobre Extractivismo Y Derechos En La Región Andina*. Bogota. http://www.broederlijkdelen.be/sites/default/files/downloads/andesrapport_2018_lr.pdf.
- Awumbila, M. (2017). *Drivers of Migration and Urbanization in Africa: Key Trends and Issues*. New York, NY: United Nations. <http://www.un.org/en/development/desa/population/events/pdf/expert/27/presentations/III/presentation-Awumbila-final.pdf>.
- Bajželi, B., Richards, K.S., Allwood, J.M., Smith, P., Dennis, J.S., Curmi, E. et al. (2014). Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change* 4, 924-929. <https://doi.org/10.1038/nclimate2353>.
- Baltzer, K. et Hansen, H. (2011). *Evaluation Study Agricultural input subsidies in Sub-Saharan Africa*. Copenhagen: Institute of Food and Resource Economics. <https://www.cecd.org/derec/49231998.pdf>.
- Bartsch, S.M., Hotez, P.J., Asti, L., Zapf, K.M., Bottazzi, M.E., Diemert, D.J. et al. (2016). The global economic and health burden of human hookworm infection. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 10(9), e0004922. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004922>.
- Behnke, R. et Mortimore, M. (dir.) (2016). *The End of Desertification? Disputing Environmental Change in the Drylands*. Heidelberg: Springer Berlin. <https://www.springer.com/gp/book/9783642160134>.
- Behrman, J., Meinzen-Dick, R. et Quisumbing, A. (2012). The gender implications of large-scale land deals. *Journal of Peasant Studies* 39(1), 49-79. <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.652621>.
- Benton, T.G., Vickery, J.A. et Wilson, J.D. (2003). Farmland biodiversity: Is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18(4), 182-188. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00011-9](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00011-9).
- Bergmann, L. et Holmberg, M. (2016). Land in motion. *Annals of the American Association of Geographers* 106(4), 932-956. <https://doi.org/10.1080/24694452.2016.1145537>.
- Bestelmeyer, B.T., Okin, G.S., Duniway, M.C., Archer, S.R., Sayre, N.F., Williamson, J.C. et al. (2015). Desertification, land use, and the transformation of global drylands. *Frontiers in Ecology and the Environment* 13(1), 28-36. <https://doi.org/10.1890/140162>.
- Binion, E. et Gutberlet, J. (2012). The effects of handling solid waste on the wellbeing of informal and organized recyclers: A review of the literature. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 18(1), 43-52. <https://doi.org/10.1179/1077352512Z.0000000001>.
- Bisaro, A., Kirk, M., Zdruli, P. et Zimmermann, W. (2014). Global drivers setting desertification research priorities. Insights from a stakeholder consultation forum. *Land Degradation & Development* 25(1), 5-16. <https://doi.org/10.1002/ldr.2220>.
- Borras, S., Franco, J. et van der Ploeg, J. (2013). Land concentration, land grabbing and people's struggles in Europe: Introduction to the collection of studies. In *Land Concentration, Land Grabbing and People's Struggles in Europe*. Amsterdam: Transnational Institute. Chapitre 1. 6-30. https://www.tni.org/files/download/land_in_europe-jun2013.pdf.
- Borras, S.M., Franco, J.C., Gómez, S., Kay, C. et Spoor, M. (2012). Land grabbing in Latin America and the Caribbean. *The Journal of Peasant Studies* 39(3-4), 845-872. <https://doi.org/10.1080/03066150.2012.679931>.
- Boysen, O., Jensen, H.G. et Matthews, A. (2016). Impact of EU agricultural policy on developing countries: A Uganda case study. *The Journal of International Trade & Economic Development* 25(3), 377-402. <https://doi.org/10.1080/09638199.2015.1069884>.
- Brenner, N. et Schmid, C. (2014). The 'Urban Age' in Question. *International Journal of Urban and Regional Research* 38(3), 731-755. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12115>.
- Butler, R. (2017). *Amazon destruction*. https://rainforests.mongabay.com/amazon/amazon_destruction.html.
- Carlson, K.M., Curran, L.M., Asner, G.P., Pittman, A.M., Trigg, S.N. et Marion Adeney, J. (2012). Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan oil palm plantations. *Nature Climate Change* 3, 283-287. <https://doi.org/10.1038/nclimate1702>.
- Cassidy, E.S., West, P.C., Gerber, J.S. et Foley, J.A. (2013). Redefining agricultural yields: From tonnes to people nourished per hectare. *Environmental Research Letters* 8(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/034015>.
- Chakraborty, A. (2008). 'Secret report: Biofuel caused food crisis'. *The Guardian* 3 July 2008 <https://www.theguardian.com/environment/2008/jul/03/biofuels.renewableenergy>.
- Chatham House (2017). *Exploring interdependencies in global resource trade*. [Chatham House <https://resourcetrade.earth/>].
- Cherlet, M., Reynolds, J., Hutchinson, C., Hill, J. et von Maltitz, G. (dir.) (2018). *World Atlas of Desertification: Rethinking Land Degradation and Sustainable Land Management*. 3^e edn. Luxembourg. https://wad.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/atlas.pdf/JRC_WAD_fullVersion.pdf.
- Chin, A. (2018). Notes from the field: The value of observational data and natural history. *Pacific Conservation Biology* 24(1). https://doi.org/10.1071/PCy24n1_ED.
- Creutzig, F. (2017). Govern land as a global commons. *Nature* 546(7656), 28-29. <https://doi.org/10.1038/546028a>.
- Croppenstedt, A., Goldstein, M. et Rosas, N. (2013). Gender and agriculture inefficiencies, segregation, and low productivity traps. *World Bank Research Observer* 28(1), 79-109. <http://hdl.handle.net/10986/19499>.
- de Jong, R., de Bruin, S., de Wit, A., Schaeppman, M.E. et Dent, D.L. (2011). Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series. *Remote Sensing of Environment* 115(2), 692-702. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.10.011>.
- de Ruiter, H., Macdiarmid, J.I., Matthews, R.B., Kastner, T., Lynd, L.R. et Smith, P. (2017). Total global agricultural land footprint associated with UK food supply 1986–2011. *Global Environmental Change* 43, 72-81. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.007>.
- Dekker, H.A.L. (2016). *The Invisible Line: Land Reform, Land Tenure Security, and Land Registration*. Routledge. <https://www.crcpress.com/The-Invisible-Line-Land-Reform-Land-Tenure-Security-and-Land-Registration/Dekker/p/book/9781138258709>.
- Development Initiatives (2017). *Global Nutrition Report 2017: Nourishing the SDGs*. Bristol. https://www.gainhealth.org/wp-content/uploads/2017/11/GNR-Report_2017.pdf.
- Ding, H., Veit, P.G., Blackman, A., Gray, E., Reyter, K., Altamirano, J.C. et al. (2016). *Climate Benefits, Tenure Costs. The Economic Case for Securing Indigenous Land Rights in the Amazon*. World Resources Institute. Washington, DC. http://wriorg.s3.amazonaws.com/s3fs-public/Climate_Benefits_Tenure_Costs.pdf.
- D'Odorico, P., Carr, J.A., Laio, F., Ridolfi, L. et Vandoni, S. (2014). Feeding humanity through global food trade. *Earth's Future* 2, 458-469. <https://doi.org/10.1002/2014EF000250>.
- Doss, C., Kieran, C. et Kilic, T. (2017). *Measuring Ownership, Control, and Use of Assets*. World Bank Policy Research Working Paper. Washington, DC: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/934721500383137028/pdf/WPS8146.pdf>.
- Druilic, Z. et Barreiro-hurlé, J. (2012). *Fertilizer Subsidies in Sub-Saharan Africa*. Rome: Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/3/a-ap077e.pdf>.
- Eskander, S.M.S.U. et Barbier, E.B. (2017). Tenure security, human capital and soil conservation in an overlapping generation rural economy. *Ecological Economics* 135, 176-185. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.01.015>.
- Eswaran, H., Lal, R. et Reich, P.F. (2001). *Land degradation: An overview*. [United States Department of Agriculture https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/use?cid=nrcs142p2_054028].
- European Commission (2011). *Our Life Insurance, Our Natural Capital: An EU Biodiversity Strategy To 2020*. Brussels. http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/EP_resolution_april2012.pdf.
- European Space Agency (2015). *Land cover*. <https://www.esa-landcover-cci.org/> (consulté le 7 novembre 2018).
- Fader, M., Rulli, M.C., Carr, J., Dell'Angelo, J., D'Odorico, P., Gephart, J.A. et al. (2016). Past and present biophysical redundancy of countries as a buffer to changes in food supply. *Environmental Research Letters* 11, 055008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/5/055008>.
- Fensholt, R., Langanke, T., Rasmussen, K., Reenberg, A., Prince, S.D., Tucker, C. et al. (2012). Greenness in semi-arid areas across the globe 1981–2007 – an Earth Observing Satellite based analysis of trends and drivers. *Remote Sensing of Environment* 121, 144-158. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.01.017>.
- Fischer-Kowalski, M. et Haberl, H. (2007). Socioecological transitions and global change: Trajectories of social metabolism and land use. *Journal of Industrial Ecology* 12(5-6), 806-807. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00091.4.x>.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M. et al. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337-342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>.
- Food and Agriculture Organization and Intergovernmental Technical Panel on Soils (2015). *Status of the World's Soil Resources*. Rome: Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization, International Fund for Agricultural Development, United Nations Children's Fund, World Food Programme, World Health Organization (2017). *The State of Food Security and Nutrition in the World*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i6795e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009). *How to Feed the World in 2050*. Rome. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). *Gender and Land Rights: Understanding Complexities, Adjusting Policies*. Rome. <http://www.fao.org/docrep/012/a1059e/a1059e00.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011). *The Role of Women in Agriculture*. ESA Working Paper. Rome: Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/docrep/013/am307e/am307e00.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2012). *Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the Context of National Food Security of Tenure*. Rome. <http://www.fao.org/docrep/016/i2801e/i2801e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2013). *Food Waste Footprint: Impacts on Natural Resources. Summary Report*. Rome. <http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015a). *Global Forest Resources Assessment 2015*. Rome: Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/3/a-i4808e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015b). *Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction*. Rome: Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/3/a-i4068e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015c). *Food Waste Footprint and Climate Change*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-bb144e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015d). *Healthy Soils are the Basis for Healthy Food Production*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i4405e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015e). *FAO and the 17 Sustainable Development Goals*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i4997e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to Food Security and Nutrition for all*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017a). *The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>.



Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017b). *Food and agriculture data*. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017c). *FAO Food Price Index*. [Food and Agriculture Organization <http://www.fao.org/world/indicators/foodpricesindex/en/> (consulté le 19 décembre 2017).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017d). *Gender and land rights database*. <http://www.fao.org/gender-landrights-database/en/> (consulté le 11 avril 2018).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). *Land & water*. <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/gladis/en/>.

Fritz, M., Vonk, J.E. et Lantuit, H. (2017). Collapsing Arctic coastlines. *Nature Climate Change* 7, 6-7. <https://doi.org/10.1038/nclimate3188>.

Ghebru, H. et Stein, H. (2013). *Links Between Tenure Security and Food Security: Evidence from Ethiopia*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute. <http://www.ifpri.org/cdmref/p15738coll2/id/127861/filename/128072.pdf>.

Gnonlonfin, G.J.B., Hell, K., Adjovi, Y., Fandohan, P., Koudande, D.O., Mensah, G.A. et al. (2013). A review on aflatoxin contamination and its implications in the developing world. A sub-saharan African perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53(4), 349-365. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.535718>.

Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F. et al. (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327(5967), 812-818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>.

Godfray, H.C.J. et Garnett, T. (2014). Food security and sustainable intensification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 369(1639), 20120273-20120273. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0273>.

Gold, S., Trautmans, A. et Trodd, Z. (2015). Modern slavery challenges to supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal* 20(5), 485-494. <https://doi.org/10.1108/SCM-02-2015-0046>.

Gourdji, S.M., Sibley, A.M. et Lobell, D.B. (2013). Global crop exposure to critical high temperatures in the reproductive period: Historical trends and future projections. *Environmental Research Letters* 8(2). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024041>.

Government of Canada (2017). *Federal contaminated sites inventory*. <https://www.tbs-sct.gc.ca/fcsi-rscf/home-accueil-eng.aspx>.

Graesser, J., Aide, T.M., Grau, H.R. et Ramankutty, N. (2015). Cropland/pastureland dynamics and the slowdown of deforestation in Latin America. *Environmental Research Letters* 10(3), 034017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/3/034017>.

Groenewegen, P.P., van den Berg, A.E., de Vries, S. et Verheij, R.A. (2006). Vitamin C: effects of green space on health, well-being, and social safety. *BMC Public Health* 6(149), 149. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-6-149>.

Günther, F., Overduin, P.P., Sandakov, A.V., Grosse, G. et Grigoriev, M.N. (2013). Short- and long-term thermo-erosion of ice-rich permafrost coasts in the Laptev Sea region. *Biogeosciences* 10, 4297-4318. <https://doi.org/10.5194/bg-10-4297-2013>.

Gzik, A., Kuehling, M., Schneider, I. et Tschochner, B. (2003). Heavy metal contamination of soils in a mining area in South Africa and its impact on some biotic systems. *Journal of Soils and Sediments* 3(1), 29-34. <https://doi.org/10.1007/BF02989466>.

Haberl, H. (2015). Competition for land: A sociometabolic perspective. *Ecological Economics* 119, 424-431. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.10.002>.

Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Martinez-Alier, J. et Winiwarter, V. (2011). A socio-metabolic transition towards sustainability? Challenges for another Great Transformation. *Sustainable Development* 19(1), 1-14. <https://doi.org/10.1002/sd.410>.

Han, D., Wiesmeier, M., Conant, R.T., Kühnel, A., Sun, Z., Kögel-Knabner, I. et al. (2018). Large soil organic carbon increase due to improved agronomic management in the North China Plain from 1980s to 2010s. *Global Change Biology* 24, 987-1000. <https://doi.org/10.1111/gcb.13898>.

Hardell, L. (2003). Environmental Organochlorine Exposure and the Risk for Breast Cancer. In *Silent Invaders: Pesticides, Livelihoods, and Women's Health*. Jacobs, M. and Dinham, B. (dir.). London: Zed Books. Chapitre 16. 342. <http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/distributed/S/bo20852234.html>

Henders, S. et Ostwald, M. (2014). Accounting methods for international land-related leakage and distant deforestation drivers. *Ecological Economics* 99, 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.01.005>.

Holden, S.T. et Ghebru, H. (2016). Land tenure reforms, tenure security and food security in poor agrarian economies: Causal linkages and research gaps. *Global Food Security* 10, 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.07.002>.

Holmes, M., Hughes, R., Jones, G., Sturman, V., Whiting, M., Wiltshire, J. et al. (2013). *A 2020 Vision for the Global Food System*. World Wide Fund for Nature. https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2013-04/2020vision_food_report_feb2013.pdf.

Howard, J.M. (2003). Measuring Gender Differences in Response to Pesticide Exposure. In *Silent Invaders: Pesticides, Livelihoods, and Women's Health*. Jacobs, M. et Dinham, B. (dir.). London: Zed Books. chapitre 13. <http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/distributed/S/bo20852234.html>

Hudson-Edwards, K. (2016). Tackling mine wastes. *Science* 352(6283), 288-290. <https://doi.org/10.1126/science.aaf3854>.

Inostroza, L., Baur, R. et Csaplovics, E. (2013). Urban sprawl and fragmentation in Latin America: A dynamic quantification and characterization of spatial patterns. *Journal of Environmental Management* 115, 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.11.007>.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change. 1132. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2018). *Summary for Policymakers of the Assessment Report on Land Degradation and Restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Scholes, R.J., Montanarella, L., Brainin, E., Brainin, E., Barger, N., ten Brink, B. et al. (dir.). Bonn: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_3bi_digital.pdf?file=1&type=node&id=28335.

International Food Policy Research Institute (2016). *Global Food Policy Report*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute. <http://www.ifpri.org/cdmref/p15738coll2/id/130207/filename/130418.pdf>.

Jat, R., Sahrawat, K. et Kassam, A. (dir.) (2013). *Conservation Agriculture: Global Prospects and Challenges*. Wallingford: CAB. <https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20133423246>.

Jayathilaka, K., Sultana, K., Radhakrishna, K. et Bawa, A.S. (2012). Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: A review. *Journal of food science and technology* 49(3), 278-293. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0290-7>.

Jones, A., Panagos, P., Barcelo, S., Bouraoui, F., Bosco, C., Dewitte, O. et al. (2012). *The State of Soil in Europe*. Copenhagen: European Environment Agency. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC68418/lbna25186enn.pdf>.

Kay, S., Peuch, J. et Franco, J. (2015). *Extent of Farmland Grabbing in the EU*. Brussels: European Parliament. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/540369/IPOL_STU\(2015\)540369_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/540369/IPOL_STU(2015)540369_EN.pdf).

Kelley, C.P., Mohtadi, S., Cane, M.A., Seager, R. et Kushnir, Y. (2015). Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(11), 3241-3246. <https://doi.org/10.1073/pnas.1421153112>.

Kelly, C., Ferrara, A., Wilson, G.A., Ripullone, F., Nolè, A., Harner, N. et al. (2015). Community resilience and land degradation in forest and shrubland socio-ecological systems: Evidence from Gorogolone, Basilicata, Italy. *Land Use Policy* 46, 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.01.026>.

Kennedy, C. et Hoornweg, D. (2012). Mainstreaming urban metabolism. *Journal of Industrial Ecology* 16(6), 780-782. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00548.x>.

Khan, S. et Hanjra, M.A. (2008). Sustainable land and water management policies and practices: A pathway to environmental sustainability in large irrigation systems. *Land Degradation & Development* 19(5), 469-487. <https://doi.org/10.1002/ldr.852>.

Khouri, C.K., Bjorkman, A.D., Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis, A. et al. (2014). Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111(11), 4001-4006. <https://doi.org/10.1073/pnas.1313490111>.

Knebone, P. et Short, D. (2010). *Soil Contamination in West Africa*. London: Shift Soil Remediation. <https://www.scribd.com/doc/71599035/Soil-Contamination-in-West-Africa>.

Koh, L.P., Miettinen, J., Liew, S.C. et Ghazoul, J. (2011). Remotely sensed evidence of tropical peatland conversion to oil palm. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(12), 5127-5132. <https://doi.org/10.1073/pnas.1018776108>.

Komatsu, H., Malapit, H.J.L. et Theis, S. (2018). Does women's time in domestic work and agriculture affect women and children's dietary diversity? Evidence from Bangladesh, Nepal, Cambodia, Ghana, and Mozambique. *Food Policy* 79, 256-270. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.07.002>.

Kosmas, C., Kairis, O., Karavitis, C., Ritsema, C., Salvati, L., Acikalin, S. et al. (2014). Evaluation and selection of indicators for land degradation and desertification monitoring: Methodological approach. *Environmental Management* 54(5), 951-970. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0109-6>.

Kummu, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O. et Ward, P.J. (2012). Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertilizer use. *Science of The Total Environment* 438, 477-489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.092>.

Lacerda, L.D., Bastos, W.R. et Almeida, M.D. (2012). The impacts of land use changes in the mercury flux in the Madeira River, Western Amazon. *Anais Da Academia Brasileira De Ciencias* 84(1), 69-78. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652012000100007>.

Lacerda, L.D.D. (2003). Updating global Hg emissions from small-scale gold mining and assessing its environmental impacts. *Environmental Geology* 43(3), 308-314. <https://doi.org/10.1007/s00254-002-0627-7>.

Lantuit, H., Overduin, P.P. et Wetterich, S. (2012). Arctic Coastal erosion: A review. *Tenth International Conference on Permafrost, Salekhard, Russia*. Salekhard, 25 June - 29 June 2012. <http://epic.awi.de/30700/>

Lawry, S., Samii, C., Hall, R., Leopold, A., Hornby, D. et Mtero, F. (2014). The impact of land property rights interventions on investment and agricultural productivity in developing countries: A systematic review *Campbell Systematic Reviews* 2014(1). <https://doi.org/10.4073/csr.2014.1>.

Lawry, S., Samii, C., Hall, R., Leopold, A., Hornby, D. et Mtero, F. (2017). The impact of land property rights interventions on investment and agricultural productivity in developing countries: A systematic review. *Journal of Development Effectiveness* 9(1), 107. <https://doi.org/10.1080/19439342.2016.1160947>.

Le, Q.B., Nkonya, E. et Mirzabae, A. (2016). Biomass Productivity-Based Mapping of Global Land Degradation Hotspots. In *Economics of Land Degradation and Improvement - A Global Assessment for Sustainable Development*. Nkonya, E., Mirzabae, A. et von Braun, J. (dir.). Cham: Springer International Publishing. Chapitre 4. 55-84. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-19168-3_4.pdf

Lèbre, É. et Corder, G. (2015). Integrating industrial ecology thinking into the management of mining waste. *Resources* 4(4), 765-786. <https://doi.org/10.3390/resources4040765>.

Liew, Z., Wang, A., Bronstein, J. et Ritz, B. (2014). Job exposure matrix (jem)-derived estimates of lifetime occupational pesticide exposure and the risk of parkinson's disease. *Archives of Environmental and Occupational Health* 69(4), 241-251. <https://doi.org/10.1080/19338244.2013.778808>.

Lipinski, B., Hanson, C., Lomax, J., Kitinjo, L., Waite, R. et Searchinger, T. (2013). *Reducing Food Loss and Waste*. Washington, DC: World Resources Institute. http://wriorg.s3.amazonaws.com/s3fs-public/reducing_food_loss_and_waste.pdf.

Lobell, D.B. et Gourdji, S.M. (2012). The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiology* 160(4), 1686-1697. <https://doi.org/10.1104/pp.112.208298>.

Lobell, D.B., Schlenker, W. et Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science* 333(5042), 616-620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>.

Lovejoy, T.E. et Nobre, C. (2018). Amazon tipping point. *Science Advances* 4(2). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2340>.

MacDonald, G.K., Brauman, K.A., Sun, S., Carlson, K.M., Cassidy, E.S., Gerber, J.S. et al. (2015). Rethinking agricultural trade relationships in an era of globalization. *BioScience* 65(3), 275-289. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu225>.

Machovina, B., Feeley, K.J. et Ripple, W.J. (2015). Biodiversity conservation: The key is reducing meat consumption. *Science of The Total Environment* 536, 419-431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.022>.

Malapit, H.J.L., Kadiyala, S., Quisumbing, A.R., Cunningham, K. et Tyagi, P. (2015). Women's empowerment mitigates the negative effects of low production diversity on maternal and child nutrition in Nepal. *The Journal of Development Studies* 51(8), 1097-1123. <https://doi.org/10.1080/00220388.2015.1018904>.

McGrath, J.M. et Lobell, D.B. (2013). Regional disparities in the CO₂ fertilization effect and implications for crop yields. *Environmental Research Letters* 8(1). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/014054>.

Met Office Hadley Centre and World Food Program (2018). *Food insecurity: Climate change – met office*. <https://www.metoffice.gov.uk/food-insecurity/index/> (consulté le 11 avril 2018).

Metternicht, G.I. et Zinck, J.A. (2003). Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints. *Remote Sensing of Environment* 85(1), 1-20. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00188-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00188-8).

Millennium Ecosystem Assessment (2003). *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Washington, DC: Island Press. http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf.



- Millennium Ecosystem Assessment (2004). *Living Beyond Our Means: Natural Assets and Human Well-being*. Washington, DC. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.429.aspx.pdf>.
- Mottet, A., de Haan, C., Falucci, A., Tempio, G., Opio, C. et Gerber, P. (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security* 14, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>.
- Msangi, S. et Rosegrant, M. (2011). World Agriculture in a Dynamically Changing Environment: IFPRI's Long-Term Outlook for Food and Agriculture. In *Looking Ahead in World Food and Agriculture: Perspectives to 2050*. Conforti, P. (ed.). Rome: Food and Agriculture Organization. 57-94. <http://www.fao.org/docrep/pdf/012/ak542e/ak542e05.pdf>.
- Muchomba, F.M. (2017). Women's land tenure security and household human capital: Evidence from Ethiopia's land certification. *World Development* 98, 310-324. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.04.034>.
- Murguía, D.I. (2015). *Global Area Disturbed and Pressures on Biodiversity by Large-Scale Metal Mining*. Kassel: Kassel University Press. <http://www.uni-kassel.de/upress/online/OpenAccess/978-3-7376-0040-8/OpenAccess.pdf>.
- Murtaza, G. (2013) *Economic aspects of growing rice and wheat crops on salt-affected soils in the Indus Basin of Pakistan*. Institute of Soil and Environmental Sciences, University of Agriculture
- Narh, P., Lambini, C., Sabbi, M., Pham, V. et Nguyen, T. (2016). Land sector reforms in Ghana, Kenya and Vietnam: A comparative analysis of their effectiveness. *Land* 5(2), 8. <https://doi.org/10.3390/land5020008>.
- Nelson, G.C., Rosegrant, M.W., Palazzo, A., Gray, I., Ingersoll, C., Robertson, R. et al. (2010). *Food Security, Farming, and Climate Change to 2050: Scenarios, Results, Policy Options*. Research reports IFPRI. Washington, DC: International Food Policy Research Institute. <http://www.ifpri.org/cdmref/p15738coll2/id/127066/filename/127277.pdf>.
- Newbigging, A.M., Yan, X. et Le, X.C. (2015). Cadmium in soybeans and the relevance to human exposure. *Journal of Environmental Sciences (China)* 37, 157-162. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2015.09.001>.
- Nguyen, T.T.X., Tomberlin, J.K. et Vanlaerhoven, S. (2015). Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Environmental Entomology* 44(2), 406-410. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv002>.
- Nicholson, S.E. (2013). The West African Sahel: A review of recent studies on the rainfall regime and its interannual variability. *International Scholarly Research Notices*(453521). <https://doi.org/10.1155/2013/453521>.
- Nicolopoulou-Stamati, P., Maipas, S., Kotampasi, C., Stamatis, P. et Hens, L. (2016). Chemical pesticides and human health: The urgent need for a new concept in agriculture. *Frontiers in Public Health* 4(148). <https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00148>.
- Nkonya, E., Mirzabaev, A. et Von Braun, J. (dir.) (2016). *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-19168-3#about>.
- Nolte, K., Chamberlain, W. et Giger, M. (2016). *International Land Deals for Agriculture: Fresh Insights from the Land Matrix; Analytical Report II*. Bern: Centre for Development and Environment, University of Bern. https://landmatrix.org/media/filer_public/ab/c8/abc8b563-9d74-4a47-9548-cb59e48094de/land_matrix_2016_analytical_report_draft_ii.pdf.
- Oliver, M.A. et Gregory, P.J. (2015). Soil, food security and human health: A review. *European Journal of Soil Science* 66(2), 257-276. <https://doi.org/10.1111/ejss.12216>.
- Olsson, L., Eklundh, L. et Ardo, J. (2005). A recent greening of the Sahel - Trends, patterns and potential causes. *Journal of Arid Environments* 63(3), 556-566. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.03.008>.
- Overduin, P.P., Strzelecki, M.C., Grigoriev, M.N., Couture, N., Lantuit, H., St-Hilaire-Gravel, D. et al. (2014). Coastal changes in the Arctic. *Geological Society* 388(1), 103-129. <https://doi.org/10.1144/SP388.13>.
- Paresi, M., Melchiorri, M., Siragusa, A. et Kemper, T. (2016). *Atlas of the Human Planet 2016: Mapping Human Presence on Earth with the Global Human Settlement Layer*. European Commission. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC103150/atlas%20of%20the%20human%20planet_2016_online.pdf.
- Pataki, D.E., Carreiro, M.M., Cherrier, J., Grulke, N.E., Jennings, V., Pincetti, S. et al. (2011). Coupling biogeochemical cycles in urban environments: Ecosystem services, green solutions, and misconceptions. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9, 27-36. <https://doi.org/10.1890/090220>.
- Pautasso, M., Döring, T.F., Garbelotto, M., Pellis, L. et Jeger, M.J. (2012). Impacts of climate change on plant diseases-opinions and trends. *European Journal of Plant Pathology* 133(1), 295-313. <https://doi.org/10.1007/s10658-012-9936-1>.
- Pearce, F. (2016). *Common Ground: Securing Land Rights and Safeguarding the Earth*. Oxford: Oxfam, International Land Coalition and Rights and Resources Initiative. https://www.oxfamamerica.org/static/media/files/GCA_REPORT_EN_FINAL.pdf.
- Place, F. (2009). Land tenure and agricultural productivity in Africa: A comparative analysis of the economics literature and recent policy strategies and reforms. *World Development* 37(8), 1326-1336. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2008.08.020>.
- Plieninger, T., Dijks, S., Oteros-Rozas, E. et Bieling, C. (2013). Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy* 33, 118-129. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.013>.
- Porkka, M., Kummu, M., Siebert, S. et Varis, O. (2013). From food insufficiency towards trade dependency: A historical analysis of global food availability. *PLoS ONE* 8(12), e82714. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082714>.
- Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A.J., Cochran, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M. et al. (2014). Food Security and Food Production Systems. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Chapitre 7. 485-533. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap7_FINAL.pdf.
- Pretty, J., Toulmin, C. et Williams, S. (2011). Sustainable intensification in African agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability* 9(1), 5-24. <https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0583>.
- Purna, M.J., Bose, S., Chon, S.Y. et Cook, B.I. (2015). Assessing the evolving fragility of the global food system. *Environmental Research Letters* 10, 024007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/2/024007>.
- Qadir, M., Quilléróu, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R.J. et al. (2014). Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum* 38(4), 282-295. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12054>.
- Ramaswami, A., Boyer, D., Nagpure, A.S., Fang, A., Bogra, S., Bakshi, B. et al. (2017). An urban systems framework to assess the trans-boundary food-energy-water nexus: Implementation in Delhi, India. *Environmental Research Letters* 12(2), 025008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5556>.
- Ramaswami, A., Weible, C., Main, D., Heikkilä, T., Siddiki, S., Duvall, A. et al. (2012). A social-ecological-infrastructural systems framework for interdisciplinary study of sustainable city systems: An integrative curriculum across seven major disciplines. *Journal of Industrial Ecology* 16(6), 801-813. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00566.x>.
- Ray, D.K., Mueller, N.D., West, P.C., Foley, J.A. et Meybeck, A. (2013). Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS ONE* 8(6), e66428. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428>.
- Ray, D.K., Ramankutty, N., Mueller, N.D., West, P.C. et Foley, J.A. (2012). Recent patterns of crop yield growth and stagnation. *Nature Communications* 3(1293), 1293. <https://doi.org/10.1038/ncomms2296>.
- Reynolds, J.F., Grainger, A., Stafford Smith, D.M., Bastin, G., Garcia-Barrros, L., Fernández, R.J. et al. (2011). Scientific concepts for an integrated analysis of desertification. *Land Degradation & Development* 22(2), 166-183. <https://doi.org/10.1002/ldr.1104>.
- Reynolds, J.F. et Smith, D.M. (dir.) (2002). *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* 1st edn: Dahlem University Press. https://media.uib-csic.es/master/cambioglobal/Modulo_II_cod1016106/M%3C%3B3dulo%201_%20Presentaci%C3%B3n%20de%20la%20asignatura%20de%20do%20humans%20cause%20deserts.pdf.
- Rights and Resources Initiative (2015). *Who Owns the World's Land? A Global Baseline of Formally Recognized Indigenous and Community Land Rights*. Washington, D.C.: Rights and Resources Initiative. https://rightsandresources.org/wp-content/uploads/GlobalBaseline_web.pdf.
- Robinson, L.W., Ericksen, P.J., Chesterman, S. et Worden, J.S. (2015). Sustainable intensification in drylands: What resilience and vulnerability can tell us. *Agricultural Systems* 135, 133-140. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.01.005>.
- Rosegrant, M.W., Painsner, M.S., Siet, M. et Wittcover, J. (2001). *2020 Global Food Outlook*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute. http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/57811#img_view_container.
- Roser, M. et Ritchie, H. (2018). Yields and land use in agriculture. OurWorldInData.org <https://ourworldindata.org/yields-and-land-use-in-agriculture>.
- Safriel, U.N. (2007). The Assessment of Global Trends in Land Degradation. In *Climate and Land Degradation*. Sivakumar M.V.K. and Ndiangui, N. (dir.). Heidelberg: Springer Berlin. Chapitre 1. 1-38. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-72438-4_1.
- Schaffartzik, A., Haberl, H., Kastner, T., Wiedenhofer, D., Eisenmenger, N. et Erb, K.H. (2015). Trading Land: A review of approaches to accounting for upstream land requirements of traded products. *Journal of Industrial Ecology* 19(5), 703-714. <https://doi.org/10.1111/jiec.12258>.
- Schinasi, L. et Leon, M. (2014). Non-hodgkin lymphoma and occupational exposure to agricultural pesticide chemical groups and active ingredients: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11(4), 4449-4527. <https://doi.org/10.3390/ijerph110404449>.
- Schlenker, W. et Roberts, M.J. (2009). Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(37), 15594-15598. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106>.
- Schoneveld, G.C. et German, L. (2014). Translating legal rights into tenure security: Lessons from the new commercial pressures on land in Ghana. *The Journal of Development Studies* 50(2), 187-203. <https://doi.org/10.1080/00220388.2013.858129>.
- Seto, K.C., Fragkias, M., Güneralp, B. et Reilly, M.K. (2011). A meta-analysis of global urban land expansion. *PLoS ONE* 6, e23777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023777>.
- Seto, K.C., Reenberg, A., Boone, C.G., Fragkias, M., Haase, D., Langanke, T. et al. (2012). Urban land teleconnections and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109(20), 7687-7692. <https://doi.org/10.1073/pnas.1117622109>.
- Sharmina, M., Hoolohan, C., Bows-Larkin, A., Burgess, P.J., Colwill, J., Gilbert, P. et al. (2016). A nexus perspective on competing land demands: Wider lessons from a UK policy case study. *Environmental Science & Policy* 59, 74-84. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.02.008>.
- Smith, P., Davis, S.J., Creutzig, F., Fuss, S., Minx, J., Gabrielle, B. et al. (2015). Biophysical and economic limits to negative CO2 emissions. *Nature Climate Change* 6, 42-50. <https://doi.org/10.1038/nclimate2870>.
- Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F. et Roger-Estrade, J. (2012). No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research* 118, 66-87. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.015>.
- Solecki, W. et Marcotullio, P.J. (2013). Climate Change and Urban Biodiversity Vulnerability. In *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment*. Dordrecht: Springer Netherlands. Chapitre 25. 485-504. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-94-007-7088-1_25.pdf.
- Sonter, L.J., Herrera, D., Barrett, D.J., Galford, G.L., Moran, C.J. et Soares-Filho, B.S. (2017). Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. *Nature Communications* 8, 1013. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00557-w>.
- Sonter, L.J., Moran, C.J., Barrett, D.J. et Soares-Filho, B.S. (2014). Processes of land use change in mining regions. *Journal of Cleaner Production* 84, 494-501. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.084>.
- Sturm, R. et Cohen, D. (2014). Proximity to urban parks and mental health. *Journal of Mental Health and Economics* 17(1), 19-24. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4049158/>.
- Taylor, M.P., Camenzuli, D., Kristensen, L.J., Forbes, M. et Zahran, S. (2013b). Environmental lead exposure risks associated with children's outdoor playgrounds. *Environmental Pollution* 178, 447-454. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.054>.
- Taylor, P.C., Cai, M., Hu, A., Meehl, J., Washington, W., Zhang, G.J. et al. (2013a). A decomposition of feedback contributions to polar warming amplification. *Journal of Climate* 26(21), 7023-7043. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00696.1>.
- Thangavel, P. et Sridevi, G. (2017). Soil Security: A Key Role for Sustainable Food Productivity. In *Sustainable Agriculture towards Food Security*. Dhanarajan, A. (ed.). Singapore: Springer Singapore. 309-325. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-6647-4_16.
- The Economics of Land Degradation (2013). *Economics of Land Degradation Initiative: A Global Strategy for Sustainable Land Management; The Rewards of Investing in Sustainable Land Management*. Bonn. https://macsphere.mcmaster.ca/bitstream/11375/15701/1/ELD%20Initiative_2013%20-%20The%20rewards%20of%20investing%20in%20sustainable%20land%20management%20-%20interim%20Report_Web-Version4.pdf.
- The Economics of Land Degradation (2015). *Report for Policy Makers - Key Facts and Figures*. Bonn. http://www.eld-initiative.org/fileadmin/pdf/Key_Facts_and_Figures_Report_for_policy_and_decision_makers2015.pdf.
- The Global Food Security Programme (2015). *Final Project Report from the UK-US Taskforce on Extreme Weather and Global Food System Resilience*. Wiltshire. <https://www.foodsecurity.ac.uk/publications/extreme-weather-resilience-global-food-system.pdf>.
- The Land Matrix Global Observatory (2018). *Land Matrix*. <https://landmatrix.org/en/>.



The Royal Society (2008). *Sustainable Biofuels: Prospects and Challenges*. Policy Document. London: The Royal Society. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsos.1116437108>

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. et Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(50), 20260-20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>

Tomei, J. et Ravindranath, D. (2018). Governing Land in the Global South. In *Routledge Handbook of the Resource Nexus*. Bleischwitz, R., Hoff, H., Spataru, C., van der Voet, E. and VanDeveer, S.D. (dir.). Routledge. <https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9781315560625-22>

Unger, E.-M., Zevenbergen, J. et Bennett, R. (2017). On the need for pro-poor land administration in disaster risk management. *Survey Review* 49(357), 437-448. <https://doi.org/10.1080/00396265.2016.1212160>

United Nations (2007). *United Nations Declaration on the Rights of Indigenous People*. (A/RES/61/295). <https://www.un.org/development/desa/indigenouspeoples/declaration-on-the-rights-of-indigenous-peoples.html>

United Nations (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*. United Nations. New York, NY: United Nations. <https://esa.un.org/Unpd/Wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>

United Nations (2015). *World Population Prospects: the 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables*. United Nations. New York, NY: United Nations. <https://esa.un.org/Unpd/wpp/Publications/Files/Key-Findings-WPP-2015.pdf>

United Nations (2016). *Global Sustainable Development Report*. New York, NY. [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2328Global%20Sustainable%20development%20report%202016%20\(final\).pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2328Global%20Sustainable%20development%20report%202016%20(final).pdf)

United Nations Convention to Combat Desertification (1994). *United Nations Convention to Combat Desertification: In Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification Particularly in Africa*. Bonn <https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-01/An%20explanatory%20leaflet.pdf>

United Nations Convention to Combat Desertification (2017). *Global Land Outlook*. Bonn: United Nations Convention to Combat Desertification. https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/GLO%20English_Full_Report_rev1.pdf

United Nations Environment Programme (2010). *Latin America and the Caribbean: Environmental Outlook*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8663/-Global_environment_outlook_Latin_America_and_the_Caribbean_GEO_IAC_3-2010_latin_America_and_the_Caribbean_-_Environment_Outlook_3.pdf?sequence=3&isAllowed=y

United Nations Environment Programme (2015). *Global Waste Management Outlook*. Nairobi. http://apps.unep.org/publications/index.php?option=com_publication&task=download&file=011782_en

United Nations Environment Programme (2016a). *Global Gender and Environment Outlook: The Critical Issues*. Nairobi. http://web.unep.org/sites/default/files/ggeo/ggeo_summary_report_final.pdf

United Nations Environment Programme (2016b). *Unlocking the Sustainable Potential of Land Resources: Evaluation Systems, Strategies and Tools*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7710/-Unlocking_the_sustainable_potential_of_land_resources_Evaluating_systems_strategies_and_tools-2016Unlocking_Land_Resources_full_report.pdf?sequence=3&isAllowed=y

United States Environmental Protection Agency (2016). *Superfund: National priorities list (NPL)*. <https://www.epa.gov/superfund/superfund-national-priorities-list-npl>

Utuk, I.O. et Daniel, E.E. (2015). Land degradation: A threat to food security: A global assessment. *Journal of Environment and Earth Science* 5(8), 13-22. <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEES/article/view/22020/22057>

Van Liedekerke, M., Prokop, G., Rabl-Berger, S., Kibblewhite, M. et Louwagie, G. (2014). *Progress in Management of Contaminated Sites in Europe*. European Commission. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC85913/lbna26376enn.pdf>

van Vliet, J., Eitelberg, D.A. et Verburg, P.H. (2017). A global analysis of land take in cropland areas and production displacement from urbanization. *Global Environmental Change* 43, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.02.001>

Veit, P. et Reyter, K. (2017). 'By the Numbers: Indigenous and Community Land Rights'. 20 March 2017 <https://www.wri.org/blog/2017/03/numbers-indigenous-and-community-land-rights>

Verma, R. (2014). Land grabs, power, and gender in east and southern Africa: So, what's new? *Feminist Economics* 20, 52-75. <https://doi.org/10.1080/13545701.2014.897739>

Watts, M. (2007). *Pesticides and Breast Cancer: A Wakeup Call*. Penang: Pesticide Action Network Asia and the Pacific. <http://files.panap.net/resources/Pesticides-and-Breast-Cancer-A-Wakeup-Call.pdf>

Watts, M. (2013). *Breast Cancer, Pesticides and You*. Penang: Pesticide Action Network Asia and the Pacific. <http://files.panap.net/resources/Breast-cancer-pesticides-and-you.pdf>

Watts, M. and Williamson, S. (2015). *Replacing Chemicals with Biology*. Penang: Pesticide Action Network Asia and the Pacific. <https://www.panna.org/sites/default/files/Phasing-Out-HHPs-with-Agroecology.pdf>

White, B., Park, C. et Mi Young, J. (2015). *The Gendered Political Ecology of Agrofuels Expansion*. In *The Political Ecology of Agrofuels*. Engels, D. and Pye, O. (dir.). London: Routledge. Chapitre 4, 53-69. <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781317747444/chapters/10.4324%2F9781315795409-4>

White, M.P., Alcock, I., Wheeler, B.W. et Depledge, M.H. (2013). Would you be happier living in a greener urban area? A fixed-effects analysis of panel data. *Psychological Science* 24(6), 920-928. <https://doi.org/10.1177/0956797612464659>

Wiebe, K. (2003). *Linking Land Quality, Agricultural Productivity, and Food Security*. Agricultural Economic Report. Washington, DC: United States Department of Agriculture. https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/41563/18547_aer23fm_1.pdf?y=41061

Wiesmeier, M., Poepplau, C., Sierra, C.A., Maier, H., Frühauf, C., Hübner, R. et al. (2016). Projected loss of soil organic carbon in temperate agricultural soils in the 21st century: Effects of climate change and carbon input trends. *Scientific Reports* 6(32525). <https://doi.org/10.1038/srep32525>

Wild, C.P. et Gong, Y.Y. (2010). Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue. *Carcinogenesis* 31(1), 71-82. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgp264>

Wilson, G., Quaranta, G., Kelly, C. et Salvia, R. (2016). Community resilience, land degradation and endogenous lock-in effects: Evidence from the Alento region, Campania, Italy. *Journal of Environmental Planning and Management* 59(3), 518-537. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1024306>

Wilson, G.A., Kelly, C.L., Briassoulis, H., Ferrara, A., Quaranta, G., Salvia, R. et al. (2017). Social memory and the resilience of communities affected by land degradation. *Land Degradation & Development* 28(2), 383-400. <https://doi.org/10.1002/ldr.2669>

World Health Organization (2017). *Urban Green Space Interventions and Health*. Copenhagen: World Health Organization. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0010/337690/FULL-REPORT-for-LLP.pdf?ua=1

World Health Organization, United Nations Environment Programme (1990). *Public Health Impact of Pesticides used in Agriculture*. Geneva: World Health Organization. <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/39772/9241561394.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

World Resources Institute (2018). *Global forest watch*. <https://www.globalforestwatch.org/> (consulté le 10 juin 2018).

World Wildlife Fund (2018). *Deforestation: Overview*. [World Wildlife Fund <https://www.worldwildlife.org/threats/deforestation>]

Xu, D., Kang, X., Qiu, D., Zhuang, D. et Pan, J. (2009). Quantitative assessment of desertification using Landsat data on a regional scale - a case study in the Ordos Plateau, China. *Sensors* 9(3), 1738-1753. <https://doi.org/10.3390/s90301738>

Zewdie, W. et Csaplovics, E. (2015). Remote Sensing based multi-temporal land cover classification and change detection in northwestern Ethiopia. *European Journal of Remote Sensing* 48(1), 121-139. <https://doi.org/10.5721/EuJRS20154808>

Zhu, Z., Piao, S., Myneni, R.B., Huang, M., Zeng, Z., Canadell, J.G. et al. (2016). Greening of the earth and its drivers. *Nature Climate Change* 6, 791-795. <https://doi.org/10.1038/nclimate3004>





Chapitre 9



L'eau douce



Auteurs coordonnateurs : Erica Gaddis (Service de la qualité de l'environnement de l'Utah), Anna Maria Grobicki (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), Rowena Hay (Umvoto), Gavin Mudd (Institut royal de technologie de Melbourne) et Walter Rast (Meadows Center for Water and the Environment, université d'État du Texas)

Membres honoraires de GEO : Beatriz Rodríguez-Labajos (université autonome de Barcelone) et Jaee Sanjay Nikam (université d'État de l'Arizona)



Synthèse

L'eau douce mobilise et amplifie les risques pour la santé et l'environnement associés aux activités humaines (*établi, mais incomplet*). Le cycle global de l'eau intègre les impacts de la croissance démographique, de l'agriculture, du développement économique, de l'urbanisation, de l'industrialisation, de la déforestation et du changement climatique. Tous ces impacts ont une incidence sur la quantité d'eau douce et sa qualité. Ainsi, l'eau douce est aujourd'hui tant un bien public qu'un multiplicateur de risques, affectant la santé des humains et des écosystèmes sous l'action des polluants et du changement climatique, lequel intensifie les tempêtes, les inondations, les sécheresses et la désertification des terres. Il est urgent d'améliorer la gouvernance de chaque aspect du cycle de l'eau afin de prévenir, d'atténuer et de gérer ces risques croissants. {9.2}

L'eau douce disponible par habitant dans le cycle global de l'eau diminue avec la croissance démographique, combinée aux besoins agricoles, industriels et énergétiques (*établi, mais incomplet*), tandis que plusieurs zones continentales sont de plus en plus arides sous l'effet du changement climatique. {9.2}

De plus en plus de personnes sont exposées au risque de « catastrophes à évolution lente » telles que les pénuries d'eau, les sécheresses et la famine. Ces événements exacerbent parfois la migration et les conflits sociaux (*bien établi*) {4.2}. La gravité et la fréquence croissantes des catastrophes liées à l'eau augmentent les risques sur la stabilité sociale et économique, ainsi que sur les biens et services écosystémiques qui entretiennent la vie. Il est prouvé que les pénuries d'eau exacerbent la concurrence pour les ressources disponibles, ce qui se répercute sur l'insécurité alimentaire, les prix et les échanges (*établi, mais incomplet*). {9.2}

Le volume des eaux souterraines est beaucoup plus important que celui des eaux de surface. L'eau souterraine est de plus en plus importante pour la sécurité hydrique dans de nombreux pays et régions (*établi, mais incomplet*). Certains grands aquifères d'envergure sous-régionale ou régionale sont menacés par une mauvaise gestion, qui entraîne des niveaux de prélèvement d'eau non durables, la pollution des eaux souterraines et des problèmes d'intrusion saline. {9.4}

Chaque année, environ 1,4 million de personnes meurent de maladies associées à l'eau potable polluée par des agents pathogènes et à un assainissement inadéquat, et plusieurs millions d'autres développent des maladies (*bien établi*). Quelque 2,3 milliards de personnes n'ont toujours pas accès à des services d'assainissement sûrs. Selon les estimations, on pourrait réduire la charge de morbidité mondiale de près de 10 % en améliorant la qualité de l'eau potable, l'accès à celle-ci, l'assainissement, l'hygiène et la gestion intégrée des ressources en eau. {9.5}

Les maladies et les décès d'êtres humains dus à des infections résistantes aux antibiotiques et aux antimicrobiens progressent rapidement ; ces infections devraient devenir l'une des principales causes de décès dans le monde à l'horizon 2050 (*bien établi*). Les antibiotiques qui se retrouvent dans le milieu aquatique proviennent d'un large éventail de sources, notamment les déchets humains traités et non traités, l'agriculture, l'élevage et l'aquaculture. On trouve désormais des bactéries résistantes aux antibiotiques aussi bien dans les eaux de source que dans les eaux potables traitées du monde entier. {9.5}

Les nouveaux polluants qui ne sont pas facilement éliminés par les technologies actuelles de traitement des eaux usées

constituent une préoccupation émergente ; il s'agit notamment de produits pharmaceutiques vétérinaires et humains, de pesticides, de désinfectants antimicrobiens, d'ignifugeants, de métabolites des détergents et de microplastiques (*bien établi*). Les perturbateurs endocriniens sont particulièrement préoccupants, car ils sont maintenant largement répandus dans les systèmes d'eau douce de tous les continents. Leurs effets à long terme sur la santé humaine comprennent le sous-développement du fœtus, le neurodéveloppement de l'enfant et l'infertilité masculine. {9.7}

Les écosystèmes d'eau douce disparaissent rapidement, ce qui se traduit par un taux élevé de perte de la biodiversité et des services écosystémiques (*bien établi*). Les zones humides sont les zones naturelles les plus touchées par l'urbanisation croissante, l'expansion de l'agriculture et la déforestation. Environ 40 % des zones humides du monde ont été perdues entre 1997 et 2011, et ce rythme de disparition se maintient. Cette situation est liée à un déclin de 81 % des populations d'espèces dulcicoles au cours de la même période, ce qui est le taux le plus élevé pour tout type d'habitat (*probable*). Le coût économique annuel des pertes en écosystèmes de zones humides entre 1996 et 2011 a été estimé à 2,7 billions de dollars des États-Unis. {9.6}

Les tourbières (un type de zone humide) stockent plus de carbone que toutes les forêts du monde réunies (*établi, mais incomplet*). Le changement climatique entraîne le dégel du pergélisol dans les tourbières boréales, aux environs du cercle arctique, ce qui accroît les émissions de carbone. La progression du drainage des tourbières tropicales et de leur exploitation à des fins agricoles provoque des incendies de forêt et libère des quantités importantes de dioxyde de carbone et de méthane, deux gaz à effet de serre. Au total, environ 15 % des tourbières du monde entier ont été drainées en 2015, ce qui contribue actuellement à environ 5 % des émissions mondiales annuelles de carbone. {9.6}

On peut atteindre les cibles de l'objectif de développement durable (ODD) 6 (eau propre et assainissement) en amenant les secteurs public, privé et non gouvernemental, la société civile et les acteurs locaux à observer une gouvernance efficace, efficiente et transparente des ressources en eau (*bien établi*). {9.9}

Il devient de plus en plus important de promouvoir l'efficacité de l'utilisation de l'eau, du recyclage de l'eau et de la collecte des eaux de pluie pour garantir la sécurité hydrique et une répartition équitable de l'eau entre les différents utilisateurs et usages (*bien établi*). {9.9}

Le secteur agricole, le plus grand consommateur d'eau douce au monde, doit améliorer substantiellement l'efficacité et la productivité de son utilisation de l'eau (*bien établi*). Les secteurs industriel et minier ont également un fort potentiel de bonifier l'efficacité d'utilisation, le recyclage et la réutilisation de l'eau ainsi que d'en limiter la pollution. {9.9}

La capacité actuelle de contrôler les impacts à long terme de la surexploitation et de la pollution des aquifères dans de nombreux endroits est limitée (*établi, mais incomplet*). Il est essentiel de surveiller, de modéliser et de gérer les systèmes d'aquifères pour assurer une gestion rationnelle des aquifères et une gestion intégrée des ressources en eau. La salinisation des aquifères résultant de l'affaissement du delta des fleuves est un problème complexe de captage de l'eau et d'urbanisation des zones côtières (ODD 11), mais il est possible de contrôler l'intrusion saline dans les aquifères côtiers par la gestion de la recharge des aquifères (*bien établi*). {9.9}

L'utilisation efficace de l'eau exige une conception de l'infrastructure hydrique urbaine qui tienne compte de la problématique de l'eau, y compris la mise en valeur conjointe des eaux de surface et des eaux souterraines et la promotion de la gestion de la recharge des aquifères (*bien établi*). De concert avec les investissements pour le traitement et le recyclage des eaux usées, ces approches soutiennent la gestion de la quantité et

de la qualité de l'eau et favorisent la réduction des risques de sécheresse et la résilience des approvisionnements en eau des villes. Cependant, la prestation de services d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement pour tous, ainsi que le contrôle des fuites des approvisionnements en eau en vrac, demeurent des défis dans beaucoup de villes du monde. {9.9}





9.1 Introduction et questions prioritaires

L'eau douce est essentielle à la santé et au bien-être des personnes, des animaux, des plantes et des écosystèmes aquatiques et terrestres. Le cycle global de l'eau, qui constitue la principale composante des systèmes météorologiques et climatiques, s'accélère en raison du changement climatique (**figure 9.1**) (Stocker et Raible, 2005 ; Huntington, 2006 ; Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2016, p. 5-6). La proportion de l'eau douce du monde qui est facilement disponible sous forme d'eau de surface dans les rivières, les lacs et les zones humides est actuellement de 0,4 % et connaît une baisse spectaculaire. La fréquence accrue des inondations et des sécheresses (Huntington, 2006) et la fonte des glaciers (Gao *et al.*, 2011 ; Yao *et al.*, 2012 ; Rodell *et al.*, 2018) ont des répercussions directes et indirectes sur la santé des humains et des écosystèmes (par exemple, Holloway, 2003, p. 2 ; Liu *et al.*, 2005 ; Wang, Wang et Tong, 2016 ; Liu *et al.*, 2018).

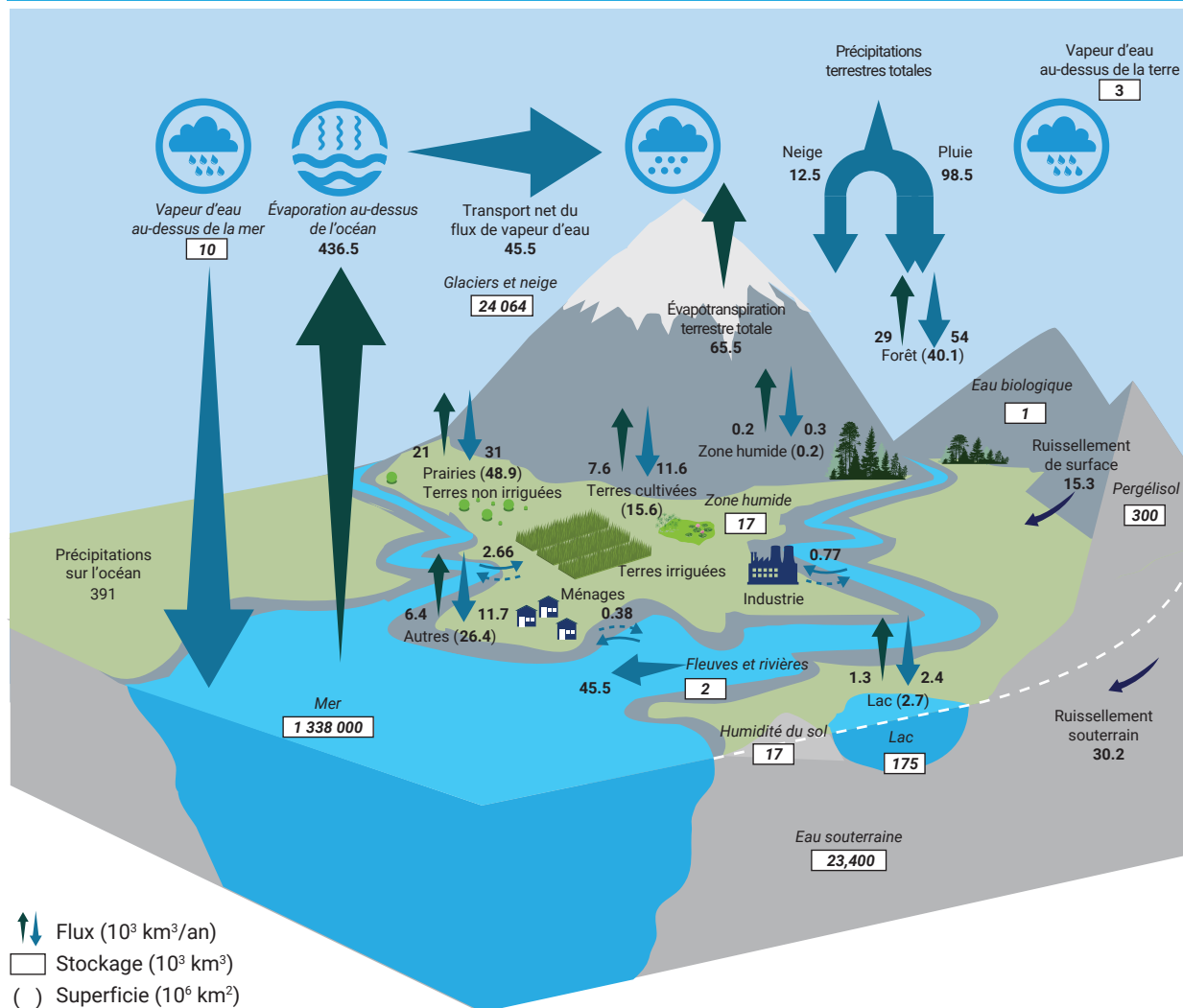
L'eau est impliquée dans la plupart des objectifs de développement durable (ODD), compte tenu de son importance cruciale pour la sécurité alimentaire (ODD 2), la bonne santé et le bien-être

(ODD 3), la sécurité énergétique (ODD 7), les villes durables (ODD 11), la consommation et la production responsables (ODD 12), les impacts du changement climatique (ODD 13), la vie aquatique (ODD14) et la biodiversité terrestre (ODD 15). La plupart des autres ODD ne sont pas réalisables sans un approvisionnement adéquat en eau douce de bonne qualité (ONU-Eau, 2016, p. 9). Le *sixième Rapport sur l'avenir* (GEO-6) met en exergue les liens entre l'eau (ODD 6) et la santé (ODD 3). La dégradation de la qualité de l'eau a des répercussions sur la santé des humains et des écosystèmes (Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE], 2017). Près de 1,7 million de personnes meurent chaque année de maladies diarrhéiques évitables (Lozano *et al.*, 2013 ; Sevilmedu *et al.*, 2016, p. 637).

9.2 Pressions sur l'eau douce

Les pressions multiples sur l'eau résultant des forces motrices mondiales du changement environnemental (voir le chapitre 2) sont évidentes dans la détérioration rapide de la quantité et de la qualité de l'eau douce dans différentes régions. Dans certaines régions, cette situation est exacerbée par les pressions qu'exercent les conflits en cours, les migrations humaines et les effets cumulés

Figure 9.1 : Flux et stockages hydrologiques mondiaux (en millions de kilomètres cubes par an), illustrant les cycles naturels et anthropiques



Source : Oki et Kanai (2006).

de la fréquence et de la gravité croissantes des sécheresses, des inondations et des ondes de tempête (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2014). Les impacts des catastrophes naturelles et d'origine humaine sont aggravés par l'exploitation non durable de l'eau douce et des écosystèmes connexes, qui réduit la résilience des écosystèmes (Sheffer *et al.*, 2001 ; Holling et Gunderson, 2002). Des données satellitaires récentes montrent que les masses d'eau douce sont en voie de disparition rapide dans de nombreuses zones d'agriculture irriguée, en raison de cette combinaison du changement climatique et du prélèvement excessif (Rodell *et al.*, 2018).

9.2.1 Le changement climatique

Le cycle global de l'eau est intimement lié à l'évolution de notre climat. À mesure que la planète se réchauffe, le cycle de l'eau s'accélère et les multiples changements dans la configuration des précipitations exercent une pression sur les écosystèmes d'eau douce (Oki et Kanae, 2006). Le rapport entre la quantité d'eau salée et d'eau douce augmente actuellement sous l'effet du réchauffement climatique, des changements d'affectation des terres, de la fonte des glaces et des réserves de neige, du pompage

des eaux souterraines, de l'assèchement des continents et de l'élévation du niveau des mers (Bates *et al.*, 2008).

Plusieurs régions reçoivent maintenant moins de précipitations que par le passé, tandis que d'autres en reçoivent davantage, la plupart des régions connaissant des régimes de température et de précipitations de plus en plus imprévisibles et variables. Les régions polaires et de haute montagne se réchauffent beaucoup plus rapidement que les autres parties du monde, ce qui a des conséquences imprévisibles (voir la section 4.3.2). À l'échelle mondiale, on a enregistré une augmentation de 12 % de la fréquence des records de précipitations entre 1981 et 2010 (Lehmann, Coumou et Frieler, 2015). En revanche, il existe des preuves de l'aggravation de la sécheresse en Europe (Vicente-Serrano *et al.*, 2014), les données historiques indiquant une aridité accrue dans plusieurs régions depuis les années 1950 (Dai, 2011).

Le changement climatique mondial interagit avec les effets météorologiques et climatiques à l'échelle locale, ainsi qu'avec les utilisations et les dérivations non durables de l'eau, ce qui entraîne des impacts dramatiques tels que le rétrécissement des masses d'eau douce (par exemple le lac Tchad, voir l'**encadré 9.1** ; la mer

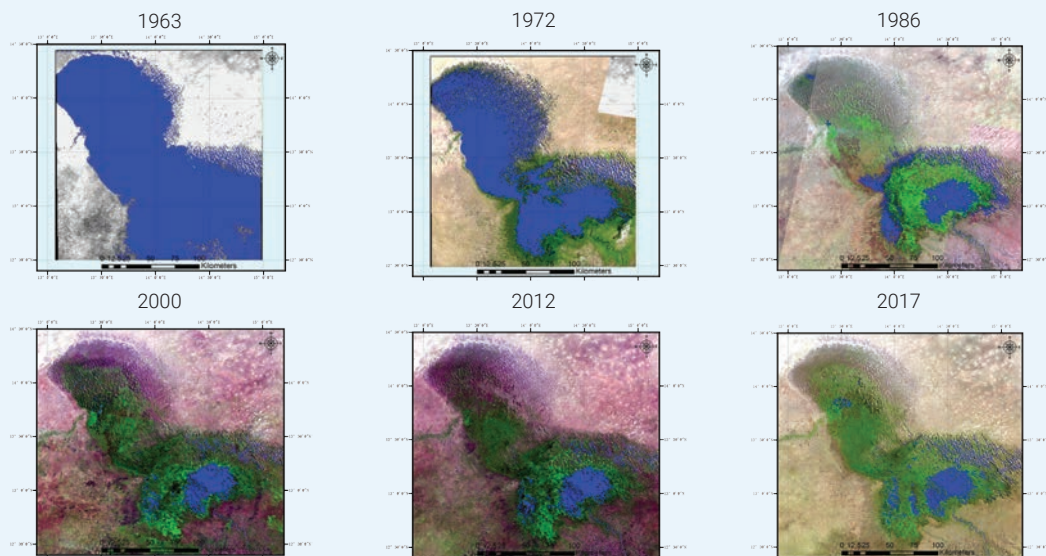


Encadré 9.1 : Impacts du changement climatique sur les lacs et zones humides en voie de disparition

Les lacs et les zones humides jouent un rôle important dans la régulation des cycles de l'eau, par exemple en tempérant le climat local (Kodama, Eaton et Wendler, 1983 ; Laird *et al.*, 2001 ; Saaroni et Ziv, 2003 ; McInnes, 2016 ; Dai *et al.*, 2018). Ils se réchauffent pendant la journée et, la nuit, ils perdent leur chaleur plus lentement que la surface terrestre, ce qui atténue les extrêmes de température dans leur bassin. Leur évaporation fournit de la vapeur d'eau et des précipitations en hiver, et rafraîchit et stabilise le climat local en été. Il a été démontré que les zones humides urbaines ont un effet de refroidissement local d'au moins 1 à 3 °C (Leal Filho *et al.*, 2017).

Les changements climatiques altèrent les cycles de l'eau dans les lacs, les zones humides et les autres systèmes d'eau stagnante (lentique), réduisant ainsi la quantité d'eau douce et la superficie des plans d'eau. Sous un climat plus chaud, l'évaporation augmente au-dessus de la masse d'eau et des terres adjacentes, mais une atmosphère plus chaude met également plus de temps à se saturer d'eau pour produire ensuite des précipitations. Ainsi, l'humidité évaporée d'un plan d'eau peut s'élever avant de pouvoir retomber sous forme de pluie dans son propre bassin. Alors, le bassin s'assèche et le ruissellement diminue dans le plan d'eau et dans les rivières et zones humides voisines, ce qui accroît le besoin en eau d'irrigation à des fins agricoles. Collectivement, ces facteurs accélèrent le rétrécissement d'un plan d'eau, comme l'illustre le cas du lac Tchad (ci-dessous), qui a perdu 90% de sa superficie, entraînant une énorme perte de biodiversité – en particulier le poisson – et de moyens de subsistance pour les millions de personnes qui dépendent de ce lac. Selon les estimations, l'utilisation humaine de l'eau et le changement climatique sont responsables à parts égales du rétrécissement du lac Tchad (Coe et Foley, 2001 ; Gao *et al.*, 2011). L'altération du microclimat qui en résulte établit un cycle qui contribue à l'assèchement et à la désertification du continent et intensifie les impacts du changement climatique mondial.

Figure 9.2 : Rétrécissement du lac Tchad



Sources: Hansen *et al.* (2013); Guzinski *et al.* (2014).



d'Aral ; les zones humides en voie de disparition en Iran [par exemple, le lac Urmia] et les marais de Mésopotamie, en Irak ; et même la mer Caspienne [Rodell *et al.*, 2018]).

La surabondance des précipitations cause de la pollution, une érosion des sols, des avalanches et des coulées de boue qui, avec les inondations, les tornades et les cyclones, causent d'importants dommages matériels aux infrastructures et beaucoup de pertes en vies humaines et de traumatismes. L'insuffisance des précipitations provoque des sécheresses, des incendies de forêt extrêmes, des tempêtes de sable, la dégradation des sols et une concurrence accrue pour les sources d'eau, ce qui accélère souvent le rétrécissement et la perte de ces biens. Collectivement, ces réalités et ces risques ont de graves implications sociopolitiques, économiques, environnementales et écologiques, de sorte qu'il est impératif d'améliorer la gestion et la gouvernance des ressources en eau douce.

9.3 L'utilisation de l'eau et des terres

La croissance des villes et l'intensification de l'agriculture épuisent de plus en plus les eaux de surface et les aquifères. Les zones humides sont drainées et de nombreux cours d'eau, lacs et étangs disparaissent dans les régions où l'eau est rare. Les changements d'affectation des terres entraînent un durcissement de la surface des zones naturelles, réduisant l'infiltration et la recharge des aquifères, tout en augmentant le ruissellement et la pollution de l'eau. La dégradation des terres et la déforestation entraînent également une augmentation du ruissellement, qui transporte les sédiments érodés dans les cours d'eau et jusqu'aux océans (voir la section 8.4.2). Dans les régions qui connaissent une déforestation à grande échelle, la probabilité d'événements de précipitation diminue tandis que l'érosion du sol s'accroît (Birkinshaw *et al.*, 2011 ; Ellison, Futter et Bishop, 2012).

L'agriculture est responsable en moyenne de 70 % des prélèvements d'eau dans le monde (ONU-Eau, 2017). Les procédés industriels et la production d'énergie font de plus en plus concurrence à l'agriculture et aux villes pour l'eau disponible. Cependant, une grande partie de la demande d'énergie et d'eau est destinée à des utilisations non consommatrices (par exemple la réfrigération) (PNUE, 2012a).

Les interrelations entre l'eau, la sécurité énergétique et la sécurité alimentaire mettent en évidence des tensions et des compromis entre elles, qu'il faut examiner et étudier avec soin (Rosengrant *et al.*, 2009). Ce lien revêt une importance particulière lorsque l'on considère des facteurs tels que l'urbanisation, la population, la croissance économique, la technologie et l'innovation (Bleischwitz *et al.*, 2018).

9.4 État et tendances de l'eau douce à l'échelle mondiale

9.4.1 La quantité d'eau

Les variations géographiques, combinées au changement climatique, entraînent une répartition inégale des précipitations et des sources d'eau douce ; les déserts et les forêts tropicales humides font ressortir ces extrêmes en matière de disponibilité en eau (figures 9.1 et 9.4). Les eaux souterraines constituent la principale source d'eau potable pour la majorité des habitants de la planète, en particulier dans les régions arides et en période de sécheresse. On estime que les ressources renouvelables en eaux souterraines disponibles en Afrique sont plus de 100 fois supérieures aux ressources renouvelables annuelles totales en eaux de surface (MacDonald *et al.*, 2012, p. 5). Cependant, les coûts d'exploration et de prélèvement limitent l'utilisation de l'eau des aquifères plus profonds. Le prélèvement d'eaux souterraines fossiles très anciennes n'est pas viable, car cette eau n'est pas une ressource renouvelable.

9.4.2 Les prélèvements d'eau

Les demandes en eau des humains et de l'environnement varient dans l'espace et culturellement entre les zones rurales et les zones urbaines. Bien qu'en moyenne, 70 % des prélèvements d'eau dans le monde soient destinés au secteur agricole, cette proportion varie considérablement d'une région et d'un pays à l'autre (Hoekstra et Mekonnen, 2012, p. 3232 ; Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2016 ; ONU-Eau, 2017). L'Asie du Sud-Est utilise plus de 80 % de son eau douce disponible à des fins agricoles (FAO, 2016).

C'est en Amérique du Nord que la consommation d'eau douce par habitant est la plus forte (Hoekstra et Mekonnen, 2012, p. 3232 ; PNUE, 2016a, p. 71), bien qu'une efficacité accrue de l'utilisation de l'eau contribue à réduire la demande, malgré la croissance démographique et économique (PNUE 2016a, p. 71). La répartition sectorielle des prélèvements d'eau aux États-Unis (figure 9.3) illustre la forte consommation d'eau destinée au refroidissement dans la production d'électricité.

L'importance des eaux souterraines augmente sans cesse à l'échelle mondiale ; les prélèvements sont estimés à environ 982 km³ (Margat et van der Gun, 2013), ce qui équivaut à environ 33 % des prélèvements totaux d'eau (Seibert *et al.*, 2010, p. 1863 ; Famiglietti, 2014, p. 945). Comme la technologie conventionnelle de prélèvement d'eau souterraine est facilement accessible aux propriétaires fonciers, l'extraction est très décentralisée. On peut accéder à des eaux souterraines dans les bassins artésiens confinés (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [BGR] et Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture [UNESCO]), 2008) à des profondeurs allant jusqu'à 2 km, et ces eaux constituent souvent une ressource en eau stratégique, en particulier en temps de sécheresse – par exemple, le Grand bassin artésien, en Australie (Great Artesian Basin Coordinating Committee, 2016), ou le Table Mountain Group, en Afrique du Sud (Hay et Hartnady, 2001 ; Weaver *et al.*, 2002 ; Blake *et al.*, 2010).

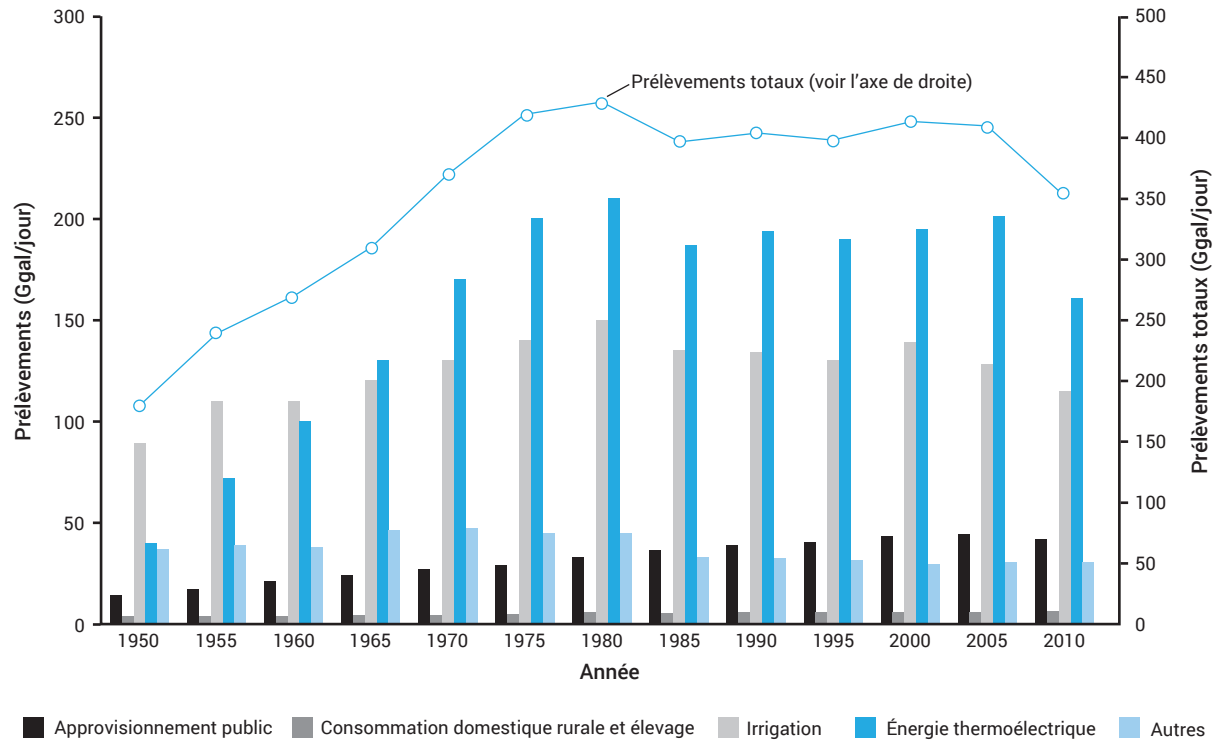
Les industries qui prélèvent le plus d'eau dans les aquifères sont l'agriculture industrielle, l'exploitation minière, l'énergie et les thermopompes géothermiques, l'élimination et le stockage de déchets dangereux (par exemple, les décharges, les déchets



© Shutterstock/Eric Buertmeyer



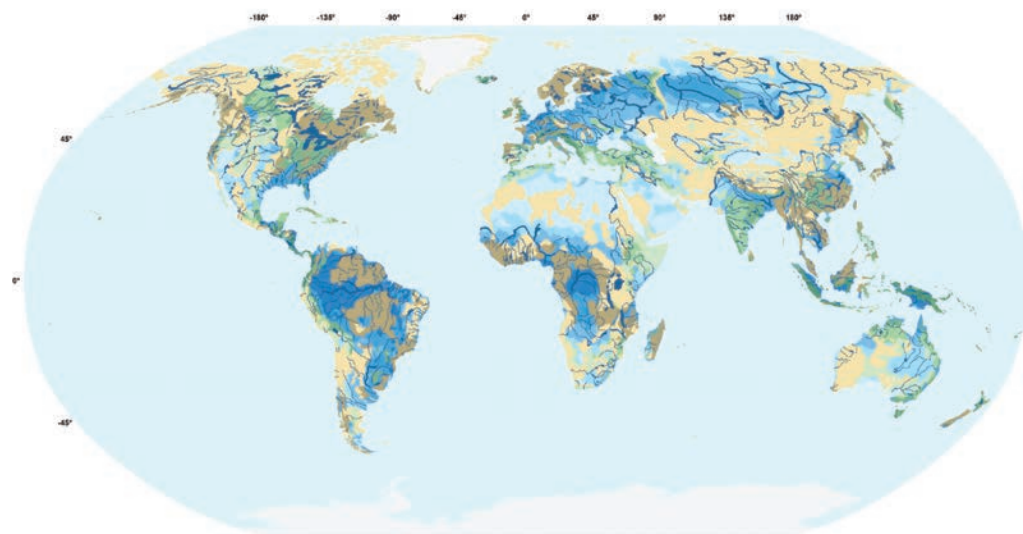
Figure 9.3 : Prélèvements d'eau aux États-Unis, toutes sources confondues, 1950-2010



Note : 1 milliard de gallons (Ggal) = 3,8 millions de mètres cubes (Mm³).

Source : Maupin et al. (2014, p. 46).

Figure 9.4 : Carte hydrogéologique mondiale des types d'aquifères et de ressources en eaux souterraines



Principaux bassins d'eaux souterraines

- Très élevé
- Élevé
- Moyen
- Bas
- Très bas

Structures hydrogéologiques complexes

- Très élevé
- Élevé
- Moyen
- Bas ou très bas

Aquifères locaux et peu profonds

- Très élevé ou élevé
- De moyen à très bas

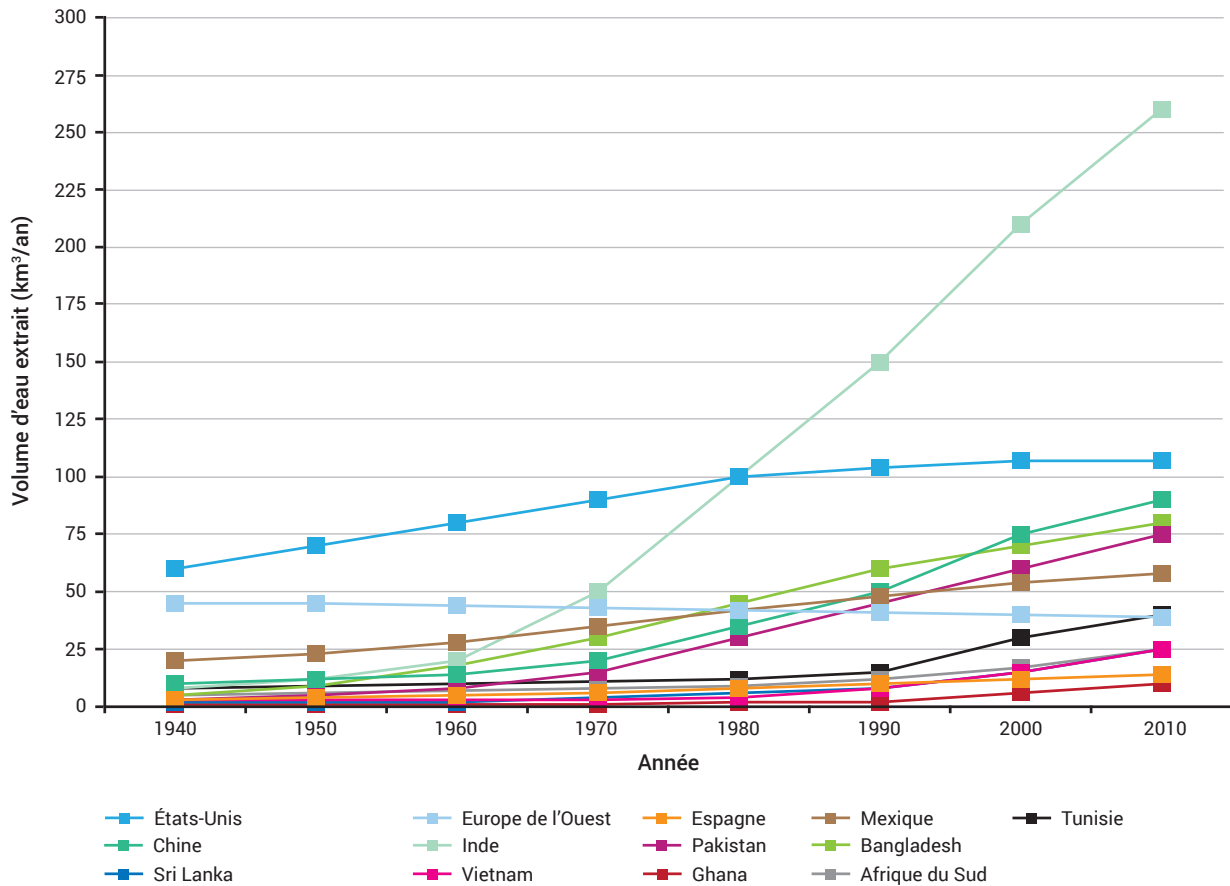
Eaux de surface et géographie

- Grand lac d'eau douce
- Grand lac d'eau salée
- Nappe glaciaire continue
- Grand fleuve

Source : BGR et UNESCO (2008).



Figure 9.5 : Tendances mondiales de l'augmentation de la consommation d'eaux souterraines



Source : Shah (2014, p. 12).

nucléaires), l'injection de fluides (par exemple, l'extraction pétrolière et gazière par fracturation hydraulique et la réinjection de ses eaux usées) et les activités de construction souterraine. Ces pressions conduisent inexorablement à exacerber la concurrence et les interactions entre les différentes industries, ce qui a des conséquences parfois imprévues.

La consommation d'eau souterraine s'est stabilisée dans certaines régions, mais elle connaît une hausse ailleurs (figure 9.5), notamment dans la région Asie-Pacifique et en Asie occidentale (par exemple, elle représente les deux tiers de la consommation d'eau douce en Asie occidentale). Environ 75 % des habitants de l'Union européenne (UE) dépendent des eaux souterraines pour leur consommation (Commission européenne, 2008, p. 7), et l'utilisation des eaux souterraines, par rapport aux eaux de surface, a augmenté considérablement, atteignant 1,3 billion de mètres cubes par an en Amérique du Nord (Famiglietti et Rodell, 2013, p. 1301). Les eaux souterraines représentent 30 % des prélèvements d'eau en Amérique latine (Campuzano *et al.*, 2014, p. 38), et on estime que 75 % de la population africaine en dépend (Altchenko et Villholth, 2013, p. 1498). Il faut toutefois noter que les estimations des prélèvements et de l'utilisation des eaux souterraines varient considérablement, ce qui constitue une lacune critique en matière de données.

L'utilisation accrue des eaux souterraines à des fins agricoles a entraîné une hausse du taux d'épuisement des principaux aquifères dans les zones arides et semi-arides (PNUE, 2012b). Les taux de pompage qui, pendant des décennies, ont dépassé la recharge naturelle à long terme, se traduisent par une « exploitation » non durable de certains grands aquifères (Famiglietti, 2014, p. 946).

Cinq des sept plus grands aquifères du monde se trouvent dans la région Asie-Pacifique et sont soumis à des contraintes excessives (PNUE, 2016b, p. 84).

Le prélèvement excessif d'eau souterraine a provoqué des affaissements de sol dans certaines villes côtières (telles Bangkok, Hô Chi Minh-Ville, Jakarta et Manille) (PNUE, 2016b, p. 87). La surexploitation d'un aquifère peut également avoir un impact sur les écosystèmes des zones humides. Il y a lieu de s'inquiéter des impacts sur les eaux souterraines de l'extraction pétrolière et gazière par fracturation hydraulique (voir l'encadré 9.2). Les eaux souterraines de plusieurs îles sont sous-explorées en raison de la disponibilité des eaux de surface, alors que d'autres îles en sont entièrement tributaires. Les impacts du changement climatique peuvent exacerber la dépendance aux eaux souterraines et poser une menace pour celles-ci en raison de l'élévation du niveau de la mer. D'autres études sont nécessaires, car les pénuries d'eau douce sont de plus en plus fréquentes (Famiglietti, 2014, p. 946).

9.4.3 Le retrait glaciaire

Partout dans le monde, le changement climatique affecte la disponibilité de l'eau à l'échelle régionale, en particulier dans les régions qui dépendent de l'eau de fonte des glaciers. Les fleuves qui prennent naissance dans l'Hindou Kouch sont parmi les systèmes qui dépendent le plus des eaux de fonte, et elles sont à l'origine de dix grands systèmes fluviaux asiatiques (l'Amou-Daria, le Brahmapoutre, le Gange, l'Indus, l'Irrawaddy, le fleuve Jaune, le Mékong, le Salouen, le Tarim et le Yangtsé), qui fournissent de l'eau à 20 % de la population mondiale (PNUE, 2016b, p. 81) (figure 9.7).



Encadré 9.2 : Impacts de l'exploitation minière sur la qualité de l'eau

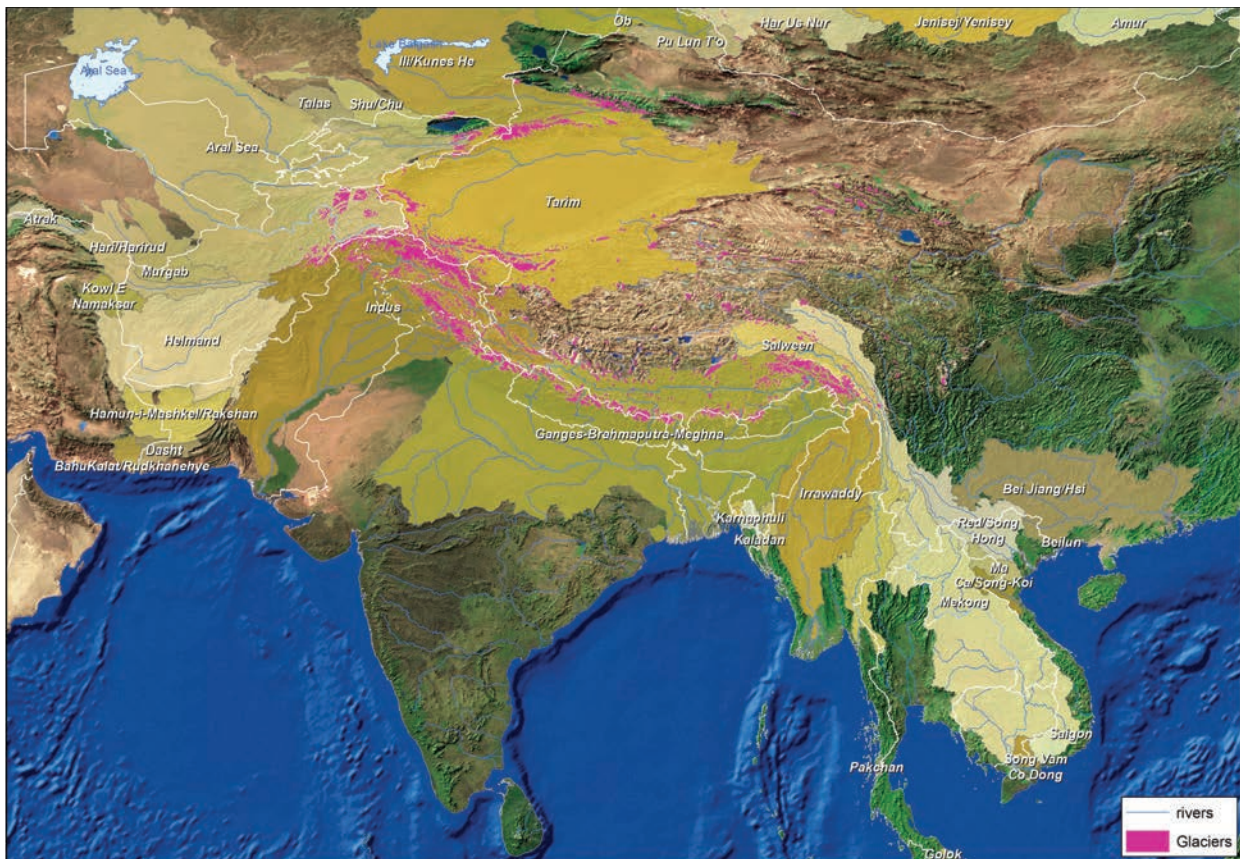


L'exploitation minière moderne génère de grands volumes de résidus (la roche finement broyée d'où le minerai a été extrait) et de stériles (de la roche non minéralisée, des minerais pauvres), contenant souvent des minéraux à base de sulfure de fer (telle la pyrite). Exposées à l'environnement de surface, ces matières peuvent réagir à l'eau et à l'oxygène pour former de l'acide sulfurique, produisant un drainage minier acide (DMA). Le DMA dégrade la qualité de l'eau et a un impact sur la biodiversité aquatique. Les bris de digues de résidus survenus récemment (par exemple, à Mount Polley, au Canada, et à Samarco, au Brésil) démontrent que les déchets miniers qui s'échappent dans l'environnement peuvent aussi avoir de graves répercussions sur les écosystèmes et la biodiversité aquatiques: les particules de résidus étouffent le lit des rivières, réduisent la pénétration de la lumière et les niveaux d'oxygène et affectent la géomorphologie des rivières (Mudd *et al.*, 2013).

Figure 9.6 : Exemples de cours d'eau de surface affectés par le drainage minier acide (DMA) ou les rejets de résidus; à gauche : cours d'eau urbain gravement touché par le DMA dans le bassin de Witwatersrand, Johannesburg, Afrique du Sud; à droite : sédiments de résidus du barrage de Samarco



Figure 9.7 : Les systèmes fluviaux prenant leur source dans l'Hindou Kouch sont particulièrement dépendants des eaux de fonte



Sources : PNUE et Fonds pour l'environnement mondial [FEM], 2018; Global Land Ice Measurements from Space, 2018.



Figure 9.8 : Retrait de la calotte glaciaire de Quelccaya, au Pérou, de 1988 (à gauche) à 2010 (à droite)



Source : Schoolmeester *et al.* (2018).

Les glaciers tropicaux des Andes représentent plus de 80 % de l'eau douce disponible pour les populations et les écosystèmes en aval dans les régions tropicales semi-arides d'Amérique latine (PNUE, 2013, p. 1). Ces glaciers fondent à un rythme accéléré, attribué au changement climatique (Chevallier *et al.*, 2011 ; Rabatel *et al.*, 2013), ce qui soulève des inquiétudes quant à la durabilité des approvisionnements en eau (figure 9.8). Le recul glaciaire dans les Alpes européennes s'est accéléré au cours des deux dernières décennies (Huss, 2012, p. 1132), tandis que les glaciers d'Asie centrale ont perdu 27 % de leur masse et 18 % de leur superficie (Farinotti *et al.*, 2015, p. 720 ; Yao *et al.*, 2012).

9.4.4 Les pénuries d'eau

Par définition, la pénurie d'eau correspond à un approvisionnement renouvelable en eau douce inférieur à 1 000 m³ par personne et par an (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau [WWAP], 2012, p. 124). La figure 9.9 illustre la distinction entre les zones de pénurie économique (où les infrastructures de stockage, de traitement et d'adduction sont absentes) et les zones de pénurie absolue ou physique (WWAP, 2012).

Les approvisionnements durables en eau douce provenant de sources superficielles et souterraines sont essentiels pour répondre aux besoins des humains et des écosystèmes et pour réaliser les ODD. Les prélèvements excessifs sont souvent la cause de pénuries d'eau. Le manque d'infrastructures, combiné à une croissance démographique rapide, peut entraîner une pénurie d'eau économique, bien qu'il n'y ait pas toujours de consensus à savoir si la pénurie a une cause physique, économique ou même politique. Le volume d'eau nécessaire et d'une qualité adéquate n'est pas toujours disponible au bon moment ou au bon endroit pour un usage spécifique.

Les pénuries d'eau sont monnaie courante en Asie occidentale et dans la région du Pacifique, ainsi que dans les régions arides d'Afrique, d'Amérique latine, de l'ouest des États-Unis et du Moyen-Orient. Les principaux facteurs de stress sur les ressources en eau sont la densité de population, l'expansion et l'intensification de l'agriculture, la variabilité des précipitations, le développement rapide, l'urbanisation croissante, l'industrialisation et le changement climatique. L'assèchement de la mer d'Aral, en Asie centrale, reste l'une des catastrophes environnementales liées à l'eau les plus dramatiques du XX^e siècle. La plupart des projections des modèles climatiques mondiaux pointent vers une baisse de 20 % des précipitations d'ici 50 ans en Asie occidentale, l'augmentation des températures, de l'évaporation et de l'humidité relative ayant toutes une incidence sur la disponibilité de l'eau (PNUE, 2016c, p. 12).

La désertification, qui est un problème urgent dans la région subsaharienne de l'Afrique, résulte du changement climatique et des migrations internes (PNUE, 2016d). Malgré la prévalence des pénuries d'eau physiques et économiques en Afrique, ses ressources en eaux de surface et souterraines sont considérées comme sous-exploitées au regard des besoins de subsistance et de développement humain (PNUE, 2016d). Dans ce contexte, de nombreux projets d'infrastructures de petite ou moyenne envergure sont bien adaptés à la demande locale en eau.

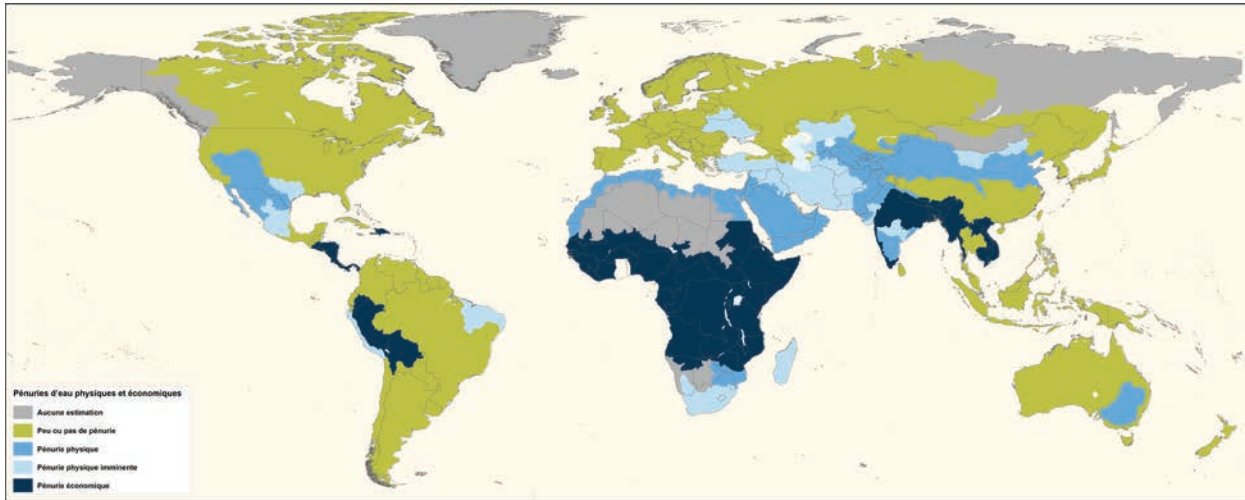
Dans certaines régions du monde développé (telles l'Europe, l'Amérique du Nord et l'Australie), la pénurie d'eau est un problème auquel on s'attaque habituellement par la mise en œuvre de grands projets d'infrastructure hydraulique, tels que des barrages, des canalisations sur de longues distances et des usines de désalinisation. Compte tenu des tendances démographiques à la hausse attendues, des régions comme le Moyen-Orient, l'Afrique et l'Asie doivent s'attaquer au manque d'eau par des moyens novateurs et à une échelle appropriée, notamment la gouvernance de l'eau, la collecte des eaux de pluie et le recyclage des eaux usées, en faisant un bond en avant par rapport aux solutions conventionnelles du passé.

9.5 La qualité de l'eau

Bien que les processus naturels génèrent également des polluants de l'eau, les activités humaines liées à la croissance démographique, à l'urbanisation, à l'expansion agricole, aux transports et aux rejets de déchets humains et industriels sont généralement les principales sources de pollution de l'eau (PNUE, 2016e). Ces polluants comprennent des agents pathogènes, des éléments nutritifs, des métaux lourds et des substances chimiques organiques (annexe 9-1) provenant de sources ponctuelles (les rejets domestiques, industriels ou de canalisations d'égout ; les fuites de fosses septiques) ou de sources diffuses du bassin versant (le ruissellement de surface résultant soit d'une utilisation agricole extensive et diffuse, soit des précipitations et de la fonte des neiges dans les zones urbaines).

La qualité de l'eau de nombreux cours d'eau d'Amérique latine, d'Afrique, d'Asie et du Pacifique s'est dégradée de façon générale depuis les années 1990, bien que la majorité d'entre elles demeurent en assez bon état (PNUE, 2016e). La qualité de l'eau de nombreux cours d'eau européens s'est améliorée depuis l'adoption de la directive-cadre sur l'eau de l'UE en 2000. Environ la moitié des eaux des États-Unis ne répondent pas aux normes de protection de la vie aquatique, et plus de 40 % ne répondent pas non plus

Figure 9.9 : Pénuries d'eau physiques et économiques dans le monde



Source : WWAP (2012, p. 125).

aux normes d'utilisation à des fins récréatives (PNUE, 2016a). La qualité de l'eau de nombreux lacs et réservoirs est particulièrement menacée dans le monde entier en raison de leur long temps de séjour et de leur tendance à accumuler les polluants (International Lake Environment Committee Foundation [ILEC] et PNUE, 2016).

Les sources de pollution des eaux souterraines comprennent le ruissellement agricole et urbain diffus, le traitement des eaux usées sur place, les activités d'extraction et de fracturation du pétrole et du gaz, l'exploitation minière et les sources industrielles (Foster et al., 2016). Une contamination naturelle se produit dans certains cas (par exemple, la salinité par le chlorure de sodium, l'arsenic, les fluorures, la radioactivité dans les aquifères d'eau fossile souterraine). Les impacts des eaux souterraines non traitées sur la

santé humaine sont particulièrement préoccupants (Morris et al., 2003 ; PNUE, 2016e).

9.5.1 Les agents pathogènes

Les maladies d'origine hydrique restent des défis majeurs dans beaucoup de villes et de communautés rurales d'Afrique, d'Asie, du Pacifique et d'Amérique latine (annexe 9-1). Bien que la collecte et le traitement des excréments humains aient largement réduit le problème dans les pays développés, les rejets d'eaux usées génèrent encore de fortes charges d'agents pathogènes. Par ailleurs, les parasites peuvent survivre des années aux conditions des plans d'eau, tandis que les virus peuvent survivre au traitement de l'eau potable.



© Shutterstock/clicksabri



Les agents pathogènes demeurent une cause majeure de décès et de maladie chez les humains, en particulier dans les pays en développement (http://www.who.int/water_sanitation_health/takingcharge.html). Par exemple, une mortalité infantile élevée est associée aux maladies diarrhéiques causées par l'eau contaminée en Afrique, en Asie, dans le Pacifique et en Amérique latine (annexe 9-1). Les principales sources de pathogènes sont les déchets humains et animaux d'élevage insuffisamment traités, ainsi que les débordements et les fuites d'égout (**figure 9.10**).

L'irrigation avec des eaux usées insuffisamment traitées ou diluées se pratique dans de nombreux pays en développement, ce qui augmente la productivité agricole de nombreux communautés pauvres, mais souvent au prix de risques pour la santé humaine et l'environnement. Des études comparatives mettent en évidence la dégradation de l'environnement et la prévalence accrue des maladies d'origine hydrique dans les zones irriguées avec des eaux usées (où le taux de prévalence de la gastro-entérite chez les enfants de 8 à 12 ans est de 75 %, contre 13 % dans les zones irriguées à l'eau douce) (Grangier, Qadir et Singh, 2012).

La résistance aux antibiotiques et aux antimicrobiens est une préoccupation sanitaire majeure à l'échelle mondiale ; la propagation des bactéries résistantes et des gènes de résistance dans l'environnement est une cible essentielle des efforts de lutte intégrée (Berendonk *et al.*, 2015). Les excréments humains et animaux demeurent la principale source de cette propagation, et l'aquaculture renforce de plus en plus les niveaux de résistance dans le milieu aquatique (Kümmerer, 2009). L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) prédit que la résistance aux antimicrobiens deviendra une cause majeure de décès dans le monde à l'horizon 2050 (annexe 9-1). Les stations d'épuration des eaux usées ont des niveaux de capacité variés quant à l'élimination des bactéries résistantes aux antibiotiques, mais une capacité limitée à éliminer les antibiotiques eux-mêmes (Pruden *et al.*, 2013 ; Berendonk *et al.*, 2015).

9.5.2 Les nutriments

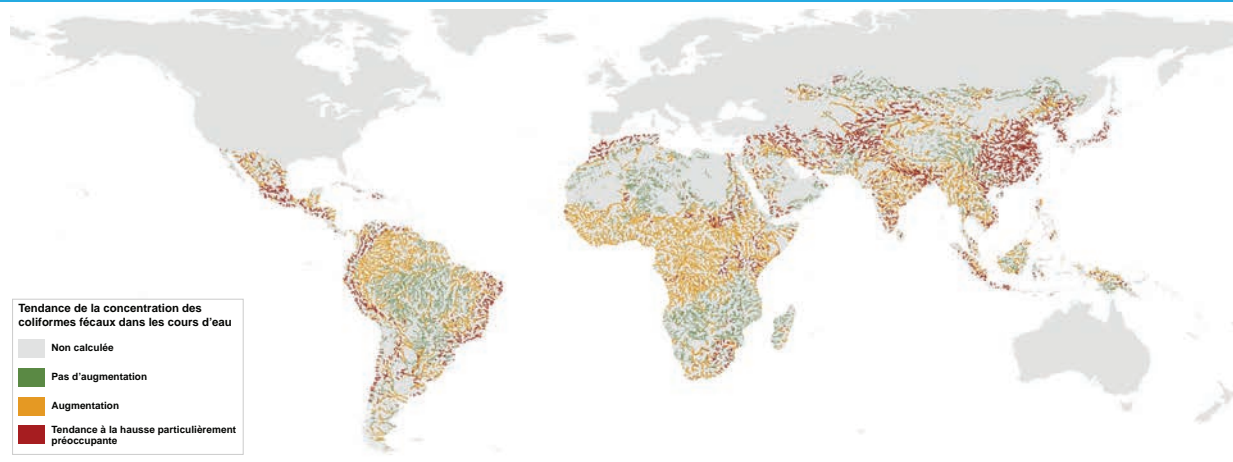
L'eutrophisation est le processus naturel de vieillissement des lacs et des zones humides, au cours duquel ils s'enrichissent en nutriments et en sédiments et deviennent plus productifs sur le plan biologique, généralement sur une longue période (annexe 9-1). Les activités humaines peuvent accroître considérablement les charges en nutriments, ce qui accélère ce processus, entraînant des

effets néfastes sur l'ensemble de l'écosystème. Les proliférations d'algues et les poussées de plantes aquatiques qui en résultent perturbent de nombreuses utilisations humaines de l'eau et peuvent avoir une incidence considérable sur l'équilibre et la diversité des espèces végétales, animales et algales en milieu aquatique (OCDE, 1982 ; Research Center for Sustainability and Environment, Shiga University et ILEC, 2014). Les principales sources de nutriments sont les rejets d'eaux usées domestiques insuffisamment traitées, le ruissellement urbain et agricole, l'aquaculture et la mariculture. Les proliférations d'algues peuvent rendre les lacs, les réservoirs et les cours d'eau à faible débit turbides et verts, ce qui réduit la teneur en oxygène de l'eau lorsque les algues meurent et se décomposent. Certaines espèces d'algues bleu-vert sont toxiques pour les poissons et le bétail (O'Neil *et al.*, 2012) et ont des effets sur la santé humaine. Une relation claire entre le changement climatique et l'eutrophisation des lacs a également été constatée (Jeppesen *et al.*, 2010).

Plus de la moitié des charges totales de phosphore dans les cinq régions du PNUE proviennent du ruissellement d'engrais agricoles inorganiques (**figure 9.11**). Les déchets d'élevage utilisés comme engrais peuvent également poser un problème, car leur ratio azote-phosphore dépasse les besoins des cultures, ce qui risque de saturer les sols de phosphore, lequel peut alors atteindre les plans d'eau par le ruissellement de sources diffuses. Les apports en nutriments des cours d'eau dans les zones côtières ont presque doublé de 1970 à 2000 (annexe 9-1). Le golfe du Mexique présente une « zone morte » de près de 13 800 km² attribuée à l'azote provenant des champs de céréales du Midwest des États-Unis et charrié par le fleuve Mississippi, occasionnant au final une décomposition de la prolifération d'algues qui consomme l'oxygène de l'eau et étouffe ainsi la vie marine. On dénombre quatre fois plus de zones mortes (400) dans les océans qu'on n'en dénombrait en 1950, y compris dans la Méditerranée (Pearce, 2018).

Les eaux souterraines de certaines grandes zones urbaines de l'Asie et du Pacifique connaissent des problèmes de teneur en nitrates résultant de fuites d'égouts et de fosses septiques (Umezawa *et al.*, 2009), et les zones rurales de nombreux pays sont touchées par l'application excessive d'engrais chimiques (Novotny *et al.*, 2010). Les effets des nitrates dans les eaux souterraines constituent depuis longtemps une préoccupation de santé publique, notamment en tant que facteur causal de la méthémoglobinémie (le « syndrome du bébé bleu ») chez les nourrissons.

Figure 9.10 : Estimations modélisées des tendances des niveaux de bactéries coliformes fécales dans les cours d'eau, 1990-1992 et 2008-2010



Les portions de cours d'eau orangées ou rouges indiquent une augmentation de la concentration entre les deux périodes; les portions rouges dénotent une tendance à la hausse particulièrement préoccupante.

Source : PNUE (2016e).



Bien que la qualité de plus de la moitié des eaux de surface de l'UE se soit améliorée de 1992 à 2010 (les teneurs moyennes en phosphate et en nitrate des rivières diminuant respectivement de 57 % et 20 %), beaucoup ne répondent toujours pas aux objectifs environnementaux de la Directive-cadre sur l'eau (Commission européenne, 2000).

9.5.3 Les sédiments

Les sédiments résultent de l'érosion des surfaces de sol exposées ; beaucoup de sols érodés se déposent dans des bassins du monde entier, notamment en Afrique, en Asie et en Amérique latine. La déforestation, les mauvaises pratiques agricoles et d'élevage, la récolte intensive de bois de chauffage, l'exploitation minière, l'urbanisation et les implantations anarchiques sont des causes majeures de la vulnérabilité des sols à l'érosion, et le ruissellement généré par les tempêtes charrie le sol dans les plans d'eau en aval (annexe 9-1). Les polluants associés aux sédiments peuvent avoir des effets sur la santé humaine et perturber les utilisations de l'eau ainsi que le métabolisme et l'habitat des organismes aquatiques (PNUE, 2017). Les canaux artificiels des barrages et l'aménagement urbain peuvent modifier les voies d'écoulement des sédiments, entraîner une érosion et réduire la quantité de sédiments disponibles pour l'aménagement des berges, des deltas des rivières et des plages le long des littoraux, ce qui entraîne des changements dans les écosystèmes aquatiques (Blum et Roberts, 2009 ; Syvitski *et al.*, 2009 ; Yang *et al.*, 2011 ; Cloern et Jassby, 2012 ; Adams *et al.*, 2016 ; Yihdego, Khalil et Salem, 2017).

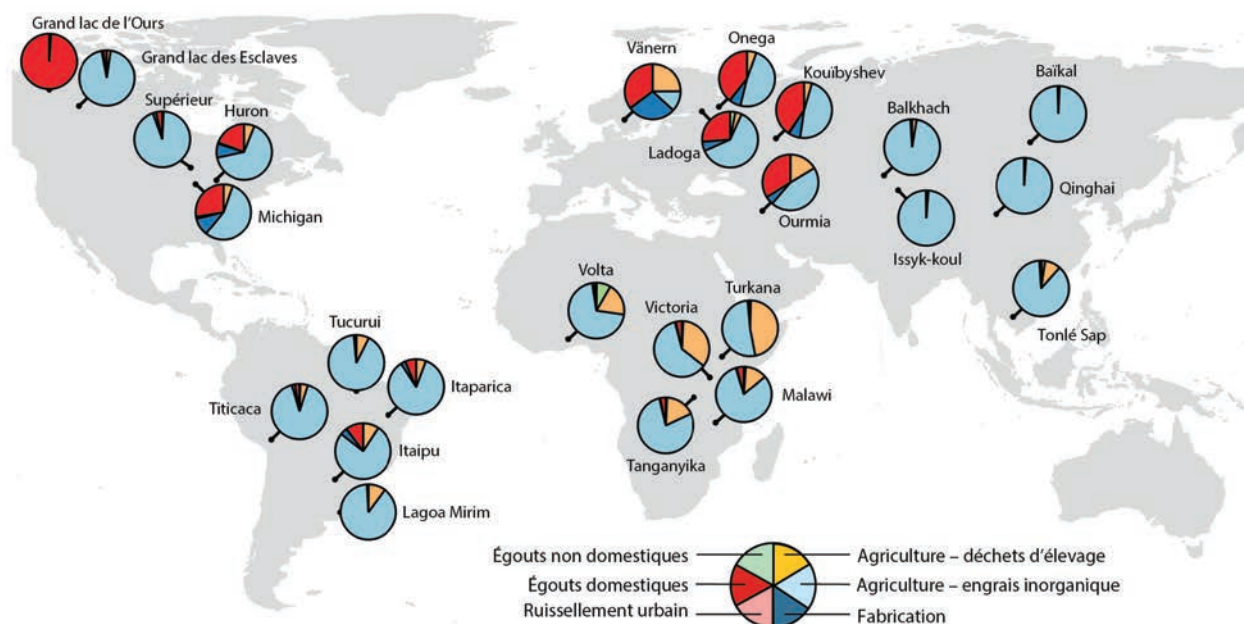
9.5.4 Les polluants organiques

La biodégradation de polluants organiques tels que le lisier, les effluents d'eaux usées et les boues de traitement des eaux usées peut appauvrir les concentrations d'oxygène dans les plans d'eau, ce qui entraîne la mort des poissons et libère les métaux lourds des sédiments de fond dans la colonne d'eau, un processus caractérisé par une demande biochimique en oxygène (DBO) élevée résultant de la décomposition microbienne de ces polluants. La décomposition des efflorescences algales peut également réduire la teneur en oxygène des plans d'eau eutrophes, en particulier les lacs et les zones humides.

D'après les analyses de modèles, les concentrations de DBO ont augmenté dans plusieurs régions d'Afrique, d'Asie et du Pacifique et d'Amérique latine entre 1990 et 2010, en raison des rejets d'eaux usées industrielles et domestiques et du ruissellement agricole et urbain, les plus fortes augmentations étant enregistrées dans les pays en voie d'urbanisation et d'industrialisation rapides (annexe 9-1). La pollution par la DBO dans la plupart des pays développés a considérablement diminué grâce à l'amélioration du traitement des eaux usées (par exemple, la mise en œuvre de la directive de 1991 de l'UE sur le traitement des eaux urbaines résiduaires).

Les polluants organiques synthétiques comprennent des pesticides, des substances chimiques industrielles et des solvants, ainsi que des produits de soins personnels et pharmaceutiques. Les polluants organiques persistants (POP) posent particulièrement problème parce qu'ils ne se biodégradent pas facilement dans le milieu aquatique. Utilisés dans de nombreuses applications industrielles et agricoles, les POP peuvent avoir un impact sur la santé humaine et les écosystèmes aquatiques, de par leur persistance dans les tissus gras des humains, des poissons et d'autres organismes, et leur accumulation dans les sédiments. Le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) présente des risques cancérigènes et tératogènes pour l'être humain, par exemple, mais il est encore utilisé dans plusieurs régions pour lutter contre le paludisme (annexe 9-1). D'autres composés synthétiques, qui ne sont pas tous des POP, continuent d'entrer dans la chaîne alimentaire écologique à l'échelle mondiale, tandis que certains, tels les perturbateurs endocriniens, sont considérés comme de nouveaux contaminants préoccupants (voir la section 9.5.7). Les insecticides systémiques à base de néonicotinoïdes et de fipronil, par exemple, sont solubles dans l'eau et peuvent s'infiltrer dans les systèmes dulcicoles et marins. Les insecticides néonicotinoïdes sont toxiques pour la plupart des arthropodes et des invertébrés, tandis que le fipronil est toxique pour les poissons et certaines espèces d'oiseaux (annexe 9-1 ; van Lexmond *et al.*, 2015 ; Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques [IPBES], 2017).

Figure 9.11 : Sources des charges anthropiques totales de phosphore dans les lacs (cinq plus grands lacs en superficie de chacune des cinq régions du PNUE), illustrant les apports moyens en pourcentage des charges annuelles, 2008-2010



Source : UNEP (2016e).



9.5.5 Les métaux lourds

Utilisés dans une gamme de secteurs industriels et agricoles, les métaux lourds présentent une distribution environnementale étendue. Les métaux lourds provenant des activités industrielles et de l'exploitation minière artisanale et à grande échelle ont gravement dégradé la qualité de l'eau dans certains pays d'Asie, du Pacifique et d'Amérique du Sud (Da Rosa *et al.*, 1997 ; Spitz et Trudinger, 2008 ; Sikder *et al.*, 2013 ; annexe 9-1). Ils peuvent se bioaccumuler dans les plantes cultivées à l'eau d'irrigation contaminée (Arunakumara, Walpola et Yoon, 2013 ; Lu *et al.*, 2015). Beaucoup de ces métaux lourds (le mercure, le plomb, le chrome, le cadmium) sont toxiques pour les humains et les organismes aquatiques (Kim *et al.*, 2017).

Les métaux lourds associés à l'exploitation minière à forte intensité d'eau posent problème en Afrique et en Amérique latine (annexe 9-1). Le drainage de l'eau des mines en exploitation et abandonnées peut occasionner une dégradation importante de l'eau (par exemple, le mercure et l'arsenic utilisés dans l'extraction de l'or peuvent polluer les eaux de surface et souterraines). Au nombre des exemples d'eau de mine non traitée se déversant dans les cours d'eau et les rivières, on peut citer les cas du mont Morgan (Australie) et de la rivière Tisza (Hongrie), où les réservoirs, l'eau d'irrigation agricole et la biodiversité des écosystèmes aquatiques ont tous subi une dégradation. On a également signalé des cas de pollution des eaux souterraines en Alberta (Canada) à cause de l'activité d'exploitation des sables bitumineux (Timoney et Lee, 2009).

On constate des cas de contamination des eaux souterraines par l'arsenic d'origine naturelle en Asie du Sud et dans d'autres pays d'Asie et du Pacifique (Rahman, Ng et Naidu, 2009 ; annexe 9-1). Les activités humaines telles que l'extraction de métaux et le prélèvement d'eaux souterraines et, dans certains cas, l'utilisation de pesticides à base d'arsenic dans l'agriculture et la préservation du bois peuvent également faciliter ou aggraver la mobilisation de l'arsenic. Bien que certains problèmes subsistent, la contamination par les métaux lourds a généralement diminué dans les pays de l'UE depuis l'an 2000. Un exemple dramatique de contamination par les métaux lourds a été observé à Flint, dans le Michigan (États-Unis). La décision prise en 2014 de puiser l'eau potable de la ville

non plus dans le lac Huron, mais plutôt dans la rivière Flint, qui contient une eau plus corrosive, a libéré du plomb provenant de la tuyauterie dans le réseau d'adduction d'eau de la ville, ce qui a eu de graves répercussions sur la santé humaine (Masten *et al.*, 2016).

9.5.6 La salinité

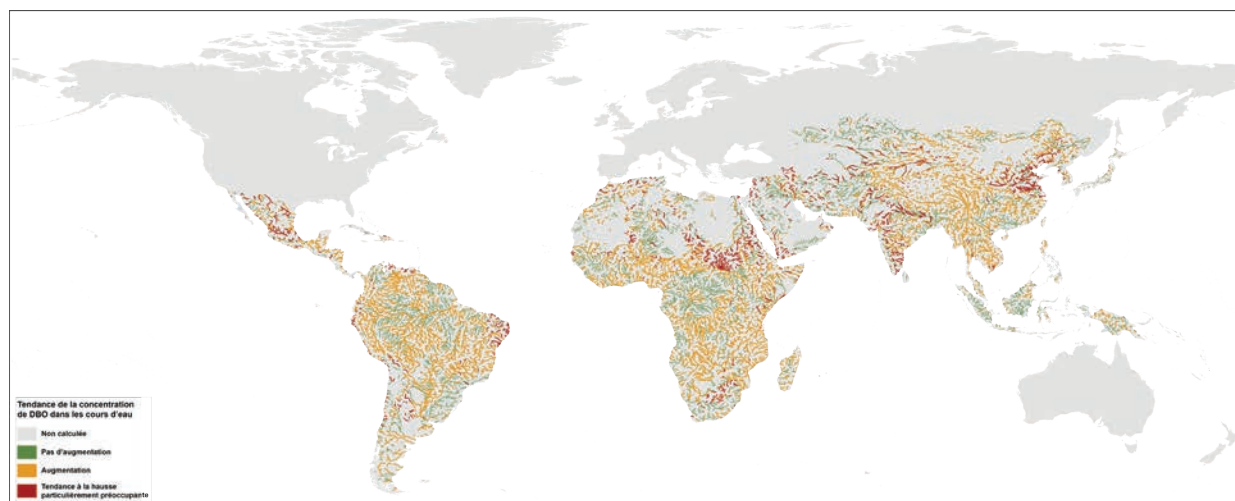
L'augmentation de la salinité, une mesure de la quantité de minéraux dissous dans l'eau douce, résulte des changements d'affectation des terres, du drainage de l'irrigation agricole, de l'évaporation des lacs et de l'intrusion d'eau de mer, et ses conséquences sont généralement plus graves dans les régions arides et semi-arides (Vengosh, 2003). Une salinité excessive rend l'eau impropre à de nombreux usages humains, et la plupart des organismes d'eau douce ont une tolérance limitée à la salinité (PNUE, 2016e).

Des problèmes de salinité persistent à divers degrés dans les cours d'eau d'Afrique, d'Asie et du Pacifique, et d'Amérique latine, affectant l'irrigation agricole en raison de l'accumulation de minéraux naturels dans l'eau d'irrigation, ainsi que des utilisations industrielles de l'eau (Foster *et al.*, 2018 ; annexe 9-1). La salinisation des eaux de surface constitue un problème majeur en Asie centrale. L'intrusion d'eau salée dans les aquifères côtiers peut résulter d'un prélèvement excessif et d'une mauvaise gestion, ainsi que de l'élévation du niveau de la mer. Outre le sodium, les eaux ayant une teneur élevée en magnésium sont de nouveaux exemples de détérioration de la qualité de l'eau qui entraînent des contraintes environnementales et de sécurité alimentaire dans plusieurs systèmes d'irrigation (Qadir *et al.*, 2018).

9.5.7 Les nouveaux contaminants préoccupants

Les nouveaux contaminants préoccupants (NCP) de l'eau comprennent certains produits pharmaceutiques à usage humain et vétérinaire, des produits de soins personnels, des insectifuges, des désinfectants antimicrobiens, des ignifugeants, des métabolites de détergents, des microplastiques et des nanomatériaux manufacturés (les « nanoparticules ») (figure 9.13 ; Kolpin *et al.*, 2002 ; UNESCO, 2016 ; Yuan *et al.*, 2018). Le US Geological Survey a détecté ces contaminants dans la majorité des cours d'eau

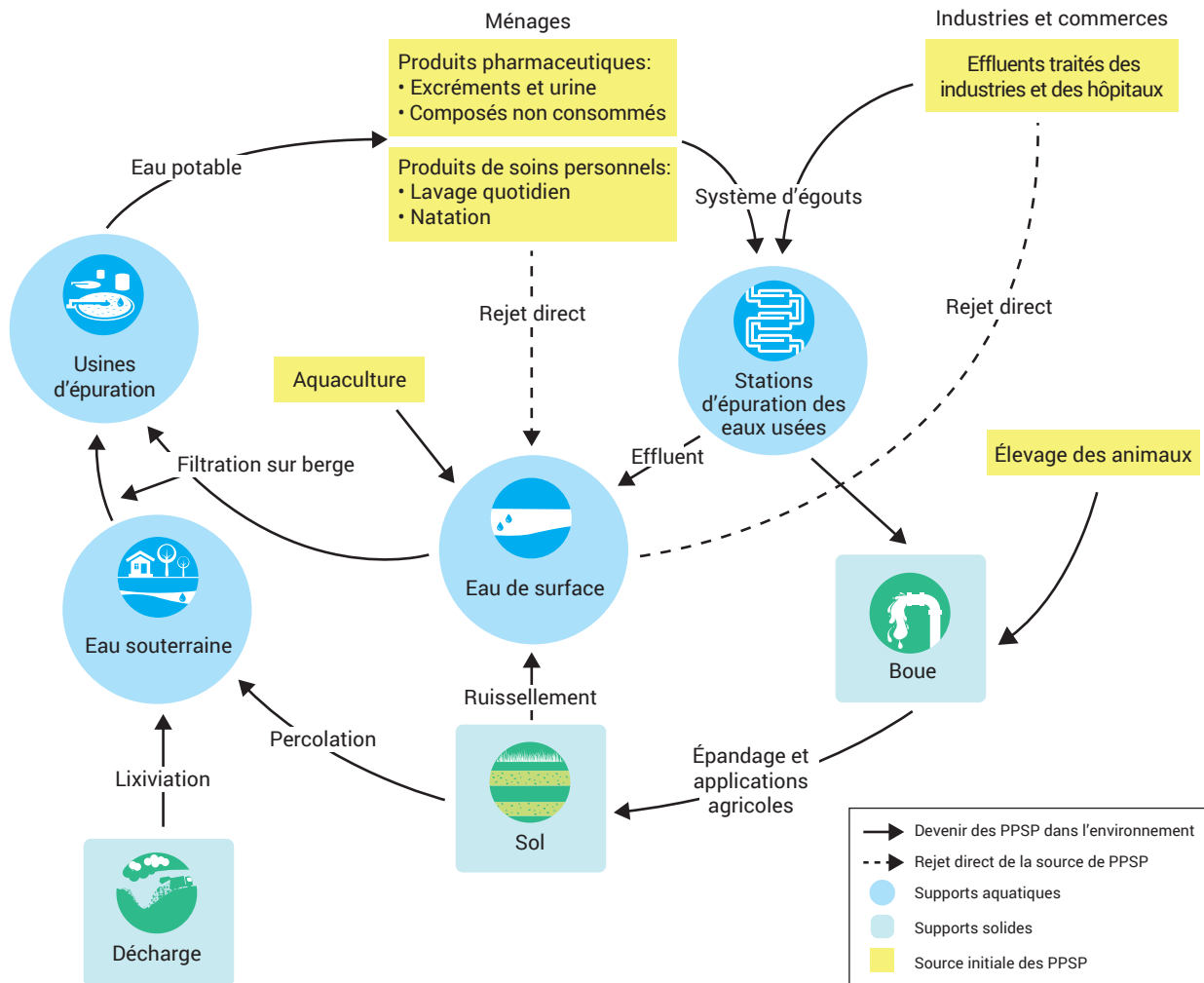
Figure 9.12 : Estimations modélisées des tendances des concentrations de la demande biologique en oxygène dans les rivières entre 1990-1992 et 2008-2010



Les portions de cours d'eau orangées ou rouges indiquent une augmentation de la concentration entre les deux périodes; les portions rouges dénotent une tendance à la hausse particulièrement préoccupante.

Source : PNUE (2016e).

Figure 9.13 : Source et voies d'entrée des produits pharmaceutiques et de soins personnels (PPSP) dans les eaux de surface et souterraines, illustrant la nécessité d'améliorer la détection des PPSP courants et de leurs produits de transformation



Source : Adapté de Petrović *et al.* (2003); Mompelat *et al.* (2009); Yang *et al.* (2017).

échantillonnés aux États-Unis (annexe 9-1 ; Kolpin *et al.*, 2002). Des NCP ont également été détectés dans toutes les mers paneuropéennes, ainsi que dans les eaux souterraines (Sui *et al.*, 2015 ; Corada-Fernández *et al.*, 2017). Des polyfluoroalkyles et des perfluoroalkyles utilisés dans des produits ignifuges, des insectifuges à base d'huile et d'eau, des meubles, des vêtements imperméables, des récipients pour repas à emporter et des ustensiles de cuisine antiadhésifs ont été trouvés dans des systèmes d'eau desservant 16 millions de personnes dans 33 États des États-Unis entre 2013 et 2015 (INTJ Input, 2017). Le traitement conventionnel des eaux usées est inefficace pour éliminer la plupart de ces contaminants provenant des eaux usées domestiques et industrielles.

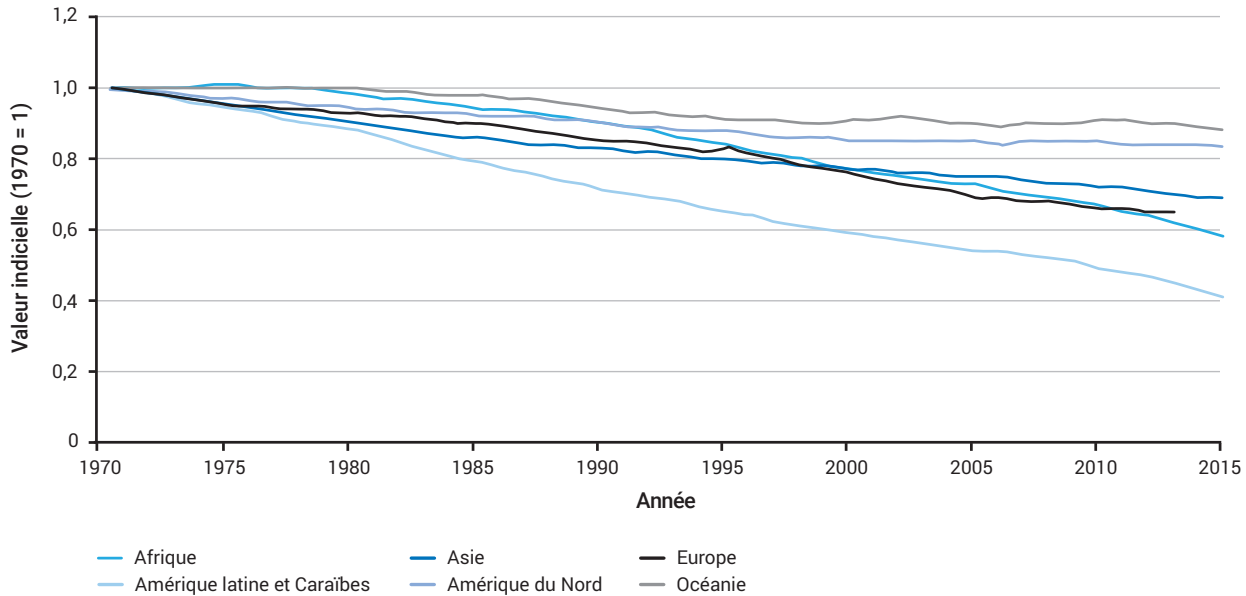
Bon nombre de ces produits sont des perturbateurs endocriniens (PE) qui proviennent en partie des trop-pleins des usines de traitement des eaux usées, en particulier celles qui ont un réseau d'égouts unitaire. On a décelé des PE dans des études localisées en Europe, dans la région de l'Asie et du Pacifique, au Canada et aux États-Unis (annexe 9-1 ; Sui *et al.*, 2015) ; leurs impacts à long terme sur la santé humaine touchent le

sous-développement du fœtus, le développement neurologique de l'enfant et l'infertilité masculine (Meekeer, 2012).

Les microplastiques et les nanoplastiques (nanomatériaux manufacturés) issus des microplastiques contenus dans les cosmétiques, de la fragmentation de gros déchets plastiques, des particules d'usure des pneus et du lavage de vêtements à base de matières synthétiques affectent de plus en plus les écosystèmes dulcicoles et marins (annexe 9-1 ; Horton *et al.*, 2017). Selon les estimations, sur les 275 millions de tonnes métriques (Mt) de déchets plastiques générés par 192 pays en 2010, de 4,8 à 12,7 Mt se sont retrouvés dans les océans en raison d'une gestion inadéquate des déchets solides. On en trouve dans le monde entier, dans les eaux douces et les océans, dans les sédiments des rivières et des deltas, et dans l'estomac d'organismes allant du zooplancton aux baleines (PNUÉ, 2016g). Les microplastiques peuvent également contenir et absorber des substances chimiques toxiques. Les déchets électroniques sont également de plus en plus préoccupants en raison de leur abondance généralisée et des risques inconnus qu'ils font planer sur la qualité des eaux de surface et souterraines.



Figure 9.14 : État et tendances des zones humides naturelles du monde, ventilées par région



Un indice de 1 correspond à l'étendue totale de la superficie des zones humides en 1970, d'après une recherche documentaire.

Source : PNUÉ – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature (2018).

9.5.8 Autres préoccupations liées à la qualité de l'eau

La pollution des eaux souterraines par les activités de fracturation pétrolière et gazière, qui utilisent de grandes quantités de substances chimiques et rejettent de grands volumes d'« eau produite », pose problème dans les Amériques (Osborn *et al.*, 2011 ; Vengosh *et al.*, 2014 ; annexe 9-1). Des métaux lourds, des particules, divers composés chimiques organiques et des PE sont largement utilisés dans ces opérations pétrolières et gazières ou en deviennent des sous-produits (Webb *et al.*, 2017).

L'acidification des lacs due au dépôt atmosphérique d'émissions de combustibles fossiles crée des problèmes dans les régions où les sols ou le substratum rocheux ne sont pas en mesure d'absorber les émissions, notamment dans le nord-est des États-Unis, le sud-est du Canada et certaines régions scandinaves. La situation s'améliore pour les lacs touchés dans la région des monts Adirondack, dans le nord-est des États-Unis, où les émissions de soufre et d'oxydes d'azote ont diminué depuis les années 1970 (annexe 9-1 ; Driscoll *et al.*, 2016).

La pollution thermique et les radionucléides sont également préoccupants pour la qualité de l'eau. La pollution thermique, qui résulte souvent de l'utilisation d'eau douce comme liquide de refroidissement dans les centrales électriques et les activités de fabrication industrielle, peut dégrader la qualité de l'eau en modifiant sa température ambiante. Il peut en résulter des effets multiples, notamment une baisse de la concentration d'oxygène dissous doublée d'une augmentation du rythme respiratoire des organismes aquatiques qui en dépendent. Certaines populations d'espèces aquatiques diminuent parce qu'elles n'arrivent pas à se développer ou à se reproduire dans des eaux plus chaudes, tandis que d'autres populations augmentent, ce qui risque de modifier la dynamique globale de l'écosystème d'un plan d'eau donné. La contamination radioactive – se présentant généralement sous la forme de rejets accidentels de radionucléotides résultant des activités nucléaires – a pollué les systèmes d'eau douce intérieurs dans certaines régions, ce qui a eu des répercussions négatives sur les organismes aquatiques et autres, y compris les humains, qui utilisent ces plans d'eau (Echols, Meadows et Orazion, 2009).

9.6 Les écosystèmes d'eau douce

9.6.1 La perte continue de zones humides

Les écosystèmes d'eau douce (ou zones humides intérieures) comprennent les marais, les marécages, les tourbières, les zones humides forestières, les rivières, les lacs, les étangs et les eaux d'amont. Ils fournissent une palette de services écosystémiques allant de l'approvisionnement en eau aux services culturels en passant par les services de régulation et de soutien, l'approvisionnement en eau et en nourriture, le fourrage, les matériaux de construction, la séquestration de carbone et de nutriments, des habitats uniques pour des espèces menacées d'extinction (y compris des oiseaux migrateurs), la capacité d'amortir les inondations et les sécheresses, ainsi que l'écotourisme et les services culturels (WWAP, 2018). Bien que les écosystèmes d'eau douce ne couvrent que 0,8 % de la surface de la Terre, ils abritent environ 10 % de toutes les espèces connues (Fonds mondial pour la nature [WWF], 2016) et comptent parmi les habitats les plus riches en biodiversité du monde. Ce sont les écosystèmes les plus touchés par les changements d'affectation des terres, en particulier l'urbanisation croissante et l'expansion agricole.

On estime qu'entre 69 et 75 % des zones humides du monde entier ont disparu depuis 1900 sous l'effet de la rapidité de la croissance démographique, de l'urbanisation et de l'expansion agricole (Davidson, 2014). L'ampleur des pertes survenues depuis 1970 diffère sensiblement d'une région à l'autre, les taux de perte les plus faibles étant observés en Océanie et en Amérique du Nord. La stabilisation du taux de perte en Amérique du Nord est due en partie à la politique nationale actuelle des États-Unis, axée sur le principe « pas de perte nette de zones humides » (United States Fish and Wildlife Service, 1994). Bien que les zones humides artificielles puissent compenser dans une certaine mesure la disparition de certaines zones humides naturelles, elles ne peuvent généralement pas assurer le même niveau de fonctionnement, de résilience et de biodiversité écosystémiques, ce qui fait ressortir la nécessité de protéger et de conserver les zones humides naturelles (voir la section 9.4).



Les services écosystémiques de tous les types de zones humides ont été évalués financièrement dans une très large fourchette allant de 300 à 887 828 dollars É.-U. par hectare et par an, avec une valeur médiane de 12 163 dollars É.-U. (de Groot *et al.*, 2012). Des évaluations plus précises sont nécessaires. Une évaluation récente des services écosystémiques des marais et des plaines alluviales donne une valeur annuelle moyenne mondiale de 25 000 dollars É.-U./ha/an, sans compter la valeur du terrain lui-même (Costanza *et al.*, 2014). La perte annuelle estimative subie par l'économie mondiale en raison de la diminution de la superficie des marais et des plaines alluviales, qui est passée de 165 à 60 Mha entre 1997 et 2011, est de 2,7 billions de dollars É.-U. (Costanza *et al.*, 2014).

Bien qu'elles ne couvrent que 3 % de la surface terrestre de la planète, les tourbières ont une forte valeur de séquestration du carbone, à telle enseigne qu'elles renferment plus de carbone que l'ensemble de la biomasse forestière mondiale (Joosten, 2015). La plus grande tourbière tropicale du monde (la Cuvette centrale), qui s'étend sur 145 500 km² dans le bassin du fleuve Congo, renferme environ 30 gigatonnes de carbone accumulé depuis 11 000 ans (Dargie *et al.*, 2017). Le drainage des tourbières pour l'agriculture (par exemple, les grandes plantations de palmiers à huile d'Indonésie et de Malaisie) décompose la tourbe, émettant rapidement du carbone sous forme de CO₂ et de méthane. Environ 15 % des tourbières du monde entier ont été drainées depuis 40 ans, contribuant à environ 5 % des émissions mondiales de carbone (Joosten, 2015).

Tout en se décomposant rapidement, la tourbe drainée se dessèche, rétrécit et s'affaisse. Les tourbières côtières tropicales s'affaissent de 5 à 7 cm/an en moyenne et deviennent donc vulnérables à la salinisation pendant les ondes de tempête. En saison sèche, le risque d'incendie dans les tourbières est élevé (Jayachandran, 2009), comme en témoignent les vastes incendies de tourbières en Indonésie, qui ont exacerbé le nuage brun de pollution qui a recouvert toute la région asiatique au cours de l'été 2015 (Carmenta, Zabala et Phelps, 2015).

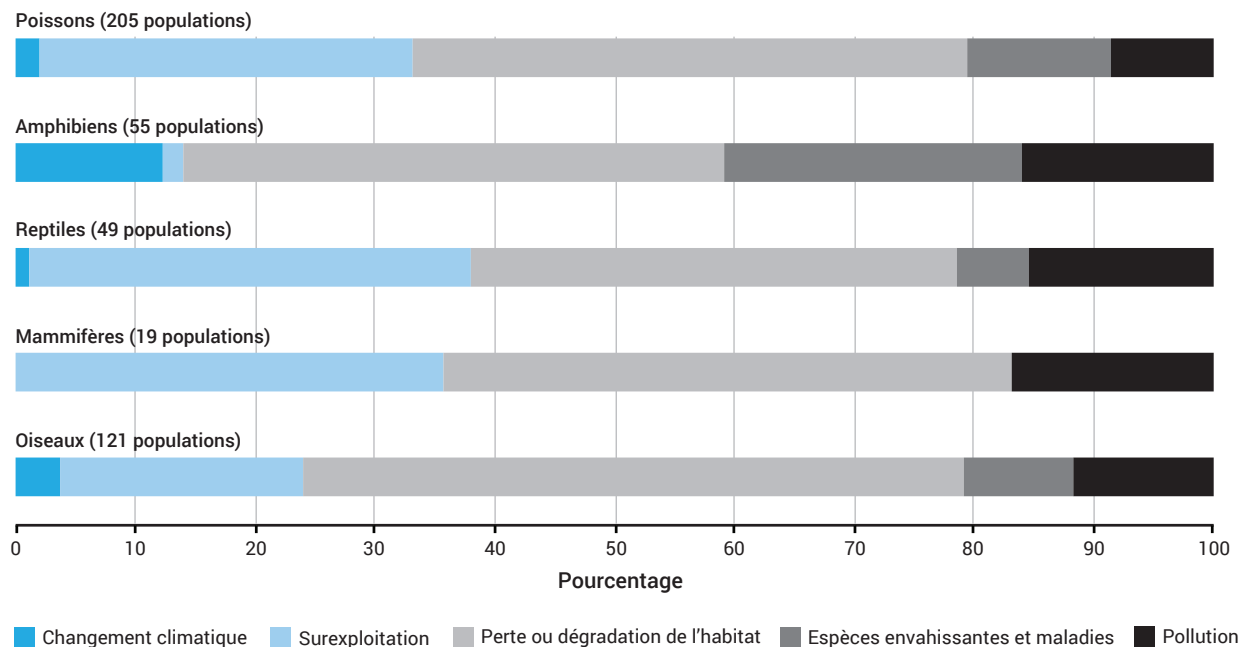
Le pergélisol des tourbières boréales aux environs du cercle arctique dégèle et s'écoule du fait du changement climatique, ce qui a des effets sur les flux de carbone locaux et mondiaux (Joosten, 2015 ; Couture *et al.*, 2018). Outre les émissions supplémentaires de carbone, le dégel du pergélisol endommage les infrastructures et les habitations, affectant la qualité de vie des habitants de l'Arctique. Dans les tourbières tropicales et boréales, la solution technique la plus simple pour traiter les émissions de carbone émanant des tourbières drainées consiste à réhumidifier la tourbière en ramenant la nappe phréatique à la surface du sol, comme cela se fait actuellement à grande échelle en Indonésie, au Canada, en Suède et en Suisse (Zerbe *et al.*, 2013).

9.6.2 La perte de la biodiversité

Il est prouvé que l'abondance des populations de flore et de faune a considérablement diminué en raison de la perte de zones humides et des effets de la pollution, notamment l'eutrophisation, la toxicité chimique et métallique et les dangers des déchets plastiques et autres (WWF, 2016). Bien que les zones humides aient la capacité de filtrer l'eau et d'améliorer sa qualité, la décomposition continue des matières organiques et d'autres nutriments peut mener à un point de bascule de la qualité de l'eau, au-delà duquel une terre humide ne peut plus se régénérer et les peuplements d'espèces peuvent connaître des changements marqués.

La fragmentation des cours d'eau par la construction de barrages et la dérivation de l'eau, avec les pertes et la dégradation des habitats humides qui en résultent, a un impact important sur les populations de poissons, en particulier sur les espèces migratrices et endémiques. Les populations de poissons sont également surexploitées pour l'alimentation. Les espèces d'amphibiens connaissent un déclin spectaculaire en raison de la perte d'habitat, des espèces envahissantes, des maladies et de la pollution, suivis du changement climatique (WWF, 2016) (voir la **figure 9.15**). Les reptiles et de nombreuses espèces d'oiseaux sont considérablement affectés par la perte de zones humides,

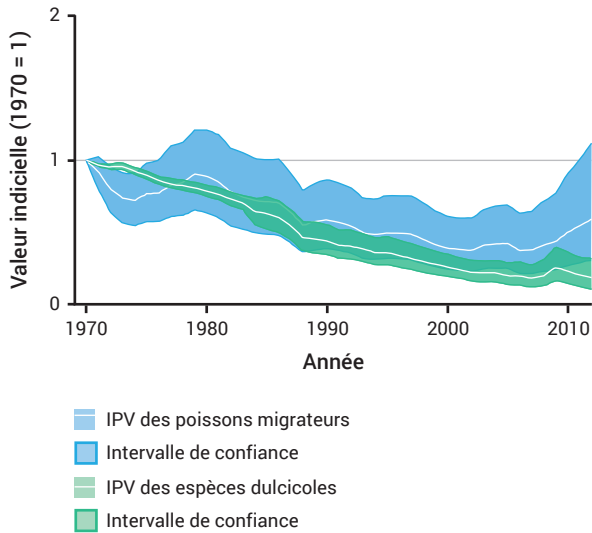
Figure 9.15 : Différences taxonomiques dans la fréquence des menaces pour 449 populations dulcicoles en déclin dans la base de données de l'indice Planète vivante



Source : WWF (2016).



Figure 9.16 : Indice Planète vivante des poissons migrateurs, affichant un déclin de 41% entre 1970 et 2012, puis une reprise récente, et IPV de 881 espèces dulcicoles surveillées, affichant un déclin de 81%



Source : WWF (2016).

tandis que des mammifères aquatiques tels que la loutre subissent également des extinctions locales dues à la perte d'habitat et à la surexploitation.

L'indice Planète vivante (IPV) mesure les tendances d'abondance de 3 324 populations différentes de 881 espèces dulcicoles dans le

cadre d'un programme mondial de surveillance (voir le chapitre 6). Des analyses récentes indiquent un déclin de 81 % de l'IPV pour les écosystèmes d'eau douce entre 1970 et 2012, ce qui est le déclin le plus marqué de tous les types d'habitats surveillés à l'aide de cet indice (WWF, 2016).

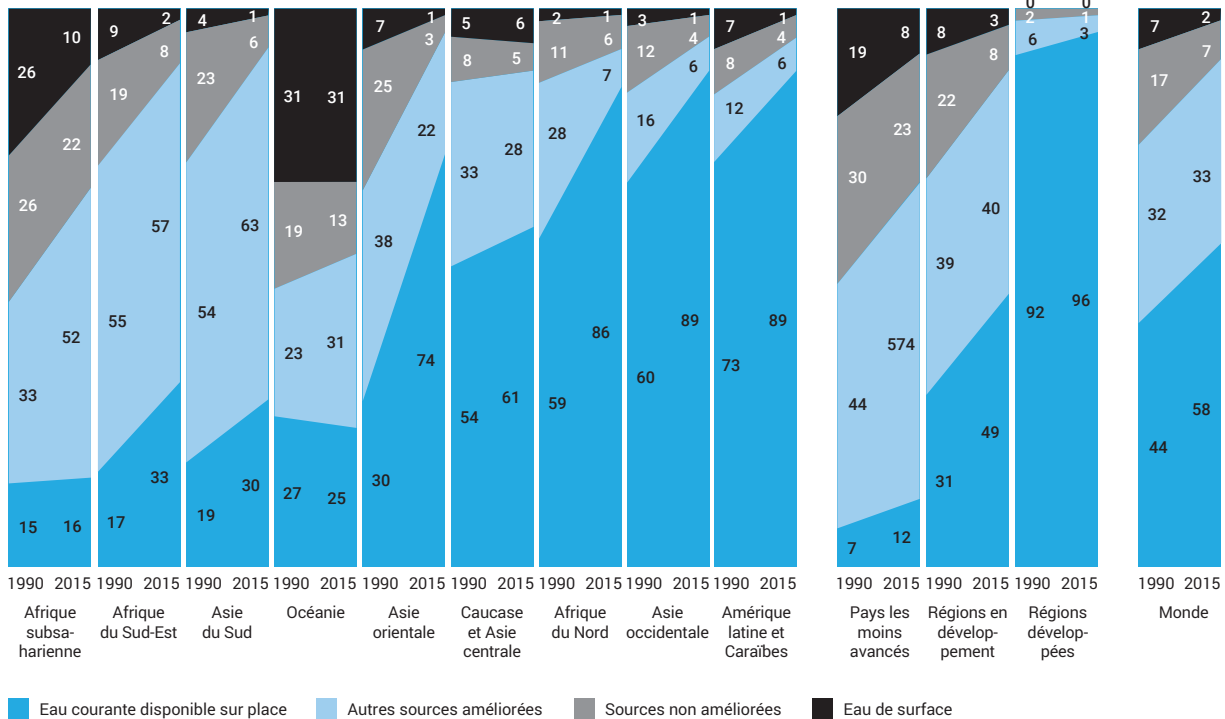
L'IPV a diminué de 41 % au cours de cette période pour les espèces migratrices de poissons, d'après la mesure de plus de 162 espèces de poissons (figure 9.16). Une certaine amélioration s'observe à partir de 2008, en réponse au démantèlement de barrages, à l'installation d'échelles à poissons et à l'amélioration du passage de poissons vers l'amont et l'aval dans beaucoup d'endroits. Les populations d'espèces migratrices d'oiseaux et de mammifères dans certaines zones humides gérées commencent également à se rétablir, grâce à la conservation et au repeuplement des habitats. En revanche, le déclin des espèces d'amphibiens et d'invertébrés des zones humides, y compris les insectes, est beaucoup plus marqué (WWF, 2016).

9.7 L'infrastructure d'adduction d'eau

9.7.1 L'approvisionnement en eau potable : le traitement et la distribution

La fourniture d'eau potable sûre et fiable est un objectif permanent des institutions de développement, qui nécessite la modernisation d'infrastructures vieillissantes et la construction de nouvelles infrastructures. Dans plusieurs régions du monde, l'infrastructure d'origine se détériore et doit être modernisée. La fourniture de services d'eau potable n'a pas suivi le rythme de l'urbanisation dans de nombreuses villes d'Amérique latine et des Caraïbes (PNUE, 2016f ; OMS et Fonds des Nations Unies pour l'enfance [UNICEF], 2016). L'objectif du Millénaire pour le développement (OMD) consistant à réduire de moitié le nombre de personnes n'ayant pas accès à l'eau potable d'ici à 2015 a été réalisé en 2010, bien que les progrès aient été inégaux entre les populations urbaines et les populations rurales dans toutes les régions (OMS et UNICEF, 2015) (figure 9.17).

Figure 9.17 : Variations des tendances de la couverture de l'approvisionnement en eau potable entre les régions



Source : OMS et UNICEF (2015).



En Asie et dans le Pacifique, les progrès accomplis en matière d'approvisionnement en eau potable ont été importants, 90 % de la population ayant accès à une adduction d'eau améliorée en date de 2015. L'approvisionnement en eau potable en Afrique est passé de 56 % en 1990 à 65 % en 2013, cette progression étant particulièrement marquée dans les zones urbaines, où 90 % de la population utilise des sources d'eau améliorées (PNUE, 2016d).

L'accès à l'eau potable s'est considérablement amélioré en Asie occidentale, 89 % de la population ayant eu accès à une adduction d'eau améliorée dès 2015. La fiabilité et la continuité du service restent toutefois difficiles, en particulier dans les zones de conflit (PNUE, 2016c ; OMS et UNICEF, 2016).

La qualité relativement élevée de l'eau potable en Amérique du Nord et en Europe occidentale contribue à la bonne santé publique, ces régions affichant des taux de prévalence des maladies d'origine hydrique parmi les plus faibles au monde. La plupart des pays de ces régions sont parties au Protocole sur l'eau et la santé de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) et du Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, ainsi qu'à la Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux, un accord multilatéral conclu en 1992 qui engage les pays à travailler activement à réduire les épidémies de maladies d'origine hydrique (PNUE, 2016a ; PNUE, 2016h).

Le genre est un facteur important dans l'approvisionnement en eau, les femmes et les enfants (surtout les filles) continuant à porter l'essentiel du fardeau et des risques de sécurité liés à l'acquisition et au transport physique de l'eau de la source au lieu d'utilisation, en particulier dans les pays en développement, bien que 1,5 milliard de personnes supplémentaires aient eu accès à de l'eau potable depuis l'an 2000 (OMS et UNICEF, 2017 ; OMS et UNICEF, 2012) (**figure 9.18**).

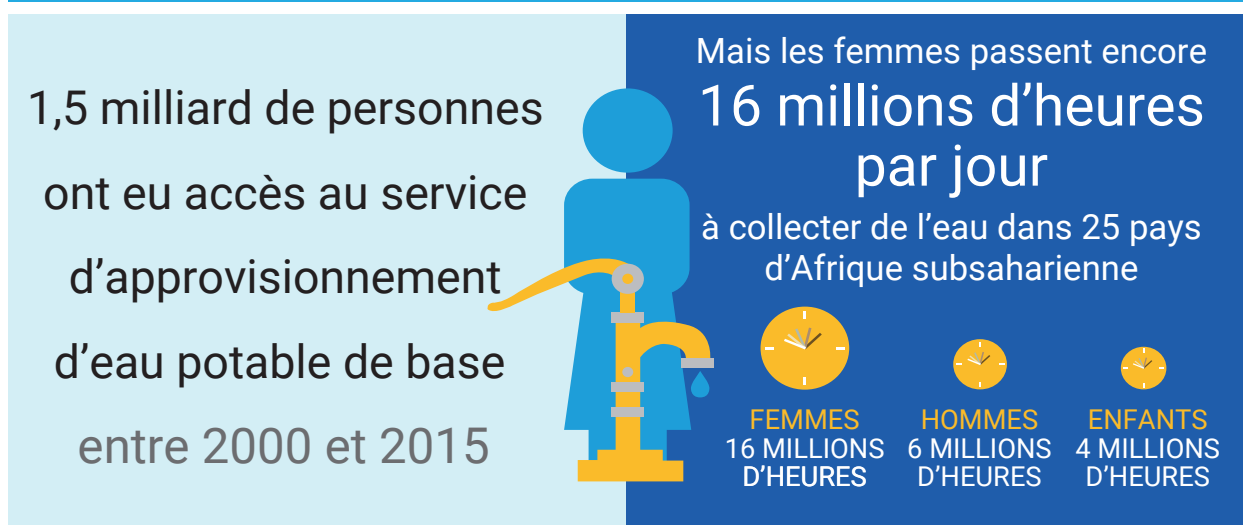
Le fardeau en temps de la collecte d'eau et le travail physique qu'elle requiert ont des implications sur les moyens de subsistance et la sécurité des femmes et des filles. Le temps passé par les filles en âge d'aller à l'école, mais qui vont chercher de l'eau, empiète sur leur temps d'étude (UNICEF et OMS, 2012). Il réduit également la capacité des femmes à participer à d'autres activités. Cette activité représente une importante déperdition économique. En Inde, par

exemple, les femmes passent environ 150 millions de jours de travail par an à collecter et transporter de l'eau, ce qui équivaut à une perte de revenu national de 10 milliards de roupies (environ 160 millions de dollars des États-Unis) par an. Les effets positifs de la possibilité pour les femmes de consacrer du temps à d'autres activités devraient être largement reconnus, puisque les enquêtes économiques indiquent qu'elles réinvestissent généralement jusqu'à 90 % de leurs revenus dans leur famille, améliorant ainsi la santé et la nutrition de celle-ci et l'accès de leurs enfants à la scolarisation (Unilever *et al.*, 2015).



© Shutterstock/Samine Arslanian

Figure 9.18 : Résumé des progrès accomplis à l'échelle mondiale dans la prestation de services d'approvisionnement en eau potable de base et effets disproportionnés sur les femmes des zones qui n'ont toujours pas accès à ces services



Source : UNICEF et OMS (2012); OMS et UNICEF (2017).



9.7.2 L'assainissement et le traitement des eaux usées

L'amélioration de l'assainissement, y compris le traitement et l'élimination appropriés des déchets humains, constitue l'une des mesures les plus efficaces pour améliorer la santé publique dans le monde (Sedlak, 2014). Il reste cependant un défi à relever dans plusieurs régions du monde (**figure 9.19**). Les mégapoles en expansion, en particulier en Afrique et en Asie, ne disposent pas de services d'assainissement adéquats pour faire face à la croissance démographique, ce qui contribue à la défécation en plein air et à la pauvreté, voire à l'inexistence de services de traitement et d'élimination des eaux usées (PNUE, 2016b ; PNUE, 2016d). Même dans les zones où l'assainissement est amélioré, l'utilisation à grande échelle de fosses septiques et de champs d'épuration dans de nombreux centres urbains en expansion affecte les approvisionnements en eau en aval ainsi que la qualité des eaux souterraines.

Environ 1,4 million de personnes meurent encore chaque année de maladies traitables associées à l'eau de boisson polluée par des agents pathogènes et à un assainissement inadéquat, et plusieurs millions d'autres contractent des maladies (Lozano *et al.*, 2013). Selon les estimations, 2,3 milliards de personnes n'avaient toujours pas accès à un assainissement amélioré en 2015. Alors que la quasi-totalité des pays développés a réalisé « l'assainissement universel » dès 2015, seules quatre des neuf régions en voie de développement (Caucase et Asie centrale, Asie de l'Est, Afrique du Nord, Asie de l'Ouest) ont atteint la cible d'assainissement fixée. La proportion de la population bénéficiant d'un assainissement amélioré était particulièrement faible dans certaines parties de l'Océanie, de l'Afrique subsaharienne et de l'Asie du Sud (OMS et UNICEF, 2015).

Il existe d'importantes inégalités entre les zones rurales et les zones urbaines en matière d'accès à un assainissement amélioré. Environ 82 % de la population urbaine mondiale a accès à un assainissement amélioré, contre seulement 51 % de la population rurale mondiale (OMS et UNICEF, 2015). Les installations sanitaires publiques ont tendance à être réglementées localement dans la plupart des pays. Souvent, lorsque les installations sont inadéquates, elles le sont surtout pour les femmes et les filles, notamment dans les marchés, les gares de transport public et les lieux de manifestations publiques. Les installations sanitaires inadéquates en milieu scolaire ont un effet délétère sur l'éducation, en particulier pour les filles. Ce problème est

aggravé pour les personnes vivant dans les bidonvilles et les établissements informels qui n'ont pas accès à une eau potable et à des installations sanitaires adéquates, ou encore à un logement durable, à une surface habitable suffisante et à la sécurité d'occupation des terres.

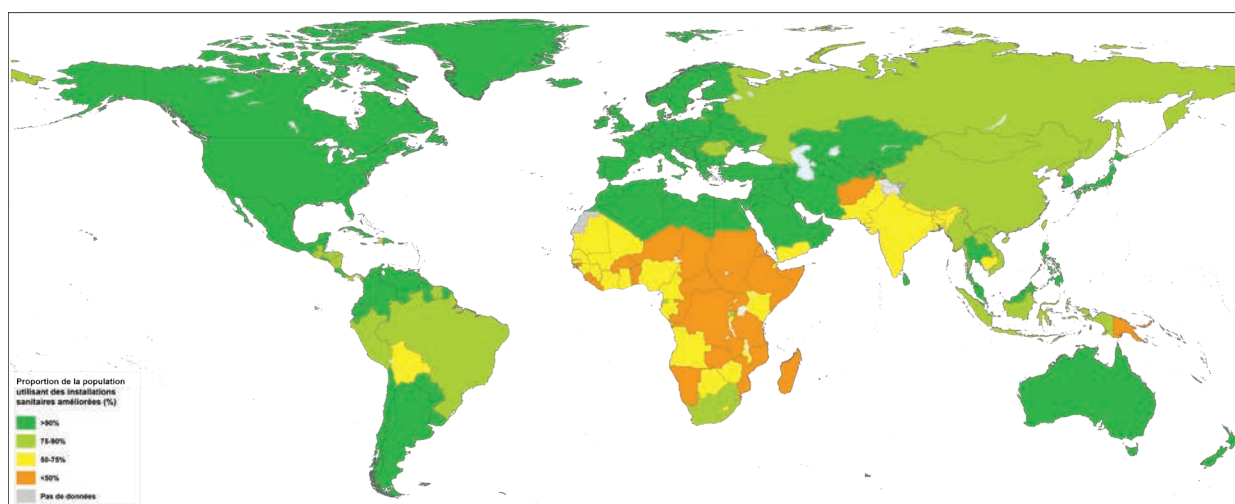
9.7.3 Les barrages et réservoirs de stockage de l'eau et de production hydroélectrique

De nombreux pays en développement continuent de construire des barrages pour assurer l'approvisionnement en eau domestique des communautés, l'irrigation agricole et la production d'énergie hydroélectrique. Ces barrages polyvalents peuvent également être exploités pour protéger les communautés en aval contre les inondations, tout en tenant compte des exigences écologiques de débit en aval (par exemple en fournissant des impulsions de débit pour favoriser la reproduction des poissons). L'hydroélectricité est une source d'énergie clé, souvent essentielle pour fournir de l'énergie aux pompes d'eau potable, et elle présente un potentiel de croissance supplémentaire manifeste en Amérique latine, en Afrique et en Asie (Campuzano *et al.*, 2014 ; PNUE, 2016e). En outre, on a de plus en plus recours à des réservoirs pour les systèmes de stockage d'énergie hydroélectrique par pompage afin de compenser les fluctuations naturelles des autres sources d'énergie renouvelable (Rehman, Al-Hadhrami et Alam, 2015 ; Barbour *et al.*, 2016). D'autre part, les efforts visant à utiliser les technologies hydroélectriques au fil de l'eau se sont révélés prometteurs dans la région amazonienne pour approvisionner les communautés rurales en électricité, en plus d'occasionner moins d'impacts environnementaux que les barrages traditionnels (Sánchez, Torres et Kalid, 2015).

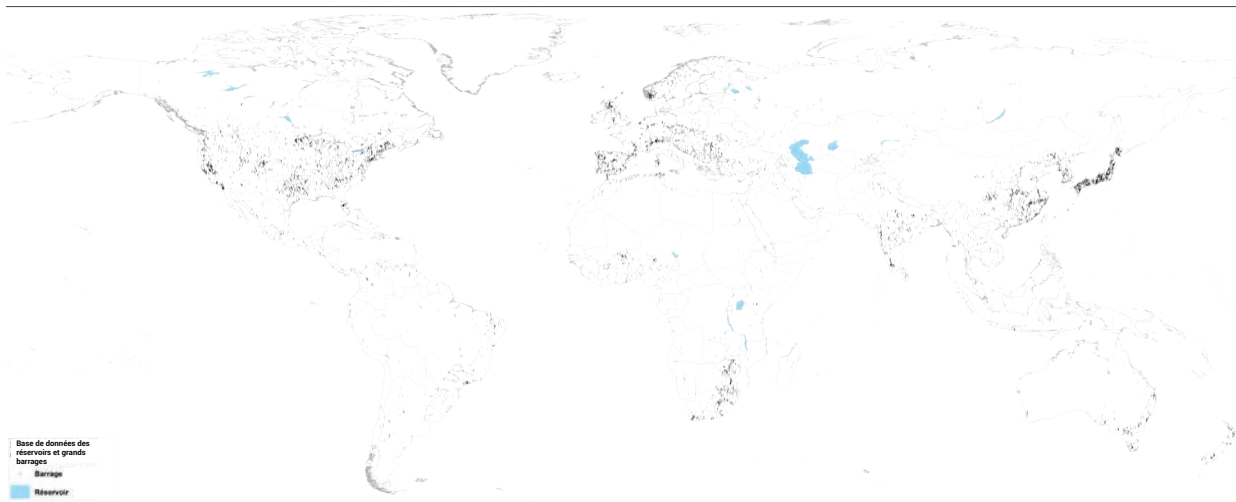
Depuis quelques années, la construction de barrages a considérablement ralenti dans les pays industrialisés. De nombreux barrages anciens sont mis hors service pour des raisons économiques (par exemple, leurs coûts élevés d'exploitation et d'entretien) et environnementales (par exemple, les effets sur les poissons migrateurs, les écosystèmes en aval et les régimes de sédimentation) (O'Connor, Duda et Grant, 2015 ; PNUE, 2016e). La densité des barrages reste néanmoins extrêmement élevée dans les pays industrialisés (**figure 9.20**).

Plus de 1 270 barrages ont maintenant été construits en Afrique à des fins d'irrigation, de production hydroélectrique et d'approvisionnement en eau domestique, bien que seulement

Figure 9.19 : Proportion de la population utilisant des installations sanitaires améliorées en 2015



Source : OMS et UNICEF (2015).



Les données comprennent les barrages associés aux réservoirs ayant une capacité de stockage supérieure à 0,1 km³. Il est possible que certains grands barrages et réservoirs de construction récente ne soient pas représentés.

Source : Lehner *et al.* (2011).

environ 20 % du potentiel de production d'énergie hydroélectrique soit actuellement utilisé et que le manque de ressources pour l'entretien adéquat des barrages ait entraîné une réduction de la capacité de production d'électricité à certains endroits. L'essor de la construction de barrages dans certains pays (par exemple au Ghana, au Bénin et au Burkina Faso) a entraîné une contamination de l'eau, des débits irréguliers, des émissions de méthane, la dégradation d'écosystèmes – notamment une sédimentation accrue – et l'apparition d'espèces végétales et animales aquatiques envahissantes (Zarfl *et al.*, 2014 ; PNUE, 2016d). Un lien a été établi entre, d'une part, le piégeage accru des sédiments associé aux réservoirs et, d'autre part, l'affaissement des zones deltaïques et la réduction de la fertilité des sols, par exemple dans le delta de la Volta Blanche (Boateng, Bray et Hooke, 2012 ; Anthony, 2015). La construction récente de grands barrages a suscité d'importantes controverses dans plusieurs régions, notamment en Afrique (par exemple le grand barrage de la Renaissance, en Éthiopie ; Yihdego, Khalil et Salem, 2017), en Turquie, dans les Balkans et dans le bassin du Mékong.

La sécheresse constitue un risque majeur pour la production d'hydroélectricité. Le Brésil a connu en 2015 l'une des sécheresses les plus handicapantes de son histoire, qui a entraîné une diminution des niveaux et des débits d'eau des réservoirs. De nombreuses installations hydroélectriques ont vu leur capacité se rapprocher de zéro, ce qui a occasionné des pénuries d'eau dans plusieurs grandes villes brésiliennes, dont São Paulo (Poindexter, 2015). L'exemple brésilien démontre la nécessité de prévoir les conditions à traiter au moyen de systèmes d'ingénierie, tout en s'efforçant de trouver un juste équilibre entre la garantie de l'approvisionnement en eau et la réduction au minimum des coûts sociaux ou environnementaux.

9.8 Impacts

9.8.1 La santé humaine

La contamination de l'eau et des aliments par des matières fécales, due à de piètres installations sanitaires et à une mauvaise hygiène, entraîne l'insalubrité de l'eau de boisson et est une cause majeure de maladies gastro-intestinales, en particulier la diarrhée. Les maladies et les organismes associés à la diarrhée comprennent

le choléra, la typhoïde, l'hépatite A, le giardia et le cryptosporidium (Lozano *et al.*, 2013).

Les programmes de vaccination sont en voie de réduire la principale cause virale connue de diarrhée, à savoir le rotavirus (Burnett *et al.* 2017). La défécation en plein air provoque également d'importantes maladies parasitaires transmises par contact avec le sol et l'eau (par exemple les ascaris, les ankylostomes, les escargots d'eau) (McCarty, Turkeltaub et Hotez, 2014 ; Lo *et al.*, 2017).





Si les maladies liées à l'hygiène ont beaucoup régressé, la diarrhée constituait encore la deuxième cause de mortalité (environ 13 %) chez les enfants âgés de un à quatre ans en 2010 (Lozano *et al.*, 2013). L'Afrique subsaharienne et l'Asie du Sud affichent les taux de mortalité les plus élevés associés à l'eau, à l'assainissement et à l'hygiène (OMS, 2017a). Les infections gastro-intestinales chroniques, y compris celles d'origine parasitaire, sont des causes d'invalidité, de pertes économiques et de déficience cognitive (Pinkerton *et al.*, 2016 ; Lo *et al.*, 2017). Comme l'eau douce est un habitat favorable à la reproduction des moustiques, le paludisme et la dengue affichent un taux de morbidité encore plus élevé pour les personnes vivant à proximité de tels habitats, malgré une lente amélioration de la situation (par exemple, grâce à l'utilisation généralisée de moustiquaires) (Ebi *et al.*, 2016 ; Hemingway *et al.*, 2016). La **figure 9.21** résume les estimations récentes de la charge de morbidité due aux maladies diarrhéiques.

Les effets des maladies liées à l'eau et à l'assainissement sur la santé semblent varier selon le sexe. Les femmes peuvent avoir moins d'accès à l'assainissement que les hommes et passer plus de temps dans des environnements où se pratique la défécation en plein air, ce qui augmente leur risque d'exposition

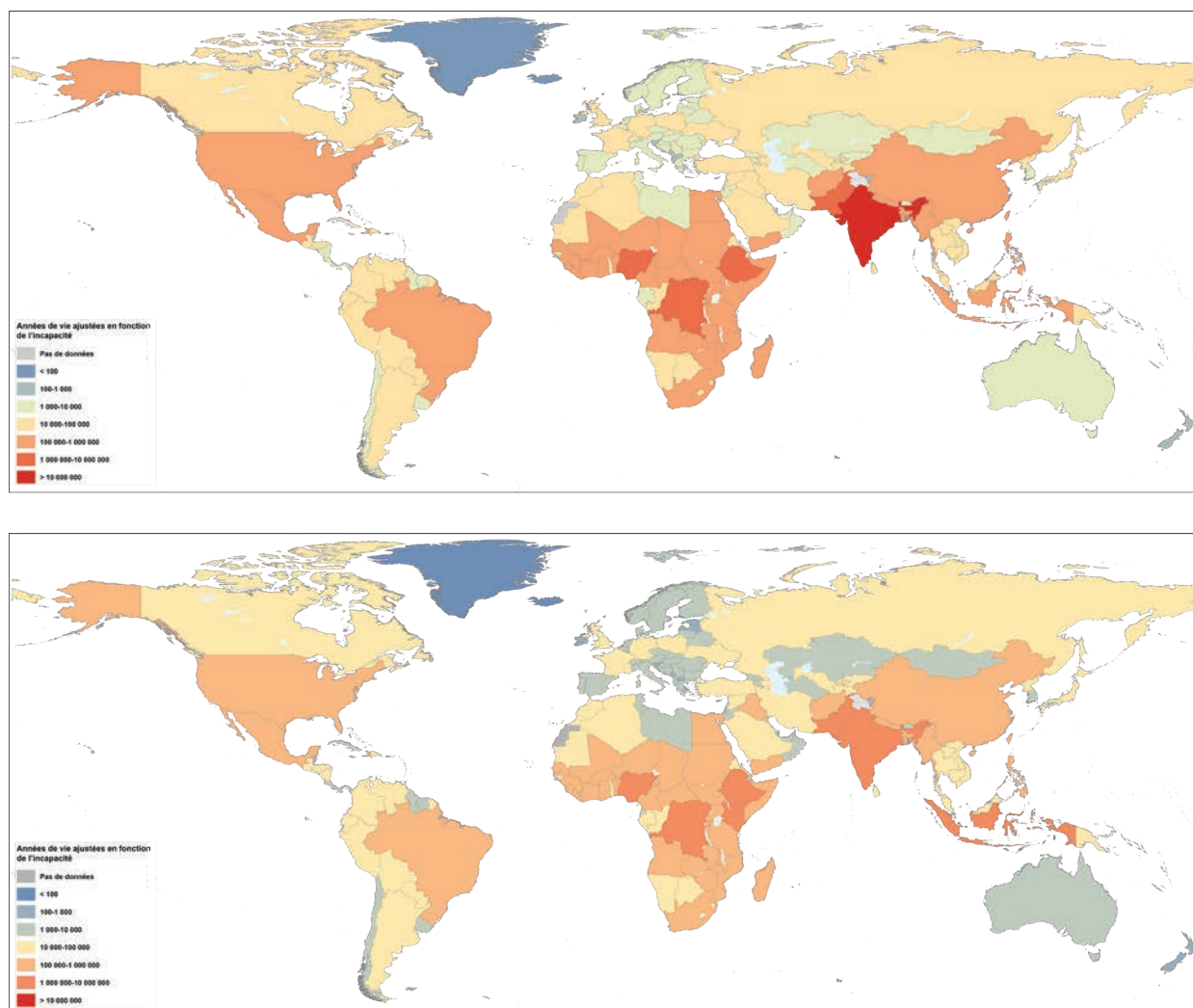
aux parasites. Les rôles sexospécifiques de la collecte de l'eau et de la prise en charge des enfants, y compris l'élimination de leurs selles, peuvent accroître encore plus l'exposition des femmes aux sources d'infection. Néanmoins, une étude systématique et une méta-analyse récentes révèlent que, dans l'ensemble, la diarrhée infectieuse est plus fréquente chez les hommes. La schistosomiase est également plus fréquente chez les hommes, mais le choléra frappe plus fréquemment les femmes (Sevilimedu *et al.*, 2016).

Les changements prévus du cycle hydrologique associés au changement climatique risquent d'exacerber les maladies liées à la santé environnementale, en particulier la diarrhée (GBD 2015 DALYs and HALE Collaborators, 2016 ; Mukabutera *et al.*, 2016 ; Musengimana *et al.*, 2016 ; Thiam *et al.*, 2017).

9.8.2 La sécurité alimentaire

Les utilisations agricoles, principalement l'irrigation, représentent 70 % de l'ensemble des prélèvements d'eau dans le monde (FAO, 2016). Les terres irriguées, qui représentaient 25 % de la superficie totale des terres cultivées en 2012 (FAO, 2016), sont néanmoins à l'origine de la moitié de la production agricole mondiale (FAO,

Figure 9.21 : Morbidité mondiale (en années de vie ajustées en fonction de l'incapacité) due aux maladies diarrhéiques (tous âges confondus) pour les femmes (en haut) et les hommes (en bas)



Source : GBD 2015 DALYs and HALE Collaborators (2016).



2016). Les effets du changement climatique sur la température et les régimes de précipitations pourraient entraîner des demandes d'irrigation supplémentaires, la pénurie d'eau dans plusieurs régions pouvant limiter les rendements des cultures d'ici à 2070 (Elliott *et al.*, 2014). Des efforts sont en cours dans le monde entier pour faire face aux changements hydrologiques prévus, notamment par l'adoption de technologies d'irrigation plus économes en eau, tandis que le commerce des produits agricoles offre des possibilités d'améliorer la sécurité alimentaire et de s'adapter à la pénurie d'eau grâce aux importations alimentaires (Organisation des Nations Unies [ONU], 2017).

La qualité et la disponibilité de l'eau d'irrigation et des terres irriguées devraient diminuer en même temps, ce qui pourrait avoir des effets négatifs sur la sécurité alimentaire et la santé humaine. Environ 34,2 Mha de terres irriguées ont été touchés par la salinisation (Mateo-Sagasta et Burke, 2012), ce qui représente 10 % de la superficie totale irriguée dans le monde (324 Mha) (FAO, 2017). Quelque 60 % des eaux d'irrigation n'atteignent pas les cultures du fait des fuites, des déversements et de l'évaporation (FAO, 2017), les pertes étant particulièrement élevées dans les pays en développement dotés d'infrastructures d'irrigation de piètre qualité. L'amélioration de l'efficacité de l'irrigation pourrait changer considérablement la donne. La région méditerranéenne pourrait économiser 35 % de son eau d'irrigation grâce à ces gains d'efficacité (Fader *et al.*, 2016).

La sécurité alimentaire et les demandes en eau qui lui sont associées sont et seront de plus en plus accentuées par la croissance démographique (FAO, 2016). L'évolution des préférences alimentaires associée à l'augmentation des revenus accroît également les besoins en eau, les produits d'élevage étant plus gourmands en eau que les cultures. Selon les projections, la consommation mondiale de viande et de produits laitiers devrait augmenter respectivement de 89 et de 81 % au cours de la période de 2002 à 2050, les pays en voie de développement enregistrant les taux de croissance les plus élevés (Thornton, 2010). Cependant, l'utilisation de cultures résistantes à la sécheresse ou aux inondations sera essentielle pour améliorer la productivité des industries agricoles, compte tenu de l'évolution des conditions d'approvisionnement en eau (Zandalinas *et al.*, 2018).

Le concept de commerce d'eau virtuelle (c'est-à-dire l'eau intégrée dans des produits commercialisés allant des cultures aux produits manufacturés) illustre les avantages comparatifs de certaines utilisations de l'eau, notamment l'agriculture et l'énergie, dans des régions données (Gilmont *et al.*, 2018). Si l'eau est correctement tarifée et répartie, les forces du marché peuvent favoriser l'efficacité globale en tirant parti de ces avantages – le commerce d'eau virtuelle assurant une redistribution efficiente de l'eau – et en aidant à résoudre le problème de la déconnexion entre les impacts de la consommation et ceux de la production (Mekonnen et Hoekstra, 2011 ; Vörösmarty *et al.*, 2015). Cependant, le prix et la valeur de l'eau ne sont pas toujours appropriés : l'eau contenue dans les produits alimentaires est contrôlée par les sociétés de la chaîne d'approvisionnement et le commerce international, qui ne tiennent compte ni des services écosystémiques ni des coûts de la dégradation des bassins versants. Le problème réside dans l'absence de systèmes de comptabilité pour la gestion de l'eau au sein des systèmes de marché, ainsi que dans l'octroi de subventions et l'imposition de taxes pour maintenir les bas prix des aliments (Keulertz, Allan et Colman, 2015 ; Allan et Matthews, 2016). Les agriculteurs sont confrontés aux pressions qui en résultent sur les prix des aliments, ce qui les empêche de gérer et de préserver l'eau et les écosystèmes (Allan et Matthews, 2016).

9.8.3 La sûreté et la sécurité des personnes

La dégradation de la qualité de l'eau, la rareté physique et économique de l'eau, ainsi que la perte de services des écosystèmes dulcicoles ont d'importantes répercussions sur

la sûreté et la sécurité des personnes. Les inondations et les sécheresses touchent un nombre toujours plus grand de personnes vulnérables (GIEC, 2014), ce qui amplifie les implications en matière de sécurité et de migration dans les bassins transfrontaliers.

La coopération transfrontalière face aux pénuries d'eau, aux inondations et aux sécheresses est une entreprise difficile, qui peut toutefois favoriser une gestion et une adaptation plus efficaces et plus efficientes grâce à la mutualisation des données, des modèles, des scénarios et des ressources disponibles, et à l'élargissement de l'espace de planification pour localiser les mesures d'adaptation, y compris les bassins transfrontaliers (CEE-ONU et Réseau international des organismes de bassin, 2015). La gestion des eaux transfrontières crée des avantages dans les domaines du commerce international, de l'adaptation au changement climatique, de la croissance économique, de la sécurité alimentaire, et de l'amélioration de la gouvernance et de l'intégration régionale.

Environ 286 bassins fluviaux transfrontières internationaux impliquant 151 pays posent des problèmes difficiles de gestion (Centre PNUE-DHI et PNUE, 2016), tout comme les lacs et les réservoirs transfrontières. De plus, on dénombre actuellement 366 aquifères transfrontières et 226 masses d'eau souterraine transfrontières, sous presque tous les pays (International Groundwater Resources Assessment Centre et UNESCO – Programme hydrologique international, 2015). Même au sein des pays fédérés (par exemple, l'Australie, l'Inde, les États-Unis), les problèmes transfrontières peuvent être tout aussi aigus à l'échelle des États ou des provinces. Bien qu'historiquement, la gestion de l'eau ait plutôt conduit à la coopération qu'au conflit, d'importants conflits entre les acteurs peuvent encore survenir au cours de la mise en œuvre de accords internationaux et interétatiques. L'intensification de la pollution de l'eau et des pénuries d'eau peut causer des tensions intérieures et internationales, bien qu'elle soit rarement le seul déclencheur de ces conflits, puisqu'ils ont généralement pour origine un mélange complexe de conflits sociaux et politiques, de facteurs économiques, démographiques et environnementaux, d'occupation militaire et de guerres pour l'hégémonie sur l'eau.

9.9 Réponses stratégiques

Les activités humaines dominent maintenant les changements dans la biosphère et le fonctionnement du système terrestre (Green *et al.*, 2015 ; Vörösmarty, Meybeck et Pastore, 2015 ; Vörösmarty *et al.*, 2015), « entraînant des résultats complexes et souvent indésirables, notamment des changements sans précédent dans la circulation de l'eau à l'échelle mondiale » (Bhaduri *et al.*, 2016).



Encadré 9.3 : La Jordanie confrontée à une double crise des réfugiés et de l'eau

La Jordanie, l'un des pays les plus pauvres en eau au monde, ne fournit que 150 m³ d'eau par personne par an, ce qui est bien inférieur au niveau de 1 000 m³ par habitant qui dénote une pénurie d'eau. De plus, la Jordanie héberge actuellement plus de 717 000 réfugiés syriens et irakiens, ce qui aggrave la pression sur l'approvisionnement en eau douce. L'oasis luxuriante d'Azraq, autrefois permanente, s'étendait sur plus de 6 000 ha, abritait une variété d'espèces végétales et animales, y compris des oiseaux migrateurs, et constituait également la principale source d'eau d'Amman, la capitale de la Jordanie. Cependant, elle était presque complètement à sec en 1990, en raison de la surexploitation de l'aquifère sous-jacent. En 2017, plus de 35 000 réfugiés vivaient dans le camp de réfugiés de l'oasis d'Azraq (Haut-Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés, 2017), une situation insoutenable qui contribue à aggraver le stress hydrique (Alhajahmad et Lockhart, 2017).



Outre les nombreux autres défis à relever en matière de durabilité (Yihdego et Salem, 2017), *L'avenir que nous voulons*, adopté par les États membres des Nations Unies en 2012 (Rio+20), reconnaît que « l'eau est au cœur du développement durable » (Assemblée générale des Nations Unies [AGNU], 2012 ; UNESCO et WWAP, 2015). Cependant, les mesures urgentes prises à l'échelle locale pour répondre aux besoins en eau des humains peuvent entraîner une augmentation du stress environnemental régional et mondial et des compromis (Bhaduri *et al.*, 2016).

Avec l'adoption du Programme de développement durable à l'horizon 2030, l'Assemblée générale des Nations Unies a adopté un objectif consacré spécifiquement à l'eau (ODD 6), qui comprend huit cibles, dans un cadre global établissant des liens entre l'approvisionnement en eau potable, l'assainissement, l'efficacité de l'utilisation de l'eau, la qualité de l'eau et la durabilité. Ce cadre comprend des objectifs en matière de gestion intégrée des ressources en eau et de coopération transfrontière ; dans la présente section, nous examinons diverses approches de gouvernance mondiales et régionales ainsi que les mesures stratégiques à prendre pour les atteindre. L'efficacité de certains exemples précis est examinée au chapitre 16.

9.9.1 Élargir l'accès à l'eau potable et aux services d'assainissement (cibles 6.1 et 6.2 des ODD)

De nombreux outils et réponses stratégiques se sont avérés efficaces pour accroître l'accès à l'eau potable et à un meilleur assainissement pendant la période des OMD (de 2000 à 2015). Bien que les investissements liés à l'eau et les outils stratégiques appropriés demeurent une priorité mondiale absolue, il existe des différences importantes entre les pays et entre les zones rurales et urbaines. Les technologies innovantes ont joué un rôle important ; l'UNICEF a introduit des latrines à fosse améliorées et ventilées dans les années 1980, et les pompes manuelles de petit calibre se sont révélées efficaces dans plusieurs régions d'Afrique. Une gamme de technologies sera nécessaire pour faire face à la situation unique de certaines communautés et aux objectifs ambitieux des cibles 6.1 et 6.2 des ODD. La construction de citernes de collecte d'eau dans les zones rurales au Brésil a permis de réduire de 90 % le temps consacré à la collecte de l'eau (Gomes et Heller, 2016). Néanmoins, il reste encore beaucoup à faire pour réduire les écarts d'accès décrits à la section 9.7.1.

Les mécanismes de financement

L'eau potable et l'assainissement sont reconnus comme des droits fondamentaux de la personne, et des avantages économiques considérables sont réalisés par l'investissement dans les services d'adduction d'eau et d'assainissement. Ces avantages, qui peuvent être quantifiés sous la forme d'un gain global estimatif de 1,5 % du produit intérieur brut (PIB) mondial et d'un rendement de 4,3 dollars É.-U. pour chaque dollar investi, sont attribuables à la réduction des coûts des soins de santé, à une productivité et un engagement bonifiés sur les lieux de travail grâce à un meilleur accès aux installations appropriées (OMS, 2017b).

L'insuffisance du financement, la corruption et la rapidité de la croissance démographique continuent de limiter la réalisation des cibles des ODD relatives à l'eau et à l'assainissement dans les pays d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie occidentale (PNUE, 2016c ; PNUE, 2016d ; PNUE, 2016f). Le déficit de financement est en partie comblé par l'affectation de fonds nationaux, par exemple dans la Déclaration de la Conférence panafricaine de 2003 sur la mise en œuvre et le partenariat dans le domaine de l'eau (Union africaine [UA], 2015 ; PNUE, 2016d). Les gouvernements d'Amérique latine ont élargi l'accès des populations vulnérables à l'eau potable en injectant des fonds publics (Commission économique pour l'Amérique latine et les Caraïbes, 2017 ; PNUE, 2016f).

L'OMS a lancé la méthodologie TrackFin pour suivre le financement de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène à l'échelle nationale, ce

qui a permis d'élaborer des politiques fondées davantage sur des données probantes (ONU-Eau et OMS, 2015).

Les approches du marché en tant qu'outils stratégiques

L'accès à l'eau potable et l'assainissement sont généralement considérés comme des biens publics financés ou fournis par l'intermédiaire d'entités quasi gouvernementales. Cependant, une tarification de l'utilisation de l'eau reflétant les coûts d'investissement et de fonctionnement du traitement de l'eau et incitant à économiser l'eau (Giannakis *et al.*, 2016), de même que l'investissement privé dans l'eau, sont devenus plus courants dans certaines régions du monde, tout en restant controversés ailleurs (Harris *et al.*, 2015).

Les programmes de réglementation

Les programmes de réglementation en vigueur en Amérique du Nord, en Europe et dans plusieurs régions d'Asie reposent sur des règlements exécutoires adoptés par des paliers gouvernementaux multiples et mettant l'accent sur l'adduction d'eau potable par les services publics et sur le traitement approprié des eaux usées avant leur rejet. Les normes relatives à l'eau potable protègent la santé publique, en particulier dans les communautés vulnérables. Un programme de réglementation solide, axé sur les rejets municipaux et plus particulièrement les rejets industriels, pourrait améliorer l'approche stratégique dans plusieurs régions d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine (Masson, Walter et Priester, 2013 ; Aguilar-Barajas *et al.*, 2015 ; PNUE, 2016f).

9.9.2 Améliorer la qualité de l'eau (cibles 6.3 et 15.1 des ODD)

Cette cible est axée sur la réduction de la pollution, la diminution de moitié de la proportion d'eaux usées non traitées et l'augmentation à l'échelle mondiale du recyclage et de la réutilisation de l'eau, comme moyens d'améliorer la qualité de l'eau tant pour les utilisations humaines – couvertes par les plans de gestion de la sécurité sanitaire de l'eau préconisés par l'OMS – que pour la santé des écosystèmes aquatiques.

Dans la région paneuropéenne, la base des limites de rejet des eaux usées, ainsi que de la collecte, du rejet et du traitement des eaux usées, a été fixée par des instruments juridiques régionaux, notamment la Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux (ouverte à l'adhésion de tous les États membres de l'ONU depuis 2016), y compris son Protocole sur l'eau et la santé, et la directive de l'Union européenne relative au traitement des eaux urbaines résiduaires (WWAP, 2017). La mise en œuvre de ces mesures à l'échelon national a permis d'obtenir des avantages en termes de qualité de l'eau au-delà des pays qui ont mis en œuvre ces instruments.

La connaissance de la quantité et de la qualité des polluants, et de l'endroit où ils sont rejetés dans l'eau, demeure une condition préalable pour s'attaquer à la pollution de l'eau et à ses impacts sur la santé humaine et environnementale (Sustainable Facilities Tool, 2017). Certains pays (ou certaines régions) s'attaquent à cet objectif par le biais des Registres de rejets et de transferts de polluants (voir CEE-ONU, 1998). Sur la voie d'une économie circulaire (ODD 12), cependant, il conviendrait d'envisager une analyse et une gestion complètes du « cycle de vie ».

9.9.3 L'efficacité de l'utilisation de l'eau et les réponses à la pénurie d'eau (cible 6.4 des ODD)

Pour remédier à la pénurie d'eau, il faut réduire la consommation d'eau et en améliorer l'efficacité. Cela inclut la réutilisation de l'eau, l'adoption de cultures et d'industries moins exigeantes, le rationnement de l'eau, l'amélioration des pratiques agricoles et la mise en place d'un commerce de l'eau virtuelle qui comptabilise les coûts liés à l'eau. Cependant, même une utilisation plus efficace de l'eau douce ne répond pas toujours aux besoins des collectivités, ce



qui nécessite le développement de sources d'eau supplémentaires (par exemple, la collecte des eaux de pluie, la désalinisation, le captage des eaux de brouillard). L'eau est transférée sur de grandes distances et même d'un bassin de drainage à l'autre dans les régions arides (par exemple, Salem, 2009). Les stratégies de gestion et les améliorations technologiques décrites ci-après visent à contrer la pénurie d'eau et le stress hydrique.

La valorisation de l'eau

Une valorisation améliorée de l'eau est au cœur du lien entre l'eau, l'alimentation et l'énergie, compte tenu de facteurs tels que le changement climatique, la population et l'utilisation des terres (Fader *et al.*, 2016). La valorisation de l'eau consiste à réduire le gaspillage de l'eau, contrairement à la conservation des ressources en eau qui, elle, met l'accent sur la réduction de la consommation d'eau. À cette fin, la demande alimentaire croissante exige une productivité accrue par litre d'eau. Une meilleure valorisation de l'eau pourrait également entraîner une réduction de la consommation d'eau pour la production d'énergie, en supposant une transition progressive vers des sources d'énergie autres que les combustibles fossiles. L'urbanisation rapide exige la protection des sources d'eau, la réduction des pertes découlant de la réticulation et l'augmentation de la quantité d'eau stockée.

Des gains d'efficacité ont été réalisés dans plusieurs secteurs et régions grâce à des améliorations technologiques et de gestion. En tant que premier consommateur mondial d'eau, l'agriculture renferme le plus grand potentiel en matière de valorisation de l'eau. Toutefois, les données mondiales existantes sont insuffisantes pour évaluer avec précision l'état et les tendances générales de la valorisation de l'eau dans les secteurs industriel et domestique. L'initiative de surveillance intégrée de l'ONU-Eau, lancée en 2014, tente de combler les lacunes en matière de surveillance mondiale de l'eau (ONU-Eau, 2017). Les données existantes éclairent la transition des OMD aux ODD, mais il faudra améliorer la distribution spatiale et la fréquence des mesures pour renforcer la surveillance, la modélisation et la gestion des ressources en eau.

La désalinisation

La désalinisation permet de remédier à la pénurie d'eau dans les régions arides et les grandes villes côtières comme la bande de Gaza, sur la mer Méditerranée (Bureau de la coordination des affaires humanitaires, 2017). Environ 60 % de la désalinisation mondiale se produit dans les pays arides d'Asie occidentale (par

exemple, l'Arabie saoudite, le Bahreïn, le Koweït, Oman, le Qatar, les Émirats arabes unis) (Abuzeid, 2014 ; Abuzeid *et al.*, 2014 ; PNUE, 2016c). La désalinisation est également de plus en plus courante en Californie (États-Unis) et dans l'est de l'Australie, des régions qui sont sujettes à des années de sécheresse récurrentes (Little, 2015 ; PNUE, 2016a).

Au nombre des impacts de la désalinisation, on peut citer la forte demande énergétique, les risques associés aux émissions de gaz à effet de serre, les effets des rejets de saumure lourde dans les écosystèmes côtiers (Jenkins *et al.*, 2012) et l'entraînement d'organismes marins dans les infrastructures (Dawoud et Al Mulla, 2012). L'industrie de la désalinisation s'efforce d'atténuer ces impacts, et les progrès réalisés dans les domaines des membranes et de l'efficacité énergétique pourraient abaisser les coûts de 20 % d'ici cinq ans et de 60 % d'ici 20 ans (Voutchkov, 2016).

Le rationnement de l'eau

Dans des conditions de pénurie d'eau, les autorités responsables de l'eau et les pouvoirs publics doivent accorder la priorité des allocations d'eau à des secteurs et des utilisateurs précis. Certes, les mécanismes de rationnement sont généralement déterminés par les droits légaux sur l'eau, mais on peut aussi instaurer des mesures d'urgence pour protéger le public et l'économie (voir aussi l'encadré 9.4).

La réutilisation de l'eau

La réutilisation ou la récupération de l'eau est un concept qui consiste à traiter des eaux usées comme une ressource plutôt que comme des déchets au degré de contamination variable rejetés dans l'environnement (UNESCO et WWAP, 2015). L'eau recyclée est le plus souvent utilisée dans les pays développés à des fins non potables (par exemple pour l'irrigation agricole, paysagère et des parcs), le refroidissement des centrales thermiques, les procédés industriels et la recharge des lacs et des zones humides naturels ou artificiels (PNUE, 2016a ; PNUE, 2016c). Singapour utilise de l'eau recyclée pour des usages potables indirects et des usages non potables directs. Windhoek, en Namibie, l'utilise pour recharger les aquifères qui alimentent ensuite la réserve d'eau en vrac. Le recyclage des eaux usées traitées offre de multiples avantages : il évite de détourner l'eau des écosystèmes sensibles et réduit les rejets d'eaux usées dans les eaux de surface, en plus de constituer un approvisionnement en eau fiable et contrôlé localement et d'offrir la possibilité de créer des emplois verts.



Encadré 9.4 : Comment les villes font face à la pénurie d'eau

Fin février 2018, Le Cap a été confronté à la perspective du « jour zéro », un terme inventé pour la date – alors estimée au 9 juillet – à laquelle il était prévu que la ville manquerait d'eau, que les robinets s'assècheraient et que toute l'adduction municipale serait redirigée vers des points de collecte d'urgence (Poplak, 2018). Cette grave pénurie d'eau urbaine au Cap est significative, car cette ville aurait pu être la première grande ville moderne à littéralement manquer d'eau municipale si le jour zéro n'avait pas été évité grâce à des pluies suffisantes au début de la saison hivernale. Il y a eu des précédents dans d'autres villes telles que Barcelone, la capitale régionale de la Catalogne, qui a subi en 2008 sa pire sécheresse depuis l'instauration des registres il y a 60 ans, le niveau de ses réservoirs s'abaissant jusqu'au quart de leur capacité normale (Keeley, 2008). En 2015, São Paulo, capitale financière du Brésil et l'une des villes les plus peuplées au monde (plus de 21,7 millions d'habitants), a connu une épreuve similaire à celle du Cap lorsque le niveau de son réservoir principal est tombé en deçà de 4 % de sa capacité (Gerberg, 2015).

La situation au Cap a été causée par une sécheresse d'une durée de trois ans, considérée comme un événement hydrologique qui survient environ une fois tous les 400 ans, laquelle a entraîné la baisse du niveau du plus grand réservoir de stockage (le barrage de Theewaterskloof) à 11 % de sa capacité (Poplak, 2018). Cependant, cette cause proche doit être comprise dans le contexte des efforts visant à corriger les inégalités historiques et à surmonter les divisions institutionnelles, et de la nécessité d'innover face au changement climatique.

L'analyse des données de consommation d'eau de 400 000 ménages (Visser et Brühl, 2018) illustre la façon dont les Capétoniens se sont ralliés pour éviter le jour zéro. Plus de quatre ans de données sur la consommation d'eau indiquent que l'utilisation par toutes les tranches de consommation domestique a convergé, 63 % des ménages atteignant la cible recommandée (moins de 10,5 kilolitres [kl] par mois) en juillet 2017, et 30 % des ménages atteignant la cible inférieure de 6 kl par ménage et par mois avant même son entrée en vigueur en février 2018. Ainsi, Le Cap a réussi à réduire de moitié sa consommation d'eau en trois ans, grâce à une vision commune et à l'engagement de ses habitants. Un message à retenir pour Le Cap, et peut-être pour le monde entier, est que « la foi des gens dans la capacité des uns et des autres à sauvegarder l'eau restante en tant qu'élément d'une ressource commune est essentielle » (Visser et Brühl, 2018).



L'utilisation d'eaux usées traitées pour l'irrigation agricole peut fertiliser les cultures et bénéficier à la production tout en empêchant les nutriments et les matières organiques de pénétrer dans les systèmes dulcicoles. Cependant, les eaux usées insuffisamment traitées peuvent introduire des agents pathogènes, des métaux, un excès de nutriments, des POP et de nouveaux contaminants, et poser de graves risques pour les travailleurs et les communautés environnantes. Une réglementation plus poussée, des investissements accrus dans le traitement et une évaluation des risques sont essentiels pour une réutilisation sans danger des eaux usées (OMS, 2006).

En Asie occidentale, les Émirats arabes unis réutilisent actuellement la totalité des eaux usées traitées (290 Mm³ par an), tandis que l'Arabie saoudite en réutilise 166 Mm³. Cette eau récupérée est réutilisée pour la production agricole dans l'oasis d'Al Hassa, en Arabie saoudite, après avoir été mélangée à de l'eau souterraine (PNUE, 2016c).

La gestion efficace considère un bassin hydrographique ou un bassin intégral comme un système socio-écologique intégrant les utilisations agricoles, forestières, industrielles, domestiques et commerciales dans le contexte de l'écosystème. Cette pratique a amélioré la disponibilité de l'eau, l'assainissement et le traitement des eaux usées dans de nombreux pays (cibles 6.5 et 6.6 des ODD) (PNUE, 2016a ; PNUE, 2016f ; PNUE, 2016h). La gestion des bassins fluviaux européens relève des diverses pressions, classifie les résultats de la surveillance et œuvre à la réalisation d'objectifs environnementaux (par exemple, Commission internationale pour la protection du Danube, 2008). Des progrès substantiels ont également été réalisés dans la gestion des bassins fluviaux transfrontaliers (par exemple, Commission européenne, 1992 ; Commission européenne, 2000). Pour faire progresser la gouvernance des eaux de surface et des eaux souterraines, il faut une coopération allant de l'échelon multinational au local, soutenue par une gestion des données et de l'information en temps réel (Smith *et al.*, 2016).

9.9.4 La gouvernance de l'eau (cible 6.5 des ODD)

Selon la définition communément admise, la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) est « un processus qui favorise le développement et la gestion coordonnés de l'eau, des terres et des ressources connexes, en vue de maximiser, de manière équitable, le bien-être économique et social en résultant, sans pour autant compromettre la pérennité d'écosystèmes vitaux » (Partenariat mondial pour l'eau, 2000). La GIRE reconnaît que l'eau est à la fois une ressource naturelle essentielle à la société et à l'économie et une composante à part entière de tous les écosystèmes. Bien que les discussions sur les mérites de la GIRE se poursuivent (par exemple, Jeffrey et Gearey, 2006 ; Mukhtarov et Gerlak, 2014), ce concept stratégique important est en place dans plus d'une centaine de pays (Conca, 2006 ; PNUE, 2012a). La GIRE est un outil de réforme progressif, qui exige une forte volonté politique de changement et une intégration adaptée au contexte de chaque problème stratégique. Toutefois, ce n'est pas une panacée capable de régler tous les aspects complexes de la gouvernance de l'eau (Ingram, 2013). Les Principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau sont pertinents pour la GIRE, car ils mettent l'accent sur la confiance entre les acteurs. Une approche complémentaire, la gestion intégrée des bassins lacustres (GIBL), reconnaît la capacité tampon des lacs, des zones humides et des systèmes d'eau stagnante ; elle est axée sur « l'amélioration graduelle, continue et globale de la gouvernance d'un bassin par ses parties prenantes » (Research Center for Sustainability and Environment, Shiga University et ILEC, 2014).

La cible 6.5 des ODD appelle tous les pays, d'ici à 2030, à « assurer la GIRE à tous les niveaux, y compris au moyen de la coopération transfrontière ». Il est souvent question aussi des incidences transfrontières possibles sur les ressources en eau

dans les procédures mises en place par la Convention d'Espoo et son protocole relatif à l'évaluation stratégique environnementale. Pour faciliter l'évaluation et la gestion des systèmes d'eau transfrontières, le PNUE, en collaboration avec le FEM et ses partenaires, a préparé une évaluation mondiale de l'état des lacs, des cours d'eau, des aquifères et systèmes d'eaux souterraines des petites îles, des grands écosystèmes marins et de la haute mer, le Programme d'évaluation des eaux transfrontières (TWAP) (PNUE, 2011). L'International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC), partenaire du TWAP, a mis au point un système de gestion de l'information sur les eaux souterraines pour remédier à la pénurie de données quantitatives en temps réel normalisées sur les paramètres clés des eaux souterraines, et a souligné l'inadéquation de la gouvernance des eaux souterraines à tous les échelons.

L'évolution récente du droit international de l'eau a considérablement renforcé la base juridique en ce qui concerne les eaux stagnantes (lentiques) et les eaux de surface et souterraines courantes (lotiques). La Convention sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation (Convention des Nations Unies sur les cours d'eau internationaux), adoptée en 1997, est entrée en vigueur ; la Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux de 1992 (Convention sur l'eau de la CEE-ONU, telle que modifiée en 2013) a été ouverte à tous les États membres de l'ONU ; enfin, le Projet d'articles sur le droit des aquifères transfrontières de 2008 de la Commission du droit international a été recommandé aux gouvernements par l'AGNU. Les deux conventions, qui fonctionnent maintenant en tandem à l'échelle mondiale, ont un effet catalyseur notable sur la révision des accords existants et la négociation de nouveaux accords sur les cours d'eau, les lacs et les aquifères à l'échelle des bassins. L'aide financière à la mise en œuvre des accords existants demeure un défi. Ces accords sont complétés par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, la Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau (Convention de Ramsar, 2016) et la Convention sur la diversité biologique (CDB, 1992), qui traitent de la protection d'écosystèmes liés à l'eau. Les instruments de gestion de l'eau au niveau régional comprennent la Directive-cadre sur l'eau de l'Union européenne (Commission européenne, 2000).

9.9.5 La gestion combinée des eaux de surface et souterraines

L'épuisement des eaux souterraines peut entraîner l'épuisement de l'écoulement fluvial (Hunt, 1999 ; Kendy et Bredehoeft, 2006), alors que la dérivation de l'écoulement fluvial peut limiter la recharge des eaux souterraines. La gestion de ces deux sources en tant qu'entités distinctes découle d'une connaissance limitée des systèmes d'eau souterraine et de leurs relations spatiales et temporelles avec les eaux de surface, une situation qui n'est plus justifiable (Famiglietti, 2014 ; McNutt, 2014). Les expériences actuelles font ressortir l'intérêt d'une gestion et d'une utilisation combinées des eaux de surface et des eaux souterraines comme « une seule et même eau » (Sticlor, 2014), ce qui permet de se prémunir à la fois contre les sécheresses et les inondations. Une gestion saine tiendrait compte de l'impact potentiel à long terme du prélèvement soutenu d'eaux souterraines sur les écosystèmes des zones arides ou semi-arides qui dépendent de ces eaux.

Le stockage et la recharge reconstitutive des aquifères (Pyne, 1995), de même que la recharge contrôlée des aquifères (Dillon *et al.*, 2009), deviennent des outils pertinents pour lutter contre les pénuries d'eau chroniques (par exemple, dans l'Arizona, aux États-Unis) (Lacher *et al.*, 2014 ; Scanlon *et al.*, 2016 ; Stefan et Ansems, 2017). Le stockage de l'eau souterraine pourrait jouer un rôle important dans les zones semi-arides et arides d'Afrique (par exemple, au Botswana et en Afrique du Sud) lors de fortes pluies



épisodeques ou lorsque les possibilités de stockage et de transfert des eaux de surface sont épuisées (Tredoux, van der Merwe et Peters, 2009 ; Bugan *et al.*, 2016). La capture et le stockage des eaux de pluie de mousson dans les aquifères épuisés sont en cours d'expérimentation en Inde (International Water Management Institute, 2016).

Les principes de l'aménagement urbain axé sur la conservation de l'eau sont essentiels à la valorisation, à la gestion et à la réutilisation de l'eau (Wong, 2011 ; Fisher-Jeffes, Carden et Armitage, 2017) ainsi qu'à la gestion des inondations (Dai *et al.*, 2018) ; citons par

exemple le stockage dans un ou plusieurs aquifères des eaux pluviales et des eaux usées récupérées du milieu urbain. Cette approche est surtout efficace pour atténuer l'affaissement et l'intrusion saline dans les aquifères des villes côtières (Ortuño *et al.*, 2010 ; Bugan *et al.*, 2016).

L'encadré 9.5 illustre le développement combiné des eaux de surface et souterraines d'Hermanus, une ville côtière d'Afrique du Sud, sans induire d'intrusion saline – un cas où l'on vise à atténuer les risques de sécheresse en équilibrant le stockage des eaux de surface et des eaux souterraines.



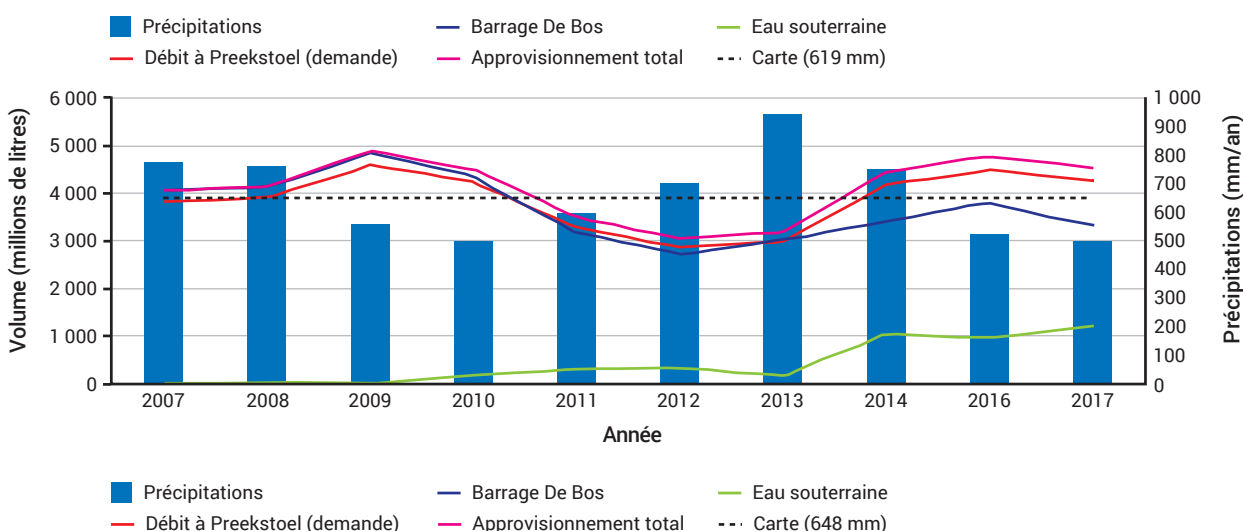
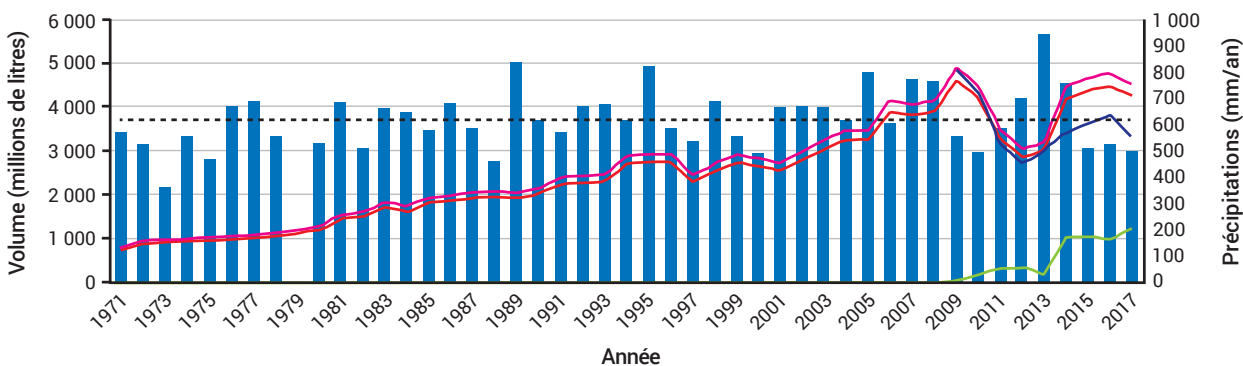
Encadré 9.5 : Hermanus, près du Cap, province du Cap-Occidental, Afrique du Sud: étude de cas pour la mise en valeur et la gestion conjointes des eaux de surface et des eaux souterraines

L'eau souterraine a été utilisée pour alimenter des ensembles immobiliers privés et irriguer des jardins entre 1971 et 2001. La demande en eau pour la zone métropolitaine d'Hermanus a été satisfaite par le barrage De Bos (la demande est représentée sur la **figure 9.22** par la courbe bleue qui longe la courbe violette représentant l'alimentation totale). En 2002, une adduction de 7 750 kl/an d'eau souterraine (courbe verte) a été mise en service; on y a ajouté 24 191 kl/an supplémentaires en 2009, comme l'illustre la séparation entre l'approvisionnement total (courbe violette) et l'influx du barrage De Bos (courbe bleue), tandis que l'ajout d'eau souterraine (courbe verte) maintient l'approvisionnement au-dessus de la demande (courbe rouge).

Le recours accru à l'eau souterraine a été particulièrement efficace pour maintenir l'offre au-dessus de la demande en 2010, lorsque l'approvisionnement par le barrage De Bos (courbe bleue) n'arrivait pas à la satisfaire (ligne rouge). La demande en eau a été satisfaite par l'approvisionnement en eau de surface provenant du barrage, renforcée par trois champs de puits. Des restrictions sur l'eau, instaurées en 2009 en prévision d'une réduction de l'approvisionnement en eau de surface, ont été levées par la suite.

Contrairement aux autres villes de la province du Cap-Ouest qui souffrent d'une grave sécheresse, les habitants de la région métropolitaine d'Hermanus n'ont été informés que le 27 février 2018 qu'il serait nécessaire d'instaurer des restrictions sur l'eau de niveau 1B à partir du 1^{er} mars 2018, mais que les tarifs de l'eau n'augmenteraient qu'une fois que le niveau du barrage aurait baissé jusqu'à 40 % de sa capacité. Le barrage De Bos était plein à 46,5 % à cette date (Overstrand Municipality, 2018).

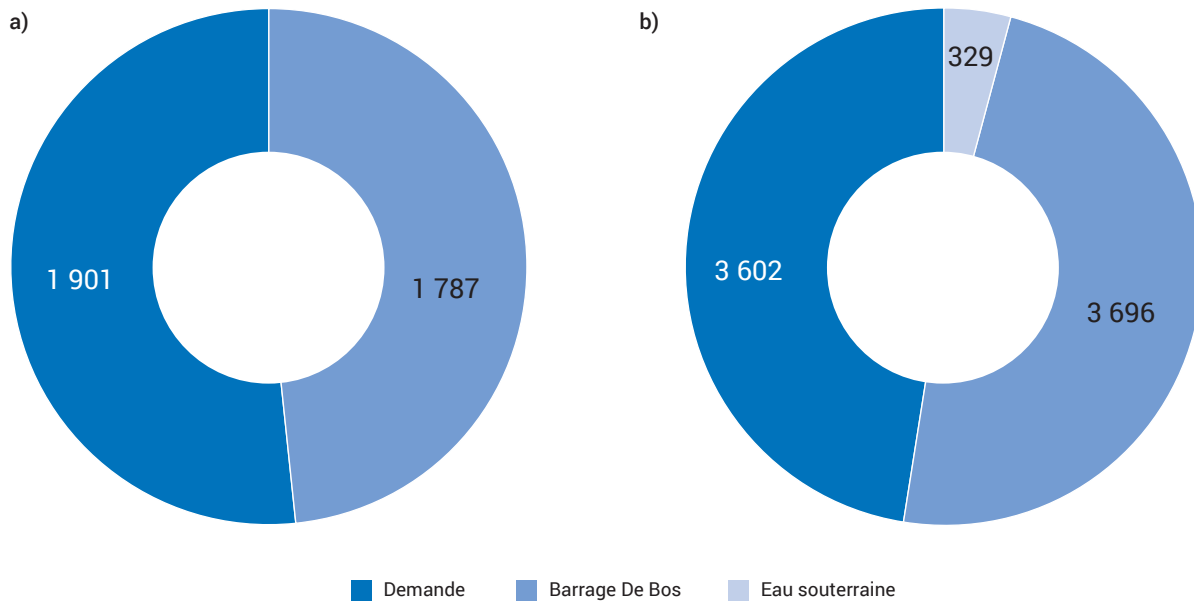
Figure 9.22 : Usage combiné des eaux d'Hermanus



Source : Overstrand Municipality (2018).



Figure 9.23 : Offre et demande d'eau, zone métropolitaine d'Hermanus, 1971-2001 (a) et 2002-2017 (b)



Source : Municipio de Overstrand (2018).

Le succès de cette utilisation combinée est attribuable à l'exhaustivité de la surveillance, de la modélisation et de l'évaluation des risques des sources (l'aquifère et les eaux de surface, des bassins versants et des systèmes sociaux visés, selon une démarche d'apprentissage par la pratique (Bidwell, 2003). La gestion des ressources aquifères nécessite un système de zonage de l'utilisation des terres basé sur la vulnérabilité et les contraintes des aquifères, afin de permettre des taux de prélèvement et une recharge naturelle adéquats (Smith et al., 2016).

La stratégie de surveillance et de gestion du cycle complet de l'utilisation de l'eau par le secteur privé (par exemple, l'agriculture et l'exploitation minière) est de plus en plus reconnue. Parmi les exemples de programmes d'intendance, on peut citer celui de Woolworths, en Afrique du Sud (en partenariat avec le WWF-Afrique du Sud, le WWF-Royaume-Uni, l'Alliance for Water Stewardship et Marks and Spencer) ; la Water and Development Alliance, qui associe Coca-Cola et l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) ; H&M et WaterAid (le Workers' Need Project, en Inde) ; Unilever et Nestlé, en Europe. Le CEO Water Mandate (<https://ceowatermandate.org>) a joué un rôle déterminant dans la promotion des avantages commerciaux de l'intendance de l'eau. Cette intersection entre la gouvernance, l'utilisation, les utilisateurs, la surveillance en temps réel et la modélisation de l'eau pour éclairer le développement et la gestion des ressources fondés sur des données probantes gagne du terrain. Dans la ville en pleine croissance de Bangalore, où 40 % de l'adduction d'eau se perd à cause de fuites, le service d'approvisionnement en eau et d'assainissement a noué une alliance avec IBM et installé des débitmètres à plusieurs points critiques du système de réticulation de l'eau. Les données sont transmises via la technologie de communication GSM (Global System for Mobile) à un serveur central du système d'acquisition et de contrôle des données (SCADA) pour être traitées, agrégées et diffusées sur une plateforme Web et une application mobile destinée aux utilisateurs finaux.

9.9.6 La protection et la restauration des écosystèmes liés à l'eau (cible 6.6 des ODD)

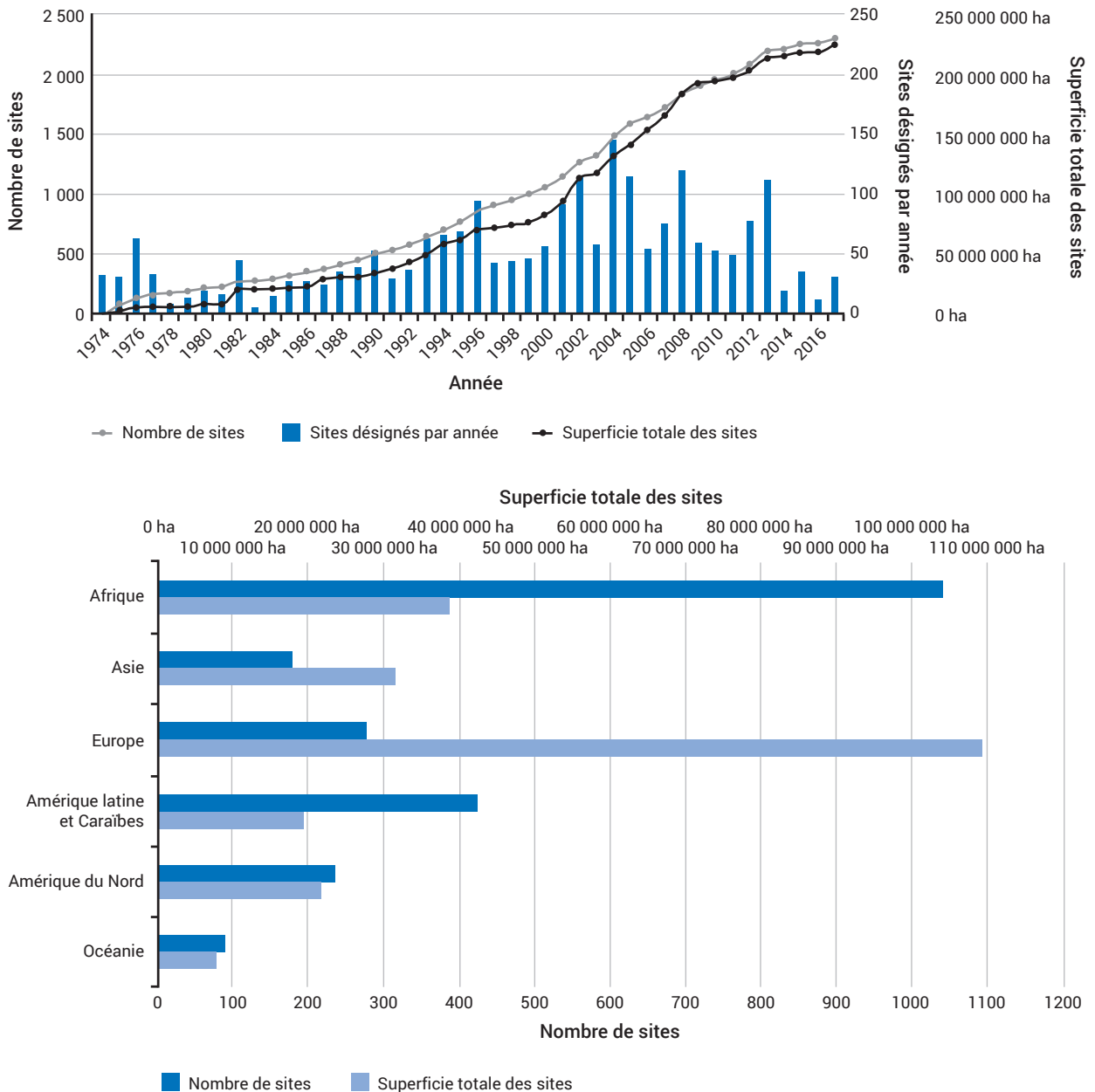
L'importance des écosystèmes liés à l'eau est spécifiquement reflétée dans les objectifs de développement durable relatifs à l'eau (ODD 6) et à la biodiversité terrestre (ODD 15). La cible 6.6, qui vise à « protéger et restaurer les écosystèmes liés à l'eau, notamment les montagnes, les forêts, les zones humides, les rivières, les aquifères et les lacs », souligne leur rôle crucial dans les fonctions du cycle de l'eau et la gestion des bassins versants.

La cible 6.6 des ODD porte un regard sur la variation de l'étendue des écosystèmes tributaires de l'eau. Compte tenu des pertes de zones humides et du déclin de la biodiversité qui y est associé, de nombreux pays réagissent en instaurant des programmes de protection et de gestion des zones humides naturelles et des exigences en matière de débits environnementaux (par exemple, les réserves d'eau du Mexique ; la *National Water Act* en Afrique du Sud [Gouvernement de l'Afrique du Sud, 1998]). Les efforts de restauration et de construction de cours d'eau et de zones humides se poursuivent, y compris l'aménagement de zones humides pour le traitement des eaux pluviales, en Australie, la récupération de plaines alluviales, aux Pays-Bas, et la reconnexion des zones humides et des lacs au cours principal du Yangtsé, en Chine. L'amélioration des données d'observation de la Terre, combinée à une méthodologie de classification, permet aux pays d'obtenir des images précises de leurs écosystèmes liés à l'eau. Il est toutefois urgent d'étendre la surveillance sur le terrain des composantes du cycle de l'eau et d'harmoniser les observations.

La Convention de Ramsar (1971) est un accord multilatéral sur l'environnement qui porte notamment sur la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides. Chaque pays signataire doit désigner et protéger une ou plusieurs « zones humides d'importance internationale » (connues sous le nom de « sites Ramsar »). En tant que Parties contractantes à la Convention,



Figure 9.24 : Sites Ramsar désignés par année et par région



Source : Secrétariat de la Convention de Ramsar (2018).

170 pays avaient inscrit 2 326 sites Ramsar au début de l'année 2018. La superficie totale des zones humides protégées par l'inscription à Ramsar est passée de 81 Mha à près de 250 Mha depuis l'an 2000 (figure 9.24). Les sites Ramsar inscrits depuis quelques années ont tendance à suivre les limites hydrologiques, afin de protéger des bassins versants et des bassins fluviaux entiers (Ramsar, 2018).

9.10 Conclusions

La pénurie généralisée d'eau est maintenant un résultat des liens et des connexions entre le cycle hydrologique, l'agriculture non durable et les systèmes énergétiques. Localement, l'eau est l'objet de litiges et joue un rôle dans les conflits sociaux et les

décisions de migration humaine, dans un contexte marqué par des interconnexions complexes. À l'échelle mondiale, le cycle de l'eau intègre les impacts des activités humaines, de la croissance démographique et du changement climatique. La détérioration de la qualité de l'eau dans l'ensemble des régions et des continents menace la santé des personnes et des écosystèmes, tandis que le changement climatique accélère le cycle de l'eau et amplifie les impacts sur les communautés, sous forme de tempêtes, d'inondations et de sécheresses, d'incendies de forêt et de glissements de terrain extrêmes, de même que par la fréquence accrue des tempêtes de poussière et de sable dans les zones les plus arides. Ainsi, l'eau, en plus d'être un bien public, devient maintenant un multiplicateur de risques pour la santé des personnes et de la planète.



Cependant, il est possible de parvenir à la réalisation des cibles de l'ODD 6 (eau propre et assainissement) par un engagement des secteurs public, privé et non gouvernemental, de la société civile et des acteurs locaux, et par un renforcement mutuel ou des compromis qui tiennent également compte d'autres objectifs interdépendants axés sur l'éradication de la pauvreté (ODD 1), la sécurité alimentaire (ODD 2), la santé (ODD 3), l'égalité entre les sexes (ODD 5), les villes et communautés durables (ODD 11) et la protection de la biodiversité (ODD 14 et 15).

Les accords multilatéraux sur l'environnement (AME) régissant la gestion des ressources en eau et des écosystèmes liés à l'eau et le changement climatique peuvent favoriser la prise en compte de la gestion intégrée des ressources en eau dans les règles de droit – par le biais des législations nationale et locale.

Une gouvernance efficace, efficiente et transparente des ressources en eau est nécessaire, ce qui implique d'améliorer la collaboration et la coordination entre les gouvernements, les institutions techniques, les organisations non gouvernementales et la société civile en vue d'améliorer la surveillance et la qualité des données, ce qui se traduira par de meilleurs services hydrologiques et hydrogéologiques, comme discuté lors de la récente conférence de l'Organisation météorologique mondiale qui s'est tenue en mai 2018 (OMM, 2018). Un investissement accru dans la portée et la rigueur des données normalisées sur l'eau est essentiel pour améliorer la politique et la gouvernance en vue d'une gestion judicieuse de l'eau.

Références



- AbuZeid, K. (2014). An Arab perspective on the applicability of the water convention in the Arab region - Key aspects and opportunities for the Arab countries. *Key Aspects and Opportunities for the Arab Countries*. Tunis, 11-12 June 2014. http://gwp.dev.sublime.se/globalassets/global/gwp-med-files/news-and-activities/mena/tunis-workshop_june2014/5.2.k.abuzeid_waterconvention_arab_region.pdf
- AbuZeid, K., Elrawady, M., CEDARE et Arab Water Council (2014). *2nd Arab State of the Water Report 2012*. Water Resources Management Program-Center for Environment and Development for the Arab Region & Europe (CEDARE) and Arab Water Council http://www.arabwatercouncil.org/images/Publications/Arab_state/2nd_Arab_State_of_the_Water_Report.pdf.
- Adams, M.P., Hovey, R.K., Hipsey, M.R., Bruce, L.C., Ghisalberti, M., Lowe, R.J. et al. (2016). Feedback between sediment and light for seagrass: Where is it important? *Limnology and Oceanography* 61(6), 1937-1955. <https://doi.org/10.1002/lno.10319>
- African Union (2015). *Annual Report of the Commission on the Implementation of the July 2008 Assembly Declaration on the Sharm El-Sheikh Commitments for Accelerating the Achievement of Water and Sanitation Goals in Africa. Assembly Decision (Assembly/AU/DEC.1(XI) of July 2008. The 2015 Africa Water and Sanitation Sector Report: Reviewing Progress and Positioning Africa for 2030 SDGs & Agenda 2063 on Sustainable Water Management and Sanitation*. http://www.amcow-online.org/images/docs/monitoring_evaluation_report_2015_eng.pdf.
- Aguilar-Barajas, I., Mahlknecht, J., Kaledin, J., Kjellén, M. et Abel Mejia, B. (dir.) (2015). *Water and Cities in Latin-America: Challenges for Sustainable Development*. 1st Edition. Water Policy. London: Routledge. <https://www.routledge.com/Water-and-Cities-in-Latin-America-Challenges-for-Sustainable-Development/Aguilar-Barajas-Mahlknecht-Kaledin-Kjellen-Mejia-Betancourt/p/book/9780415730976>.
- Alhajahmad, S. et Lockhart, D. (2017). *Jordan's Recent Economic Performance: Implications for Future Growth, Investment, Refugee Policy, and Refugees*. Amman: West Asia-North Africa (WANA) Institute. http://wana.institute.org/sites/default/files/publications/Publication_JordansRecentEconomicPerformance_English.pdf.
- Allan, T., Keulertz, M. et Colman, T. (2015). The complexity and urgency of water: Time for the accountability profession to step up. *Global Knowledge Gateway, International Federation of Accountants, International Federation of Accountants* <https://www.ifac.org/global-knowledge-gateway/viewpoints/complexity-and-urgency-water-time-accountancy-profession-step>.
- Allan, T. et Matthews, N. (2016). The water, energy and food nexus and ecosystems: The political economy of food non-food supply chains. In *The Water, Food, Energy and Climate Nexus: Challenges and an Agenda for Action*. Dodds, F. et Bartram, J. (dir.). Oxon: Routledge. 78-89. <https://ojspace.cgiar.org/handle/10568/78373>.
- Altchenko, Y. et Vilhoth, K.G. (2013). Transboundary aquifer mapping and management in Africa: A harmonised approach. *Hydrogeology Journal* 21(7), 1497-1517. <https://doi.org/10.1007/s10040-013-1002-3>
- Arunakumara, K.K.I.U., Walpola, B.C. et Yoon, M.H. (2013). Current status of heavy metal contamination in Asia's rice lands. *Reviews in Environmental Science and Bio-Technology* 12(4), 355-377. <https://doi.org/10.1007/s11157-013-9323-1>
- Barbour, E., Wilson, G., Radcliffe, J., Ding, Y. et Li, Y. (2016). A review of pumped hydro energy storage development in significant international electricity markets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 61, 421-432. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.019>
- Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. et Palutikof, J.P. (dir.) (2008). *Climate Change and Water: IPCC Technical Paper VI* Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf>.
- Berendonk, T.U., Manaiia, C.M., Merlin, C., Fatta-Kassinos, D., Cytryn, E., Walsh, F. et al. (2015). Tackling antibiotic resistance: The environmental framework. *Nature Reviews Microbiology* 13, 310-317. <https://doi.org/10.1038/nrmicro3439>
- Bergeron, S., Boopathy, R., Nathaniel, R., Corbin, A. et LaFleur, G. (2015). Presence of antibiotic resistant bacteria and antibiotic resistance genes in raw source water and treated drinking water. *International Biodegradation & Biodegradation* 102, 370-374. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.04.017>
- Bhaduri, A., Bogardi, J., Siddiqi, A., Voigt, H., Vörösmarty, C., Pahl-Wostl, C. et al. (2016). Achieving sustainable development goals from a water perspective. *Frontiers in Environmental Science* 4(64), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00064>
- Bidwell, V. (2003). *Groundwater Management Tools: Analytical Procedure and Case Studies*. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.75.1401&rep=rep1&type=pdf>
- Birkinshaw, S.J., Bathurst, J.C., Iroume, A. et Palacios, H. (2011). The effect of forest cover on peak flow and sediment discharge an integrated field and modelling study in central-southern Chile. *Hydrological Processes* 25(8), 1284-1297. <https://doi.org/10.1002/hyp.7900>
- Blake, D., Mlisa, A. et Hartnady, C. (2010). Large scale quantification of aquifer storage and volumes from the Peninsula and Skurweberg Formations in the southwestern Cape. *Water SA* 36(2), 177-184. <http://www.scielo.org.za/pdf/wsa/v36n2/a05v36n2.pdf>
- Bleischwitz, R., Hoff, H., Spataru, C., van der Voet, E. et vanDeveer, S.D. (dir.) (2018). *Routledge Handbook of the Resource Nexus*. <https://www.routledge.com/Routledge-Handbook-of-the-Resource-Nexus/Bleischwitz-Hoff-Spataru-Voet-VanDeveer/p/book/9781138675490>
- Blum, M.D. et Roberts, H.H. (2009). Drowning of the Mississippi Delta due to insufficient sediment supply and global sea-level rise. *Nature Geoscience* 2, 488-491. <https://doi.org/10.1038/ngeo553>
- Boateng, I., Bray, M. et Hooke, J. (2012). Estimating the fluvial sediment input to the coastal sediment budget: A case study of Ghana. *Geomorphology* 138(1), 100-110. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.08.028>
- Bugan, R.D.H., Jovanovic, N., Israel, S., Tredoux, G., Genthe, B., Steyn, M. et al. (2016). Four decades of water recycling in Atlantis (Western Cape, South Africa): Past, present and future. *Water SA* 42(4), 577-594. <https://doi.org/10.4314/wsa.v42i4.08>
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2008). *Groundwater resources of the world*. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. https://www.whymap.org/whymap/EN/Home/gw_world_g.html#essidid=FFD2359D86966F2836FC2516AC762173_1_cid292?nn=1577094
- Burnett, E., Jonesteller, C.L., Tate, J.E., Yen, C. et Parashar, U.D. (2017). Global impact of rotavirus vaccination on childhood hospitalizations and mortality from diarrhea. *Journal of Infectious Diseases* 215(11), 1666-1672. <https://doi.org/10.1093/infdis/jix186>
- Campuzano, C., Hansen, A.M., De Stefano, L., Martínez-Santos, P., Torrente, D. et Willaarts, B.A. (2014). Water resources assessment. In *Water for Food and Wellbeing in Latin America and the Caribbean: Social and Environmental Implications for a Globalized Economy*. Garrido, A., Willaarts, B.A. et Llamas, M.R. (dir.). Oxon: Routledge. chapter 2, 27-53. <http://www.fundacionbotin.org/89dguuytdfr276ed-uploads/Observatorio%20Tendencias/PUBLICACIONES/LIBROS%20SEM%20INTERN/water%20for%20food%20security/capitulo2.pdf>
- Carmenta, R., Zabala, A. et Phelps, J. (2015). *Indonesian Peatland Fires: Perceptions of Solutions*. Bogor: Center for International Forestry Research. http://www.cifor.org/publications/pdf_files/flyer/5882-flyer.pdf
- Chevallier, P., Pouyau, B., Suarez, W. et Condom, T. (2011). Climate change threats to environment in the tropic Andes: Glaciers and water resources. *Regional Environmental Change* 11 179-187. <https://doi.org/10.1007/s10113-010-0177-6>
- Cloern, J. et Jassby, A. (2012). Drivers of change in estuarine-coastal ecosystems: Discoveries from four decades of study in San Francisco Bay. *Reviews of Geophysics* 50(4), 1-33. <https://doi.org/10.1029/2012RG000397>
- Coe, M.T. et Foley, J.A. (2001). Human and natural impacts on the water resources of the Lake Chad basin. *Journal of Geophysical Research* 106(D4), 3349-3356. <https://doi.org/10.1029/2000JD900587>
- Conca, K. (2006). *Governing Water: Contentious Transnational Politics and Global Institution Building*. Cambridge, MA: The MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/governing-water>
- Corada-Fernández, C., Candela, L., Torres-Fuentes, N., Pintado-Herrera, M.G., Paniw, M. et González-Mazo, E. (2017). Effects of extreme rainfall events on the distribution of selected emerging contaminants in surface and groundwater: The Guadalete River basin (SW, Spain). *Science of the Total Environment* 605-606, 770-783. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.049>
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I. et al. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 26, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- Couture, N.J., Irrgang, A., Pollard, W., Lantuit, H. et Fritz, M. (2018). Coastal erosion of permafrost soils along the Yukon Coastal Plain and fluxes of organic carbon to the Canadian Beaufort Sea. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 123(2), 406-422. <https://doi.org/10.1002/2017JG004166>
- Cross, K., Laban, P., Paden, M. et Smith, M. (2016). *Spring: Managing Groundwater Sustainably*. Gland: International Union for Conservation of Nature. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-039.pdf>
- Da Rosa, C.D., Lyon, J.S. et Hocker, P.M. (1997). *Golden Dreams, Poisoned Streams: How Reckless Mining Pollutes America's Waters, and How We Can Stop It*. Hocker, P.M. et Aley, T.J. (dir.). Washington, D.C: Mineral Policy Center. <https://trove.nla.gov.au/work/29007642?q&versionid=35310352>
- Dai, A. (2011). Drought under global warming: A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Climate Change* 2(1), 45-65. <https://doi.org/10.1002/wcc.81>
- Dai, Y., Wang, L., Yao, T., Li, X., Zhu, L. et Zhang, X. (2018). Observed and simulated lake effect precipitation over the Tibetan Plateau: An initial study at Nam Co Lake. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 123(13), 6746-6759. <https://doi.org/10.1029/2018JD028330>
- Dargie, G.C., Lewis, S.L., Lawson, I.T., Mitchard, E.T.A., Page, S.E., Bocko, Y.E. et al. (2017). Age, extent and carbon storage of the central Congo Basin peatland complex. *Nature* 542(7639), 86-90. <https://doi.org/10.1038/nature21048>
- Davidson, N.C. (2014). How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research* 65(10), 934-941. <https://doi.org/10.1071/mf14173>
- Dawoud, M.A. et Al Mulla, M.M. (2012). Environmental impacts of seawater desalination: Arabian gulf case study. *International Journal of Environment and Sustainability* 1(3), 22-37. <https://www.researchgate.net/Journal/index.php/IJES/article/view/96/25>
- de Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L. et al. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services* 1(1), 50-61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>
- Dillon, P.J., Pavelic, P., Page, D., Beringen, H. et Ward, J. (2009). *Managed Aquifer Recharge: An Introduction*. Waterlines Report Series. Canberra: National Water Commission. https://www.researchgate.net/publication/304620744_Managed_aquifer_recharge_an_introduction_Waterlines_Report_Series_no_13_February_2009_National_Water_Commission_Canberra
- Dris, R., Gasperi, J., Rocher, V., Saad, M., Renault, N. et Tassin, B. (2015). Microplastic contamination in an urban area: A case study in Greater Paris. *Environmental Chemistry* 12(5), 592-599. <https://doi.org/10.1071/EN14167>
- Driscoll, C.T., Driscoll, K.M., Fakhraei, H. et Civerolo, K. (2016). Long-term temporal trends and spatial patterns in the acid-base chemistry of lakes in the Adirondack region of New York in response to decreases in acidic deposition. *Atmospheric Environment* 146, 5-14. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.08.034>
- Ebi, K.L. et Nealon, J. (2016). Dengue in a changing climate. *Environmental Research* 151, 115-123. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.026>
- Echols, K.R., Meadows, J.C. et Orazion, C.E. (2009). Pollution of aquatic ecosystems II: Hydrocarbons, synthetic organics, radionuclides, heavy metals, acids and thermal pollution. In *Encyclopedia of Inland Waters*. Likens, G.E. et Tochner, K. (dir.). Waltham, MA: Academic Press. 120-128. https://www.researchgate.net/publication/284820061_Pollution_of_Aquatic_Ecosystems_II_Hydrocarbons_Synthetic_Organics_Radionuclides_Heavy_Metals_Acids_and_Thermal_Pollution
- Elliott, J., Deryng, D., Müller, C., Frieler, K., Konzmann, M., Gerten, D. et al. (2014). Constraints and potentials of future irrigation water availability on agricultural production under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(9), 3239-3244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1224741110>
- Ellison, D., Futter, M.N. et Bishop, K. (2012). On the forest cover-water yield debate: From demand to supply-side thinking. *Global Change Biology* 18(3), 806-820. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02589.x>
- European Commission (1992). *Commission Decision of 27 July 1992 concerning Questionnaires relating to directives in the water Sector (92/446/EEC)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31992D0446&from=EN>
- European Commission (2000). *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0060&from=EN>
- European Commission (2008). *Groundwater Protection in Europe: The New Groundwater Directive - Consolidating The EU Regulatory Framework*. Brussels: European Commission. <http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/groundwater/pdf/brochure/en.pdf>
- Fader, M., Shi, S., von Bloh, W., Bondeau, A. et Cramer, W. (2016). Mediterranean irrigation under climate change: More efficient irrigation needed to compensate for increases in irrigation water requirements. *Hydrology and Earth System Sciences* 20(2), 953-973. <https://doi.org/10.5194/hess-20-953-2016>
- Famiglietti, J.S. (2014). The global groundwater crisis. *Nature Climate Change* 4(11), 945-948. <https://doi.org/10.1038/nclimate2425>



Famiglietti, J.S. et Rodell, M. (2013). Water in the balance. *Science* 340(6138), 1300-1301. <https://doi.org/10.1126/science.1236460>.

Farinotti, D., Longuevergne, L., Moholdt, G., Duethmann, D., Moelg, T., Bolch, T. et al. (2015). Substantial glacier mass loss in the Tien Shan over the past 50 years. *Nature Geoscience* 8(9), 716-722. <https://doi.org/10.1038/ngeo2513>.

Filho, L.W., Echeverria Icaza, L., Emanche, V.O. et Quasem Al-Amin, A. (2017). An evidence-based review of impacts, strategies and tools to mitigate urban heat islands. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(12), 1600. <https://doi.org/10.3390/ijerph14121600>.

Fisher-Jeffes, L., Kirsty C. et Armitage, N. (2017). A water sensitive urban design framework for South Africa. *Journal of Town and Regional Planning* 71, 1-10. <https://doi.org/10.18820/2415-0495/trp71i1.1>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *Water Withdrawal by Sector, Around 2010*. Rome http://www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-Withdrawal_eng.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017). *AQUASTAT website*. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm> (consulté le 12 janvier 2018).

Foster, S., Pulido-Bosch, A., Vallejos, Á., Molina, L., Llop, A. et MacDonald, A.M. (2018). Impact of irrigated agriculture on groundwater-recharge salinity: A major sustainability concern in semi-arid regions. *Hydrogeology Journal*. <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1830-2>.

Foster, S., Tyson, G., Colvin, C., Wireman, M., Manzano, M., Kreamer, D. et al. (2016). *Ecosystem Conservation and Groundwater*. International Association of Hydrogeologists. https://www.researchgate.net/publication/297698654_Ecosystem_Conservation_Groundwater.

Gao, H., Bohn, T.J., Podest, E., McDonald, K.C. et Lettenmaier, D.P. (2011). On the causes of the shrinking of Lake Chad. *Environmental Research Letters* 6(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/3/034021>.

GBD 2015 DALYs et HALE Collaborators (2016). Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 315 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE), 1990–2015: A systematic analysis for the Global Burden of Disease study 2015. *Lancet* 388, 1603–1658. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31460-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31460-X).

Gerberg, J. (2015). A megacity without water: São Paulo's drought. *Time Magazine*. 13 October 2015. <http://time.com/4054262/drought-brazil-video/>.

Giannakis, E., Bruggeman, A., Djuma, H., Kozrya, J. et Hammer, J. (2016). Water pricing and irrigation across Europe: Opportunities and constraints for adopting irrigation scheduling decision support systems. *Water Science and Technology*. *Water Supply* 16(1), 245-252. <https://doi.org/10.2166/ws.2015.136>.

Gilmont, M., Nassar, L., Rayner, S., Tal, N., Harper, E. et Salem, H. (2018). The potential for enhanced water decoupling in the Jordan Basin through regional agricultural best practice. *Land* 7(2), 63. <https://doi.org/10.3390/land7020063>.

Global Land Ice Measurements from Space (2018). *Monitoring the World's Changing Glaciers*. Global Land Ice Measurements from Space <https://www.glims.org/>.

Global Water Partnership (2000). *Integrated Water Resources Management*. Technical Advisory Committee Background Paper. Stockholm. https://www.gwp.org/globallassets/global/gwp-cacena_files/en/pdf/tec04.pdf.

Gomes, U.A.F. et Heller, L. (2016). Acesso à água proporcionado pelo Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais: combate à seca ou ruptura da vulnerabilidade? *Engenharia Sanitária e Ambiental* 21(3), 623-633. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016128417>.

Government of South Africa Act No 36 of 1998 (1998). South Africa National Water Act 1998. 20 August 1998. http://portal.unesco.org/en/files/47385/1267088657/NWA_1998.pdf/NWA%2B1998.pdf.

Grangier, C., Qadir, M. et Singh, M. (2012). Health implications for children in wastewater-irrigated peri-urban Aleppo, Syria. *Water Quality, Exposure and Health* 4(4), 187-195. <https://doi.org/10.1007/s12403-012-0078-7>.

Great Artesian Basin Coordinating Committee (2016). *Great Artesian Basin: Resource Study 2014*. Canberra. <http://www.gabc.gov.au/sitecollectionimages/resources/66540f98-c828-4268-8b8b-b37f8193cde7/files/resource-study-2016.pdf>.

Green, P.A., Voeroesmarly, C.J., Harrison, I., Farrell, T., Saenz, L. et Fekete, B.M. (2015). Freshwater ecosystem services supporting humans: Pivoting from water crisis to water solutions. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 34, 108-118. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.06.007>.

Gross-Sorokin, M.Y., Roast, S.D. et Brighty, G.C. (2006). Assessment of feminization of male fish in English rivers by the Environment Agency of England and Wales. *Environmental health perspectives* 114, 147-151. <https://doi.org/10.1289/ehp.8068>.

Guzinski, R., Kass, S., Huber, S., Bauer-Gottwein, P., Jensen, I., Naeimi, V. et al. (2014). Enabling the use of earth observation data for integrated water resource management in Africa with the water observation and information system. *Remote Sensing* 6(8), 7819-7839. <https://doi.org/10.3390/rs6087819>.

Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A.A., Tyukavina, A. et al. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* 342(6160), 850-853. <http://doi.org/10.1126/science.1244693>. Données en ligne disponibles à l'adresse suivante: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>.

Harris, L.M., Phartiyal, J., Scott, D.N. et Peloso, M. (2015). Women Talking about Water: Feminist Subjectivities and Intersectional Understandings. *Canadian Women's Studies Journal* 30(2-3), 15-24. <https://doi.org/10.14289/1.0366125>.

Hay, E.R. et Hartnady, C.J.H. (2001). Development of deep groundwater reserve of strategic importance. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering* 9(5), 13-16.

Hemingway, J., Ranson, H., Magill, A., Kolaczinski, J., Fornadel, C., Gimnig, J. et al. (2016). Averting a malaria disaster: Will insecticide resistance derail malaria control? *Lancet* 387(10029), 1785-1788. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00417-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00417-1).

Hoekstra, A.Y. et Mekonnen, M.M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(9), 3232–3237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>.

Holling, C.S. et Gunderson, L.H. (2002). Resilience and adaptive cycles. In *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Ecological Systems*. Gunderson, L.H. et Holling, C.S. (dir.). Washington, D.C.: Island Press. 25-62. <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/67621?show=full>.

Holloway, A. (2003). Disaster risk reduction in southern Africa: Hot rhetoric—cold reality. *African Security Review* 12(1), 29-38. <https://doi.org/10.1080/10246029.2003.9627568>.

Horton, A.A., Walton, A., Spurgeon, D.J., Lahive, E. et Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment* 586, 127-141. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>.

Hunt, B. (1999). Unsteady stream depletion from ground water pumping. *Ground Water* 37(1), 98-102. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1999.tb00962.x>.

Huntington, T.G. (2006). Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis. *Journal of Hydrology* 319, 83-95. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.07.003>.

Huss, M. (2012). Extrapolating glacier mass balance to the mountain-range scale: The European Alps 1900-2100. *Cryosphere* 6(4), 713-727. <https://doi.org/10.5194/cr-6-713-2012>.

Ingram, H. (2013). No universal remedies: Design for contexts. *Water International* 38(1), 6-11. <https://doi.org/10.1080/02508060.2012.739076>.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Pachauri, R.K. et Meyer, L.A. (dir.). Geneva. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2017). *The Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production*. Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V.L. et Ngo, H.T. (dir.). Bonn. https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/pdf/individual_chapters_pollination_20170305.pdf.

International Commission for the Protection of the Danube River (2008). *Analysis of the Tisza River Basin 2007: Initial Step Toward the Tisza River Basin Management Plan – 2009*. Vienna. http://www.icprd.org/main/sites/default/files/Tisza_RB_Analysis_2007.pdf.

International Groundwater Resources Assessment Centre and United Nations Educational Scientific and Cultural Organization - International Hydrological Programme (2015). *Transboundary aquifers of the world map 2015*. International Groundwater Resources Assessment Centre, Delft. <https://www.un-igrac.org/resource/transboundary-aquifers-world-map-2015>.

International Lake Environment Committee Foundation, United Nations Environment Programme (2016). *Transboundary Lakes and Reservoirs: Status and Trends. Volume 2: Lake Basins and Reservoirs*. Nairobi. <http://getfwpap.org/publications/TWAPVOLUME2TRANSBOUNDARYLAKEsandRESERVOIRS.pdf>.

International Water Management Institute (2016). *Managing the monsoon*. [International Water Management Institute <http://www.iwmi.cgiar.org/2016/05/managing-the-monsoon/> (consulté le 24 juin 2017)].

INTJ Input (2017). PFAS: new biohazards identified in fast food wrappers. 19 avril. <https://intjinput.wordpress.com/tag/environmental-science-and-technology-letters/>.

Jayachandran, S. (2009). Air quality and early-life mortality: Evidence from Indonesia's wildfires. *The Journal of Human Resources* 44(4), 916-954. <https://doi.org/10.3386/w14011>.

Jeffrey, P. et Gearey, M. (2006). Integrated water resources management: Lost on the road from ambition to realisation? *Water Science and Technology* 53(1), 1-8. <https://doi.org/10.2166/wst.2006.001>.

Jenkins, S., Paduan, J., Roberts, P., Schlenk, D. et Weis, J. (2012). *Management of Brine Discharges to Coastal Waters: Recommendations of a Science Advisory Panel*. Technical Report. Costa Mesa, CA: State Water Resources Control Board. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20069/jenkins_management.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Jeppesen, E., Moss, B., Bennion, H., Carvalho, L., DeMeester, L., Feuchtmayr, H. et al. (2010). Interaction of climate change and eutrophication. In *Climate Change Impacts on Freshwater Ecosystems*. Kernan, M., Battarbee, R. et Moss, B. (dir.). Blackwell Publishing Ltd. Chapitre 6. 119-151. <https://doi.org/10.1002/9781444327397.chap6>.

Joosten, H. (2015). *Peatlands, Climate Change Mitigation and Biodiversity Conservation: An Issue Brief on the Importance of Peatlands for Carbon and Biodiversity Conservation and the Role of Drained Peatlands as Greenhouse Gas Emission Hotspots*. Copenhagen: Nordic Council of Ministers. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/ny_2_korrektur_anp_peatland.pdf.

Keeley, G. (2008). Barcelona forced to import emergency water. *The Guardian*. 14 mai 2008. <https://www.theguardian.com/world/2008/may/14/spain/water>.

Kendy, E. et Bredehoeft, J.D. (2006). Transient effects of groundwater pumping and surface-water-irrigation returns on streamflow. *Water Resources Research* 42(8). <https://doi.org/10.1029/2005wr004792>.

Kim, S., De Jonghe, J., Kulesa, A.B., Feldman, D., Vatanen, T., Bhattacharyya, R.P. et al. (2017). High-throughput automated microfluidic sample preparation for accurate microbial genomics. *Nature Communications* 8(13919). <https://doi.org/10.1038/ncomms13919>.

Kodama, Y., Eaton, F. et Wendler, G. (1983). The influence of Lake Minchumina, interior Alaska, on its surroundings. *Archives for Meteorology Geophysics and Bioclimatology Series B* 33(3), 199-218. <https://doi.org/10.1007/bf02275094>.

Kolpin, D.W., Furlong, E.T., Meyer, M.T., Thurman, E.M., Zaugg, S.D., Barber, L.B. et al. (2002). Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in US streams, 1999-2000: A national reconnaissance. *Environmental Science & Technology* 36(6), 1202-1211. <https://doi.org/10.1021/es011055j>.

Kümmerer, K. (2009). Antibiotics in the aquatic environment – A review – Part II. *Chemosphere* 75(4), 435-441. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.12.006>.

Lacher, L.J., Turner, D.S., Gungl, B., Bushman, B.M. et Richter, H.E. (2014). Application of hydrological tools and monitoring to support managed aquifer recharge decision making in the upper San Pedro River, Arizona, USA. *Water Resources Research* 6(11), 3495–3527. <https://doi.org/10.3390/w6113495>.

Laird, N.F., Kristovich, D.A.R., Liang, X.Z., Arritt, R.W. et Labas, K. (2001). Lake Michigan lake breezes: Climatology, local forcing, and synoptic environment. *Journal of Applied Meteorology* 40(3), 409-424. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2001\)040<0409:lmblbc>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2001)040<0409:lmblbc>2.0.co;2).

Lehmann, J., Coumou, D. et Frieler, K. (2015). Increased record-breaking precipitation events under global warming. *Climatic Change* 132(4), 501-515. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1434-y>.

Lehner, B., Liermann, C.R., Revenga, C., Voeroesmarly, C., Fekete, B., Crouzet, P. et al. (2011). High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9(9), 494-502. <https://doi.org/10.1890/100125>.

Little, A. (2015). Can desalination counter the drought? *The New Yorker*. 22 juillet 2015. <http://www.newyorker.com/tech/elements/can-desalination-counter-the-drought>.

Liu, P.L.F., Lynett, P., Fernando, H., Jaffe, B.E., Fritz, H., Hignam, B. et al. (2005). Observations by the international tsunami survey team in Sri Lanka. *Science* 308(5728), 1595. <https://doi.org/10.1126/science.1110730>.

Liu, W., Sun, F., Lim, W.H., Zhang, J., Wang, H., Shioyama, H. et al. (2018). Global drought and severe drought-affected populations in 1.5 and 2°C warmer worlds. *Earth System Dynamics* 9(1), 267-283. <https://doi.org/10.5194/esd-9-267-2018>.

Lo, N.C., Addiss, D.G., Hotez, P.J., King, C.H., Stothard, J.R., Evans, D.S. et al. (2017). A call to strengthen the global strategy against schistosomiasis and soil-transmitted helminthiasis: The time is now. *The Lancet Infectious Diseases* 17(2), e64-e69. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(16\)30535-7](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(16)30535-7).

Lozano, R., Naghavi, M., Foreman, K., Lim, S., Shibuya, K., Aboyans, V. et al. (2013). Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: A systematic analysis for the global burden of disease study 2010. *Lancet* 380(9859), 2095-2128. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61728-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61728-0).



Lu, Y., Song, S., Wang, R., Liu, Z., Meng, J., Sweetman, A.J. et al. (2015). Impacts of soil and water pollution on food safety and health risks in China. *Environment International* 77, 5-15. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.12.010>.

MacDonald, A.M., Bonsor, H.C., Dochartaigh, B.E.O. et Taylor, R.G. (2012). Quantitative maps of groundwater resources in Africa. *Environmental Research Letters* 7(2). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/024009>.

Margat, J. et van der Gun, J. (2013). *Groundwater Around the World: A Geographic Synopsis*. 1st edn. London: CRC Press. <https://www.crcpress.com/Groundwater-around-the-World-A-Geographic-Synopsis/Margat-Gun/p/book/9781113800346>.

Masson, M., Walter, M. et Priester, M. (2013). *Incentivizing Clean Technology in the Mining Sector in Latin America and the Caribbean: The Role of Public Mining Institutions*. IDB Technical Note. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank. <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6018/Incentivizing%20Clean%20Technology%20in%20the%20Mining%20Sector%20in%20Latin%20America%20and%20the%20Caribbean.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Masten, S.J., Davies, S.H. et McElmurry, S.P. (2016). Flint water crisis: What happened and why? *Journal of the American Water Works Association* 108(12), 22-34. <https://doi.org/10.5947/jawwa.2016.108.0195>.

Mateo-Sagasta, J. et Burke, J. (2012). *Agriculture and Water Quality Interactions: A Global Overview*. SOLAW Background Thematic Report. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/a-bl092e.pdf>.

Maupin, M.A., Kenny, J.F., Hutson, S.S., Lovelace, J.K., Barber, N.L. et Linsey, K.S. (2014). *Estimated Use of Water in the United States in 2010*. United States Geological Survey. <https://pubs.usgs.gov/circ/1405/pdf/circ1405.pdf>.

McCarty, T.R., Turkeltaub, J.A. et Hotez, P.J. (2014). Global progress towards eliminating gastrointestinal helminth infections. *Current Opinion in Gastroenterology* 30(1), 18-24. <https://doi.org/10.1097/mog.0000000000000025>.

McInnes, R.J., Simpson, M., Lopez, B., Hawkins, R. et Shore, R. (2016). Wetland ecosystem services and the Ramsar convention: An assessment of needs. *Wetlands* 37(1), 123-134. <https://doi.org/10.1007/s13157-016-0849-1>.

McNutt, M. (2014). The drought you can't see. *Science* 345(6204), 1543. <https://doi.org/10.1126/science.1260795>.

Meeker, J.D. (2012). Exposure to environmental endocrine disruptors and child development. *Archives of Pediatrics Adolescent Medicine* 166(10), 952-958. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2012.241>.

Mekonnen, M.M. et Hoekstra, A.Y. (2011). *National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption*. Value of Water Research Report Series. Delft: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization-IHE Institute for Water Education. <http://waterfootprint.org/media/downloads/Report50-NationalWaterFootprints-Vol1.pdf>.

Mitsch, W.J. et Gosselink, J.G. (2015). *Wetlands, 5th Edition*. 5th edn: Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Wetlands%2C+5th+Edition-p-9781118676820>.

Mompelat, S., Le Bot, B. et Thomas, O. (2009). Occurrence and fate of pharmaceutical products and by-products, from resource to drinking water. *Environment International* 35(5), 803-814. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.10.008>.

Morris, B.L., Lawrence, A.R.L., Chilton, P.J.C., Adams, B., Calow, R.C. et Klinck, B.A. (2003). *Groundwater and its Susceptibility to Degradation: A Global Assessment of the Problem and Options for Management*. Early Warning and Assessment Report Series. Nairobi: United Nations Environment Programme. <https://www.icwash.org/sites/default/files/BGS-2003-Groundwater.pdf>.

Mudd, G.M., Weng, Z. et Jowitz, S.M. (2013). A detailed assessment of global Cu resource trends and endowments. *Economic Geology* 108(5), 1163-1183. <https://doi.org/10.2113/econgeo.109.7.1813>.

Mukabutera, A., Thomson, D., Murray, M., Basinga, P., Nyirazinyoye, L., Atwood, S. et al. (2016). Rainfall variation and child health: Effect of rainfall on diarrhea among under 5 children in Rwanda, 2010. *BMC Public Health* 16(1), 731. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3435-9>.

Mukhtarov, F. et Gerlak, A. (2014). Epistemic forms of integrated water resources management: Towards knowledge versatility. *Policy Sciences* 47(2), 101-120. <https://doi.org/10.1007/s11077-013-9193-y>.

Musengimana, G., Mukinda, F.K., Machekano, R. et Mahomed, H. (2016). Temperature variability and occurrence of diarrhoea in children under five-years-old in Cape Town metropolitan sub-Districts. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13(9), 859. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090859>.

Novotny, V., Wang, X., Engle, A.J.J., Bedoya, D., Promakasirom, L. et Tirado, R. (2010). Comparative assessment of pollution by the use of industrial agricultural fertilizers in four rapidly developing Asian countries. *Environment Development and Sustainability* 12(4), 491-509. <https://doi.org/10.1007/s10668-009-9207-2>.

O'Connor, J.E., Duda, J.J. et Grant, G.E. (2015). 1000 dams down and counting. *Science* 348(6234), 496-497. <https://doi.org/10.1126/science.aaa9204>.

Oki, T. et Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *Science* 313(5790), 1068-1072. <https://doi.org/10.1126/science.1128845>.

O'Neil, J.M., Davis, T.W., Burford, M.A. et Gobler, C.J. (2012). The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae* 14, 313-334. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2011.10.027>.

O'Neill Commission (2014). *Antimicrobial Resistance: Tackling A Crisis For The Health and Wealth of Nations*. London. https://amr-review.org/sites/default/files/AMR%20Review%20Paper%20-%20Tackling%20a%20crisis%20for%20the%20health%20and%20wealth%20of%20nations_1.pdf.

Organization for Economic Cooperation and Development (1982). *Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control*. Paris. <https://catalogue.nla.gov.au/Record/1904210>.

Organization for Economic Co-operation and Development (2016). *OECD Council: Recommendations on Water*. Paris. <https://www.oecd.org/environment/resources/Council-Recommendation-on-water.pdf>.

Ortuño, F., Molinero, J., Custodio, E., Juárez, I., Garrido, T. et Fraile, J. (2010). Seawater intrusion barrier in the deltaic Llobregat aquifer (Barcelona, Spain): Performance and pilot phase results. 21st Salt Water Intrusion Meeting. Azores, 21-26 juin 2010. http://www.swim-site.nl/pdf/swim21/pages_135_138.pdf.

Osborn, S.G., Vengosh, A., Warner, N.R. et Jackson, R.B. (2011). Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(20), 8172-8176. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100682108>.

Overstrand Municipality (2018). *Overstrand implements Level 1B water restrictions from 1 March*. <https://www.overstrand.gov.za/en/media-section/news/330-overstrandimplements-level-1b-water-restrictions-from-1-march> (consulté le 9 octobre 2019).

Pearce, F. (2018). *Can the world find solutions to the nitrogen pollution crisis?* YaleEnvironment360. <https://e360.yale.edu/features/can-the-world-find-solutions-to-the-nitrogen-pollution-crisis> (consulté le 8 octobre 2018).

Petrović, M., Gonzalez, S. et Barceló, D. (2003). Analysis and removal of emerging contaminants in wastewater and drinking water. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 22(10), 685-696. [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(03\)01105-1](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(03)01105-1).

Pinkerton, R., Oria, R.B., Lima, A.A.M., Rogawski, E.T., Oria, M.O.B., Patrick, P.D. et al. (2016). Early childhood diarrhea predicts cognitive delays in later childhood independently of malnutrition. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 95(5), 1004-1010. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.16.0150>.

Poindexter, G.F. (2015). Brazil's drought brings water supply to near zero capacity at hydroelectric facilities. Hydro Review, 28 janvier. <http://www.hydroworld.com/articles/2015/01/brazil-s-drought-brings-water-supply-to-near-zero-capacity-at-hydroelectric-facilities.html> (consulté le 24 juin 2017).

Poplak, R. (2018). What's actually behind Cape Town's water crisis. *The Atlantic*. 15 février 2018. <https://www.theatlantic.com/international/archive/2018/02/cape-town-water-crisis/553076/>.

Pruden, A., Larsson, D.G.J., Amézquita, A., Collignon, P., Brandt, K.K., Graham, D.W. et al. (2013). Management options for reducing the release of antibiotics and antibiotic resistance genes to the environment. *Environmental Health Perspectives* 121(8), 878-885. <https://doi.org/10.1289/ehp.1206446>.

Pyne, R.D.G. (1995). *Groundwater Recharge and Wells: A Guide to Aquifer Storage Recovery*. 1st edn: CRC Press. <https://www.crcpress.com/Groundwater-Recharge-and-Wells-A-Guide-to-Aquifer-Storage-Recovery/Pyne/p/book/9781566700979#googlePreviewContainer>.

Qadir, M., Schubert, S., Oster, J.D., Sposito, G., Minhas, P.S., Cheraghi, S.M. et al. (2018). High-magnesium waters and soils: Emerging environmental and food security constraints. *Science of the Total Environment* 642, 1108-1117. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.090>.

Qu, J. et Fan, M. (2010). The Current State of Water Quality and Technology Development for Water Pollution Control in China. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 40(6), 519-560. <https://doi.org/10.1080/10643380802451953>.

Rabatel, A., Francou, B., Soruco, A., Gomez, J., Caceres, B., Ceballos, J.L. et al. (2013). Current state of glaciers in the tropical Andes: A multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *Cryosphere* 7(1), 81-102. <https://doi.org/10.5194/tc-7-81-2013>.

Rahman, M.M., Ng, J.C. et Naidu, R. (2009). Chronic exposure of arsenic via drinking water and its adverse health impacts on humans. *Environmental Geochemistry and Health* 31, 189-200. <https://doi.org/10.1007/s10653-008-9235-0>.

Ramsar Convention Secretariat (2016). *Introduction to the Ramsar Convention*. Gland. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/handbook1_5ed_introductiontoconvention_e.pdf.

Ramsar Convention Secretariat (2018). *Ramsar sites information service*. <https://rsis.ramsar.org/to> (consulté le 26 janvier 2018).

Rehman, S., Al-Hadhrami, L.M. et Alam, M.M. (2015). Pumped hydro energy storage system: A technological review. *Renewable Sustainable Energy Reviews* 44, 586-598. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.040>.

Research Center for Sustainability, Environment-Shiga University and International Lake Environment Committee Foundation (2014). *Development of ILBM Platform Process: Evolving Guidelines through Participatory Improvement*. Kusatsu: International Lake Environment Committee Foundation. http://www.ilec.org/en/wp/wp-content/uploads/2013/02/Development-of-ILBM-Platform-Process_2nd-Edition1.pdf.

Rodell, M., Famiglietti, J.S., Wiese, D.N., Reager, J.T., Beaudoin, H.K., Landerer, F.W. et al. (2018). Emerging trends in global freshwater availability. *Nature* 557(7707), 651-659. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0123-1>.

Rosegrant, M.W., Ringler, C., Sulser, T.B., Ewing, M., Palazzo, A., Zhu, T. et al. (2009). *Agriculture and Food Security Under Global Change: Prospects for 2025/2050*. Prepared for the Strategy Committee of the CGIAR. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.

Saaroni, H. et Ziv, B. (2003). The impact of a small lake on heat stress in a Mediterranean urban park: The case of Tel Aviv, Israel. *International Journal of Biometeorology* 47(3), 156-165. <https://doi.org/10.1007/s00484-003-0161-7>.

Salem, H.S. (2009). The Red Sea-Dead Sea Conveyance (RSDS) Project: A solution for some problems or a cause for many problems. In *The Second International Conference: Water: Values and Rights*. Messerschmid, C., El-Jaziri, L., Khatib, I. et Daoud, A.A.H. (dir.). Ramallah: Palestine Academy Press. https://www.researchgate.net/profile/Hilmi_Salem/publication/299563326_The_Red_Sea-Dead_Sea_Conveyance_RSDS_Project_A_Solution_for_Some_Problems_or_A_Cause_for_Many_Problems/links/56f7ebf08ae9955dde744b9/The-Red-Sea-Dead-Sea-Conveyance-RSDS-Project-A-Solution-for-Some-Problems-or-A-Cause-for-Many-Problems.pdf#origin=publication_detail.

Sánchez, A.S., Torres, E.A. et Kalid, R.A. (2015). Renewable energy generation for the rural electrification of isolated communities in the Amazon region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49, 278-290. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.075>.

Scanlon, B.R., Reedy, R.C., Faunt, C.C., Pool, D. et Uhlman, K. (2016). Enhancing drought resilience with conjunctive use and managed aquifer recharge in California and Arizona. *Environmental Research Letters* 11(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/049501>.

Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J.A., Folke, C. et Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413, 591-596. <https://doi.org/10.1038/35098000>.

Schoolmeester, T., Johansen, K.S., Alfthan, B., Baker, E., Hesping, M. et Verbit, K. (2018). *The Andean Glacier and Water Atlas – The Impact of Glacier Retreat on Water Resources*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization and GRID-Arendal.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (1992). *Convention on Biological Diversity*. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>.

Sedlak, D. (2014). *Water 4.0: The Past, Present, and Future of the World's Most Vital Resource*. New Haven, CT: Yale University Press. https://books.google.co.ke/books/?yup=vid=ISBN9780300212679&redir_esc=y.

Seibert, S., Kirke, J., Faures, J.M., Krenken, K., Hoogeveen, J., Döll, P. et al. (2010). Groundwater use for irrigation – a global inventory. *Hydrology and Earth System Sciences* 14, 1863-1880. <https://doi.org/10.5194/hess-14-1863-2010>.

Sevilmedu, V., Pressley, K.D., Snook, K.R., Hogg, J.V., Politis, M.D., Sexton, J.K. et al. (2016). Gender-based differences in water, sanitation and hygiene-related diarrheal disease and helminth infections: A systematic review and meta-analysis. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 110(11), 637-648. <https://doi.org/10.1093/trstmh/trw080>.

Shah, T. (2014). *Groundwater Governance and Irrigated Agriculture*. Stockholm: Global Water Partnership. http://www.gwp.org/globassets/global/toolbox/publications/background-papers/gwp_tec_19_web.pdf.

Sikder, M.T., Kihara, Y., Yasuda, M., Yustiawati, M., Mihara, Y., Tanaka, S. et al. (2013). River water pollution in developed and developing countries: Judge and assessment of physicochemical characteristics and selected dissolved metal concentration. *Clean-Soil Air Water* 41(1), 60-68. <https://doi.org/10.1002/clel.201100320>.

Spitz, K. et Trudinger, J. (2008). *Mining and the Environment: From Ore to Metal*. 1st edn: CRC Press. <https://www.crcpress.com/Mining-and-the-Environment-From-Ore-to-Metal/Spitz-Trudinger/p/book/9780415465106>.



Stefan, C. et Ansemens, N. (2017). Web-based global inventory of managed aquifer recharge applications. *Sustainable Water Resources Management* 4, 153–162. <https://doi.org/10.1007/s40899-017-0212-6>.

Sticklor, R. (2014). Is underground water storage the answer to water security? 22 avril. <https://wle.cgiar.org/thrive/2014/04/22/underground-water-storage-answer-water-security>.

Stocker, T.F. et Raible, C.C. (2005). Water cycle shifts gear. *Nature* 434(7035), 830–833. <https://doi.org/10.1038/434830a>.

Sui, Q., Cao, X., Lu, S., Zhao, W., Qiu, Z. et Yu, G. (2015). Occurrence, sources and fate of pharmaceuticals and personal care products in the groundwater: A review. *Emerging Contaminants* 1(1), 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2015.07.001>.

Sustainable Facilities Tool (2017). *Life Cycle Assessment (LCA) overview*. <https://stool.org/plan/400/life-cycle-assessment-lca-overview> (consulté le 24 juin 2017).

Syvitski, J.P.M., Kettner, A.J., Overeem, I., Hutton, E.W.H., Hannon, M.T., Brakenridge, G.R. et al. (2009). Sinking deltas due to human activities. *Nature Geoscience* 2, 681–686. <https://doi.org/10.1038/ngeo629>.

Thiam, S., Diène, A.N., Sy, I., Winkler, M.S., Schindler, C., Ndione, J.A. et al. (2017). Association between childhood diarrhoeal incidence and climatic factors in urban and rural settings in the health district of Mbour, Senegal. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(9), 1049. <https://doi.org/10.3390/ijerph14091049>.

Thornton, P.K. (2010). Livestock production: Recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 365(1554), 2853–2867. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0134>.

Timoney, K.P. et Lee, P. (2009). Does the Alberta tar sands industry pollute? The scientific evidence. *The Open Conservation Biology Journal* 3(1), 65–81. <https://doi.org/10.2174/1874839200903010065>.

Tredoux, G., van der Merwe, B. et Peters, I. (2009). Artificial recharge of the Windhoek aquifer, Namibia : Water quality considerations. *Boletín Geológico y Minero* 120(2), 269 – 278. http://asgm.igme.es/Boletin/2009/120_2_2009/269-278.pdf.

Umezawa, Y., Hosono, T., Onodera, S., Siringan, F., Buapeng, S., Delinon, R. et al. (2009). Erratum to "Sources of nitrate and ammonium contamination in groundwater under developing Asian megacities". *Science of the Total Environment* 407(9), 3219–3231. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.01.048>.

UNEP-DHI, United Nations Environment Programme (2016). *Transboundary River Basins: Status and Trends*. WAP RB Technical Assessment Report. Nairobi. http://twap-rivers.org/assets/GFF_TWAPRB_FullTechnicalReport_compressed.pdf.

Unilever, Sunlight, Oxfam, NextDrop, WaterAid (2015). *Every Woman Counts, Every Second Counts : Water for Women*. https://www.unilever.com/images/slp_water-for-women-march-2015_tcm244-423659_en.pdf.

United Nations (2017). *Reconciling Resource Uses in Transboundary Basins: Assessment of the Water-Food-Energy-Ecosystems Nexus in the Sava River Basin*. New York, NY. http://www.unecp.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/GUIDELINES/2017/nexus_in_Sava_River_Basin/Nexus-SavaRiverBasin_ECE-MP.WAT.NONE-3_WEB_final_corrected_for_gDoc.pdf.

United Nations Children's Fund et World Health Organization (2012). *Progress on Drinking Water and Sanitation: 2012 Update*. United Nations Children's Fund and World Health Organization. [https://www.unicef.org/publications/files/JMPreport2012\(1\).pdf](https://www.unicef.org/publications/files/JMPreport2012(1).pdf).

United Nations Commission for Europe, International Network of Basin Organizations (2015). *Water and Climate Change Adaptation in Transboundary Basins: Lessons Learned and Good Practices*. Geneva and Paris: UNECE, INBO. http://www.unecp.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/WAT_Good_practices/ece.mp.wat.45.pdf.

United Nations Economic Commission for Europe (1998). *Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access to Justice in Environmental Matters*. <http://www.unecp.org/fileadmin/DAM/env/pp/documents/cep43e.pdf>.

United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (2017). *CEPALSTAT Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. <http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/> (consulté le 26 janvier 2017).

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, World Water Assessment Programme (2015). *The United Nations World Water Development Report: Water for a Sustainable Development*. Paris. <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization-IHP, United Nations Environment Programme (2016). *Transboundary Aquifers and Groundwater Systems of Small Island Developing States: Status and Trends, Summary for Policy Makers*. Volume 1: Groundwater. Nairobi. <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002449/244912e.pdf>.

United Nations Environment Programme (2011). *Methodology for the GEF Transboundary Waters Assessment Programme: Volume 1. Methodology of the Assessment of Transboundary Aquifers, Lake Basins, River Basins, Large Marine Ecosystems, and the Open Oceans*. Jettif, L., Glennie, P., Talaue-McManu, L. and Thornton, J.A. (eds.). Nairobi. <http://www.geftwap.org/publications/methodologies-for-the-gef-transboundary-assessment-programme-1/volume-1>.

United Nations Environment Programme (2012a). *UN-Water Report: Status Report on the Application of Integrated Approaches to Water Resources Management*. Nairobi. http://www.unwater.org/app/uploads/2017/05/UNW_status_report_Rio2012.pdf.

United Nations Environment Programme (2012b). *Measuring Water Use in a Green Economy*. A Report of the Working Group on Water Efficiency to the International Resource Panel. McGlade, J., Werner, B., Young, M., Matlock, M., Jefferies, D., Sonnemann, G. et al. (dir.). Nairobi. https://waterfootprint.org/media/downloads/UNEP-2012-MeasuringWaterUse_1.pdf.

United Nations Environment Programme (2013). *Where Will the Water Go? Impacts of Accelerated Glacier Melt in the Tropical Andes*. Nairobi. <https://europa.eu/capacity4dev/file/15905/download?token=yowiv9D7>.

United Nations Environment Programme (2016a). *GEO-6 Regional Assessment for North America*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7611/GEO_North_America_201611.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2016b). *GEO-6 Regional Assessment for Asia and the Pacific*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7548/GEO_Asia_Pacific_201611.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2016c). *GEO-6 Regional Assessment for West Asia*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7668/GEO_West_Asia_201611.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2016d). *GEO-6 Regional Assessment for Africa*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7595/GEO_Africa_201611.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2016e). *A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a Global Assessment*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/19524/UNEP_WWQA_report_03052016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2016f). *GEO-6 Regional Assessment for Latin America and the Caribbean*. Nairobi. http://apps.unep.org/publications/index.php?file=012096_en&option=com_pub&task=download.

United Nations Environment Programme (2016g). *Microplastics: Trouble in the food chain*. In *UNEP Frontiers 2016 Report: Emerging Issues of Environmental Concern*. 11. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7664/Frontiers_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2016h). *GEO-6 Regional Assessment for the Pan-European Region*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7735/unep_geo_regional_assessments_europe_16-07513_hires.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2017). *Towards a Pollution-Free Planet: Background Report*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21800/UNEA_towardspollution_long%20version_Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme, Global Environment Facility (2018). *Transboundary Waters Assessment Programme: River Basins*. United Nations Environment Programme Global Environment Facility. <http://twap-rivers.org/indicators/>.

United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (2017). *Natural wetlands have declined and artificial wetlands increased*. In *Global Wetland Outlook: State of the World's Wetlands and their Services to People*. https://medwet.org/wp-content/uploads/2018/09/ransar_gwo_english_web.pdf.

United Nations General Assembly (2012). *Resolution Adopted by the General Assembly on 27 juillet 2012*. 66/288. The Future We Want. A/RES/66/288. http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_66_288.pdf.

United Nations High Commissioner for Refugees (2017). *Azraq Camp Fact Sheet*. <https://data2.unhcr.org/fr/documents/download/53299>.

United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (2017). *Largest seawater desalination plant opened in Gaza*. <https://www.ochaopt.org/content/largest-seawater-desalination-plant-opened-gaza> (consulté le 11 octobre 2018).

United Nations Water (2016). *Water and Sanitation Interlinkages across the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Geneva. <http://www.unwater.org/app/uploads/2016/08/Water-and-Sanitation-Interlinkages.pdf>.

United Nations Water (2017). *What we do: Monitor and report*. <http://www.unwater.org/what-we-do/monitoring-and-report/> (consulté le 26 juin).

United Nations Water, World Health Organization (2015). *UN-Water GLAAS TrackFin Initiative: Tracking Financing to Sanitation, Hygiene and Drinking-Water at the National Level*. Geneva. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204861/1/WHO_FWC_WSH_15_23_eng.pdf?ua=1.

United Nations World Water Assessment Programme (2012). *Managing Water Under Uncertainty and Risk: The United Nations World Water Development Report 4*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002156/215644e.pdf>.

United Nations World Water Assessment Programme (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater, the Untapped Resource*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf>.

United Nations World Water Assessment Programme (2018). *The United Nations World Water Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261424e.pdf>.

United States Fish and Wildlife Service (1994). *660 FW 1, Wetlands Policy and Action Plan*. <https://www.fws.gov/policy/660fw1.html> (consulté le 26 janvier 2018).

van Lexmond, M. B., Bonmatin, I.M., Goulson, D. et Noome, D.A. (2015). *Worldwide integrated assessment on systemic pesticides*. *Environmental Science and Pollution Research* 22(1), 1–4. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3220-1>.

Vengosh, A. (2003). *Salinization and saline environments*. In *Treatise on Geochemistry*. Lollar, B.S. (dir.). Elsevier Science. Chapitre 9.09. 325-378. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/09051-4>.

Vengosh, A., Jackson, R.B., Warner, N., Darrah, T.H. et Kondash, A. (2014). *A critical review of the risks to water resources from unconventional shale gas development and hydraulic fracturing in the United States*. *Environmental Science & Technology* 48(15), 8334-8348. <https://doi.org/10.1021/es405118y>.

Vicente-Serrano, S.M., Lopez-Moreno, J.-I., Begueria, S., Lorenzo-Lacruz, J., Sanchez-Lorenzo, A., Garcia-Ruiz, J.M. et al. (2014). *Evidence of increasing drought severity caused by temperature rise in southern Europe*. *Environmental Research Letters* 9(4). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/4/044001>.

Visser, M. et Brühl, J. (2019). *Op-Ed: A drought-stricken Cape Town did come together to save water*. Daily Maverick. <https://www.dailymaverick.co.za/article/2018-03-01-op-ed-a-drought-stricken-cape-town-did-come-together-to-save-water/#:WpluhWpublv> (consulté le 26 mars 2018).

Vörösmarty, C.J., Hoekstra, A.Y., Bunn, S.E., Conway, D. et Gupta, J. (2015). *Freshwater goes global*. *Science* 349(6247), 478-479. <https://doi.org/10.1126/science.aac6009>.

Vörösmarty, C.J., Meybeck, M. et Pastore, C.L. (2015). *Impair-then-repair: A brief history & global-scale hypothesis regarding human-water interactions in the Anthropocene*. *Daedalus* 144(3), 94-109. https://doi.org/10.1162/DAED_a_00345.

Voutchkov, N. (2016). *Desalination – past, present and future*. [International Water Association for the United Nations World Water Assessment Programme]. <http://www.iwa-network.org/desalination-past-present-future/> (consulté le 23 février 2018).

Wang, X., Wang, W. et Tong, C. (2016). *A review on impact of typhoons and hurricanes on coastal wetland ecosystems*. *Acta Ecologica Sinica* 36(1), 23-29. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2015.12.006>.

Weaver, J.M.C., Rosewarne, P., Hartnady, C.J.H. et Hay, E.R. (2002). *Potential of table mountain group aquifers and integration into catchment water management*. In *A Synthesis of the Hydrogeology of the Table Mountain Group – Formation of a Research Strategy*. Pietersen, K. and Parsons, R. (dir.). Chapitre 7. 241-255. <http://www.wrc.org.za/Knowledge%20Hub%20Documents/Research%20Reports/TT-158-01.pdf>.

Webb, E., Moon, J., Dyrzska, L., Rodriguez, B., Cox, C., Patsialu, H. et al. (2017). *Neurodevelopmental and neurological effects of chemicals associated with unconventional oil and natural gas operations and their potential effects on infants and children*. *Reviews on Environmental Health* 33(1), 3–29. <https://doi.org/10.1515/reveh-2017-0008>.

Wong, T.H.F. (2011). *Framework for stormwater quality management in Singapore*. 12th International Conference on Urban Drainage. Association, I.W. (dir.). Porto Alegre, 11-16 September 2011. <https://www.scribd.com/document/327618575/Framework-for-Stormwater-Quality-Management-in-Singapore>.

World Health Organisation, United Nations Children's Fund (2017). *Safely Managed Drinking Water: Thematic Report on Drinking Water 2017*. Geneva, Switzerland. <https://washdata.org/report/jmp-2017-tr-smdw>.

World Health Organization (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater : Volume 2. Wastewater Use in Agriculture*. Geneva. http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/wwwol2intro.pdf.



- World Health Organization (2017a). *Global Health Observatory Data: Mortality and Burden of Disease from Water and Sanitation*. Geneva http://www.who.int/gho/phe/water_sanitation/burden/en/.
- World Health Organization (2017b). *UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-water (GLAAS)*. http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/investments/glaas/en/ (consulté le 24 juin 2017).
- World Health Organization and United Nations Children's Fund (2012). *WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation (JMP). 2012 Annual Report* <https://washdata.org/report/jmp-2012-annual-report>.
- World Health Organization, United Nations Children's Fund (2015). *2015 Annual Report WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation*. <https://d26p6gt0m19hor.cloudfront.net/whywater/JMP-2015-Annual-Report.pdf>.
- World Health Organization, United Nations Children's Fund (2016). *2016 Annual Report WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP)*. <https://washdata.org/sites/default/files/documents/reports/2017-07/JMP-2016-annual-report.pdf>.
- World Meteorological Organization (2018). *What are hydrological services?* <http://hydroconference.wmo.int/en/about>.
- World Wildlife Fund (2016). *Living Planet Report 2016: Risk and Resilience in a New Era*. Gland. http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_2016_full_report_low_res.pdf.
- Yang, S.L., Milliman, J.D., Li, P. et Xu, K. (2011). 50,000 dams later: Erosion of the Yangtze River and its delta. *Global and Planetary Change* 75(1), 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.09.006>.
- Yang, Y., Ok, Y.S., Kim, K.-H., Kwon, E.E. et Tsang, Y.F. (2017). Occurrences and removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in drinking water and water/sewage treatment plants: A review. *Science of the Total Environment* 596-597, 303-320. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.102>.
- Yao, T., Thompson, L., Yang, W., Yu, W., Gao, Y., Guo, X. et al. (2012). Different glacier status with atmospheric circulations in Tibetan Plateau and surroundings. *Nature Climate Change* 2, 663-667. <https://doi.org/10.1038/nclimate1580>.
- Yihdego, Y., Khalil, A. and Salem, H.S. (2017). Nile rivers basin dispute: Perspectives of the grand Ethiopian Renaissance Dam (GERD). *Global Journal of Human-Social Science: B - Geography, Geo-Sciences, Environmental Science & Disaster Management* 17(2), 1-21. <https://socialscienceresearch.org/index.php/GJHSS/article/view/2239>.
- Yihdego, Y. et Salem, H.S. (2017). The challenges of sustainability: Perspective of ecology. *Journal of Sustainable Energy Engineering* 5(4), 22. <https://doi.org/10.7569/JSEE.2017.629519>.
- Yuan, L., Richardson, C.J., Ho, M., Willis, C.W., Colman, B.P. et Wiesner, M.R. (2018). Stress responses of aquatic plants to Silver Nanoparticles. *Environmental Science & Technology* 52(5), 2558-2565. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05837>.
- Zandalinas, S., Mittler, R., Balfagón, D., Arbona, V. et Gómez-Cadenas, A. (2018). Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiologia Plantarum* 162(1), 2-12. <https://doi.org/10.1111/pp1.12540>.
- Zarfl, C., Lumsdon, A., Berlekamp, J., Tydeck, L. et Tockner, K. (2014). A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences* 77, 161-170. <https://doi.org/10.1007/s00027-014-0377-0>.
- Zerbe, S., Steffenhagen, P., Parakenings, K., Timmermann, T., Frick, A., Gelbrecht, J. et al. (2013). Ecosystem service restoration after 10 years of rewetting peatlands in NE Germany. *Environmental Management* 51(6), 1194-1209. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0048-2>.



PARTIE B

Évaluation de l'efficacité des politiques, des buts, des objectifs et de la gouvernance environnementale



10. La démarche d'évaluation de l'efficacité des politiques



11. La théorie et la pratique des politiques



12. Les politiques de qualité de l'air



13. Les politiques de la biodiversité



14. Les politiques relatives aux océans et aux zones côtières



15. Les politiques de protection des terres et des sols



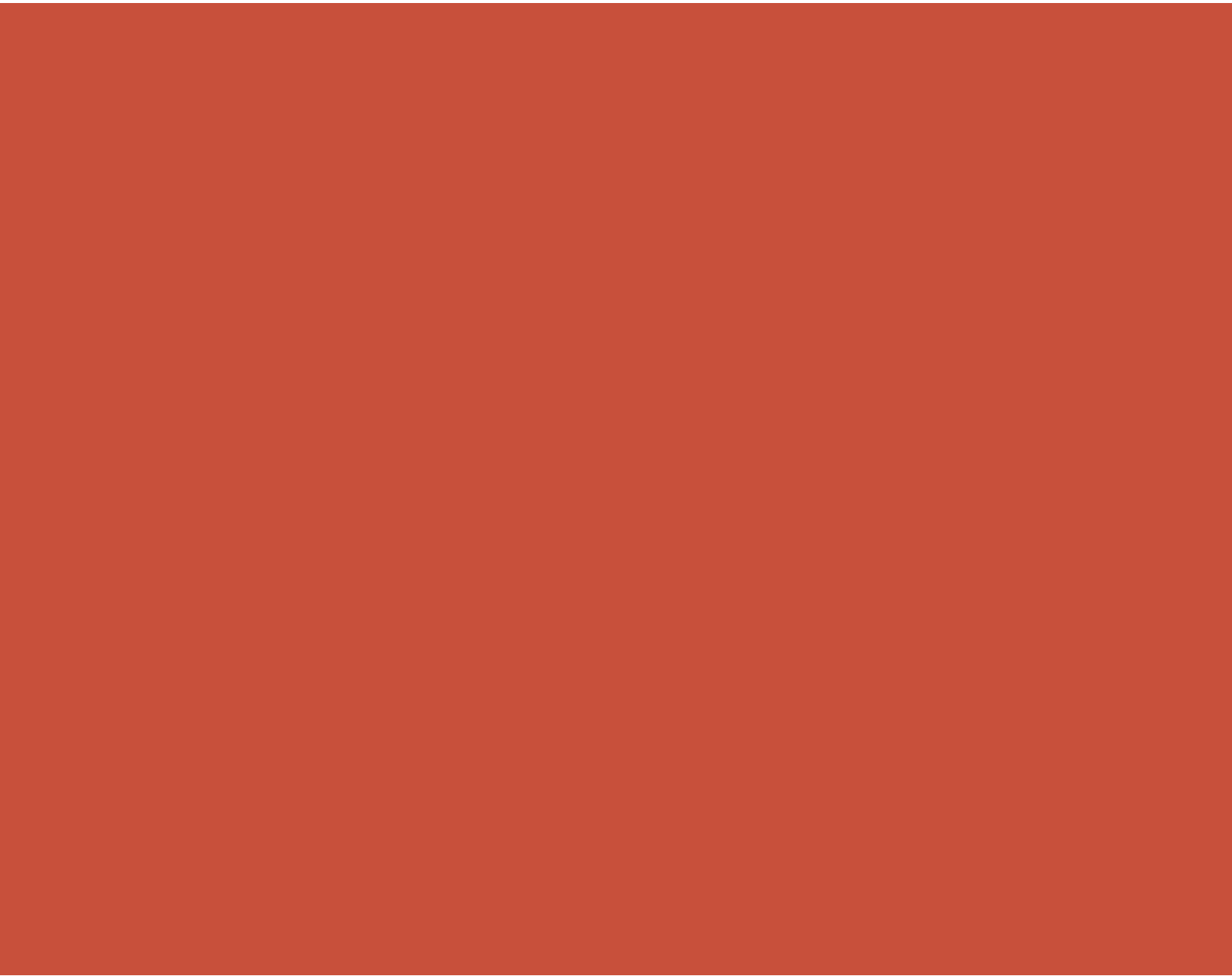
16. Les politiques sur l'eau douce



17. Les approches stratégiques systémiques visant les questions transversales



18. Conclusions sur l'efficacité des politiques



Chapitre 10



La démarche d'évaluation de l'efficacité des politiques



Auteurs coordonnateurs : Klaus Jacob (université libre de Berlin), Peter King (Institute for Global Environmental Strategies) et Diana Mangalagiu (université d'Oxford et Neoma Business School)

Auteure collaboratrice : Beatriz Rodríguez-Labajos (université autonome de Barcelone)



10.1 Contexte

Les politiques ont une importance cruciale pour déterminer et améliorer l'état de notre environnement. Une façon simple d'envisager les politiques et les moyens d'intervention consiste à considérer les politiques comme des énoncés d'intention visant un changement de comportement positif et les moyens d'intervention comme des moyens ou des mesures précises visant à traduire cette intention en action (Mees *et al.*, 2014). Par conséquent, l'analyse de l'efficacité des politiques environnementales doit aborder ces deux aspects. La définition d'objectifs (y compris les cibles, indicateurs et calendriers) constitue une étape importante vers la légitimation des politiques environnementales. L'exécution de mesures d'intervention se fait par une gouvernance efficace, celle-ci se définissant comme « le processus par lequel les sociétés ou les organisations prennent les décisions importantes, déterminent qui sera chargé de les mettre en œuvre et comment il en sera rendu compte » (Conseil économique et social, 2006). Les objectifs de développement durable (ODD) adoptés récemment insufflent un nouvel élan à la « gouvernance par objectifs » (Yoshida et Zusman, 2015).

Les politiques environnementales solides font partie intégrante de la théorie du changement du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), qui propose de nouvelles voies pour le développement durable dans le monde. Selon la définition du PNUE, une théorie du changement est « une intervention qui décrit les voies causales, allant des produits aux effets, en passant par les états intermédiaires vers l'impact » (PNUE, 2017). La théorie du changement définit en outre les facteurs externes, qui influent sur le changement le long des voies principales, c'est-à-dire les facteurs qui déterminent si un résultat peut conduire au suivant. Ces facteurs contributifs sont les forces motrices et les hypothèses.

La théorie du changement pour le *Cinquième rapport sur L'avenir de l'environnement mondial* (GEO-5) démontrait que l'on s'attendait à ce que le rapport GEO soit pertinent pour les politiques et s'appuie sur une bonne compréhension des questions de politique mondiale et régionale (PNUE, 2012). Dans le *sixième Rapport sur l'avenir* (GEO-6), cependant, la théorie du changement accorde une place plus centrale à l'efficacité des politiques, comme indiqué à l'annexe 1-3. D'après la réflexion sur le mandat du Groupe consultatif intergouvernemental et multipartite de haut niveau du PNUE, la simple pertinence du point de vue politique ne suffit plus. Les gouvernements des États membres veulent savoir quelles politiques sont les plus efficaces pour faire face à des problèmes environnementaux apparemment intraitables et insurmontables. Sur la base du cadre Forces motrices–Pressions–États–Impacts–Réponses (DPSIR) (figure 1.2, chapitre 1), les chapitres thématiques de la partie A du présent rapport abordent les réponses actuelles aux problèmes environnementaux, tandis que la partie B traite de la question de savoir quand ces politiques sont efficaces et que la partie C intègre les approches stratégiques les plus prometteuses dans les voies de la transformation. Le rapport GEO-6 ne prescrit pas de politiques, mais il présente tout de même une orientation aux pouvoirs publics et aux décideurs soucieux de savoir quelles politiques ont donné les meilleurs résultats selon les circonstances et les modalités de gouvernance, et si cette expérience est transférable à d'autres contextes.

10.2 Les politiques et la gouvernance environnementales

Les politiques environnementales sont menées selon une multitude de modes de gouvernance ; elles sont conçues en vue de promouvoir des comportements souhaitables attendus d'un ensemble défini d'acteurs et de surmonter une série de difficultés qui entravent une gestion efficace de l'environnement. La réalisation des objectifs des politiques se fait au moyen d'un

train de mesures ou de moyens d'action – des activités structurées visant à modifier d'autres activités de la société en vue de réaliser des objectifs environnementaux. Les mesures efficaces ne visent pas tous uniquement la politique environnementale ; d'autres mesures (dans les politiques de l'énergie et des transports, par exemple) peuvent comporter des objectifs stratégiques environnementaux, souvent en tant qu'objectifs secondaires par rapport à l'objectif principal non environnemental (par exemple, la réduction de la congestion). Ce cas de figure est maintenant habituel dans la plupart des politiques intégrées (comme on le verra au chapitre 11). Par conséquent, la gouvernance environnementale déborde largement le cadre des ministères responsables de l'Environnement.

Les pouvoirs publics sont souvent perçus comme étant le principal cadre d'élaboration et de mise en œuvre des politiques. Si les pouvoirs publics sont souvent les principaux acteurs pour la formulation, la mise en œuvre et l'application des moyens d'intervention, ils n'agissent pas seuls, et divers mécanismes de gouvernance sont nécessaires. Les politiques efficaces impliquent généralement l'apport d'un large éventail de parties prenantes tout au long de leur cycle. À tous les échelons, les pouvoirs publics participent activement à la formulation et à la mise en œuvre des politiques, à l'instar des acteurs du secteur privé et de la société civile. Les rôles et responsabilités sont répartis non seulement entre les institutions gouvernementales et non gouvernementales, mais aussi entre tous les niveaux de gouvernance.

Les politiciens, les groupes de réflexion sur les politiques, les établissements d'enseignement et les instituts de recherche, les organisations non gouvernementales (ONG), les organisations de la société civile, les lobbyistes, les collectivités et les entreprises ont tous un rôle à jouer en vue d'influer sur les résultats des politiques dans différents contextes. Aux échelons régional et mondial, les trains de mesures sont créés et mis en œuvre par des institutions mondiales, régionales ou nationales selon des modalités de gouvernance multiniveaux. Il existe également un nombre croissant de partenariats « public-privé » et d'initiatives de « durabilité institutionnelle », y compris l'émergence d'« interactions entreprises-ONG » visant à susciter un comportement responsable et durable dans des secteurs précis (Forsyth, 2005 ; van Tulder *et al.*, 2016). Des partenariats de ce genre (telle l'initiative Océans propres du PNUE) ont été noués dans des domaines variés, tels que la conception et la production de biens, l'évaluation des risques, la diligence raisonnable, la formation, le suivi, la déclaration et la médiation, et la transparence dans les chaînes d'approvisionnement. Dans de nombreux pays, les citoyens et les communautés contribuent également à la réalisation d'objectifs environnementaux collectifs. Ces derniers sont parfois présentés comme des « coproductions citoyennes » ou des « initiatives communautaires » (Mees, Crabbé et Driessen, 2017).

Le défi consiste à susciter un maillage entre tous ces acteurs, couches et niveaux afin de proposer un ensemble cohérent de mesures adaptées à l'échelle et à la période d'application, et compatibles avec le contexte social, culturel, historique et politique national (Agence européenne pour l'environnement [AEE], 2001a ; AEE, 2001b ; Commission européenne, 2012 ; Niles and Lubell, 2012 ; AEE, 2017).

La gouvernance polycentrique est une source d'innovation qui, en favorisant la concurrence des idées, la collaboration et l'harmonisation, donne de l'impulsion aux politiques environnementales (Jordan et Huitema, 2014). Cependant, la dispersion des responsabilités peut aussi susciter une fragmentation des politiques, une définition inadéquate des rôles et responsabilités, des mécanismes de suivi et de contrôle déficients, une absence d'obligation de rendre compte des résultats et un immobilisme dans la prise de décisions.



10.3 Les moyens d'intervention

Les moyens d'intervention se présentent sous de multiples formes et peuvent être mis en œuvre par de multiples acteurs (pas seulement les pouvoirs publics), à de multiples niveaux de gouvernance (Mees *et al.*, 2014 ; Keskitalo *et al.*, 2016). Les moyens d'intervention peuvent viser divers mécanismes :

- i. la modification des solutions de rechange disponibles ;
- ii. la modification des impacts des solutions de rechange ;
- iii. l'influence sur l'évaluation des effets (Boersema et Reijnders, 2009).

Ces formes varient entre l'approche descendante classique (du sommet vers la base), pilotée par les pouvoirs publics, et l'autorégulation des entreprises. Certaines formes parviennent mieux, et d'autres moins bien, à réaliser leurs objectifs stratégiques. On parle souvent de la nécessité des modes de gouvernance collaboratifs – qui reposent sur la participation des parties prenantes – pour traiter les dimensions complexes, multiniveaux et transsectorielles des problèmes environnementaux (Challies *et al.*, 2017 ; Kochskämper *et al.*, 2018). En outre, la compréhension bonifiée des défis environnementaux a modifié les approches stratégiques et les moyens d'intervention, qui sont passés des politiques ciblées et des mesures à usage unique à une intégration des politiques et à la sensibilisation du public à la cohésion des politiques et aux approches systématiques (par exemple, l'économie verte) (AEE, 2017).

Les accords internationaux solides et juridiquement contraignants constituent un mécanisme d'intervention pour traiter les problèmes environnementaux transfrontières et pour préserver les « biens communs ». Toutefois, compte tenu de la structure et de la base juridique du droit international, ces accords échouent souvent à répondre aux ambitions des pays les plus avancés ou les plus touchés (Sandler, 2017). Par conséquent, des coalitions ou des clubs de pays pourraient intervenir et élaborer des politiques environnementales plus ambitieuses (Hovi *et al.*, 2016).

On conçoit souvent les mesures environnementales comme pouvant être « une carotte, un bâton ou un sermon », bien qu'il ne s'agisse là que d'une caractérisation partielle de leur gamme complète (Niles et Lubell, 2012). Les types de mesures les plus courants sont les politiques législatives et réglementaires, les mesures financières incitatives ou dissuasives, les approches volontaires, les traités et accords, ainsi que le droit international non contraignant (Hildén, Jordan et Rayner, 2014). Le rapport GEO-4 s'appuyait sur une structure conventionnelle : règlements et normes, moyens d'intervention fondés sur le marché, accords volontaires, recherche et développement, mesures d'information (PNUE, 2007). Le rapport GEO-5 dégageait des points communs entre les différentes régions du monde, en mettant l'accent sur certaines approches stratégiques ayant fait leurs preuves dans un certain nombre de cas. On a supposé que les interventions réussies dans plusieurs régions étaient les plus susceptibles d'accélérer la réalisation des objectifs convenus à l'échelle internationale. Dans le cadre DPSIR, on tend à préférer les politiques qui agissent sur les forces motrices, car elles s'attaquent aux racines des problèmes environnementaux plutôt que d'en traiter les symptômes (PNUE, 2012). Pour sa part, le rapport GEO-6 a proposé des conseils relatifs à la sélection des types de moyens d'action, des approches de gouvernance et des études de cas connexes selon la typologie présentée au tableau 10.1. Il est à noter cependant que cette typologie ne prétend pas couvrir la totalité des politiques ou des mesures possibles en matière d'environnement.

Les politiques environnementales visent, en définitive, à préserver un état de l'environnement qui protège les habitats et

les services écosystémiques et réduit au minimum les risques pour la santé humaine associés à la pollution. Par conséquent, l'élaboration des politiques environnementales vise généralement à protéger différents milieux (air, eau, terre), à infléchir l'état de l'environnement décrit dans la partie A du présent rapport, et ce, habituellement sous la houlette d'un ministère de l'Environnement. Toutefois, les politiques environnementales efficaces portent non seulement sur l'état de l'environnement, mais aussi sur les forces motrices et les pressions provenant des activités sociales et économiques (décrites au chapitre 2). En conséquence, des gouvernements du monde entier ont mis en place des institutions et des politiques portant sur les principaux secteurs polluants, telles l'énergie, la mobilité, l'industrie et l'agriculture (Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2016).

Dans la partie B du présent rapport, nous analysons une sélection de politiques et de groupes de politiques de pointe parmi les plus couramment adoptés et qui se révèlent réellement prometteurs dans chaque domaine thématique et pour les questions transversales, sachant qu'il est impossible de couvrir intégralement les milliers de politiques et de moyens d'intervention existants. Les politiques choisies représentent un échantillon de différents types de mesures et d'approches de gouvernance (**tableau 10.1**) provenant de différentes régions du monde.

10.4 Les ensembles de politiques et leur cohésion

Compte tenu de la multiplicité des acteurs et des facteurs à l'origine de la détérioration de l'environnement et des divers types d'obstacles à l'innovation environnementale, il est peu probable qu'un seul moyen d'intervention soit suffisant pour réaliser les objectifs escomptés. Dans ce contexte et compte tenu des multiples défis à relever pour élaborer des politiques environnementales efficaces, certains auteurs avancent qu'il est plus efficace d'adopter un ensemble de mesures qu'une politique unique (Jänicke *et al.*, 2000 ; Mees *et al.*, 2014 ; Kivimaa et Kern, 2016).

Toutefois, les politiques différentes ne sont pas toujours complémentaires. Au contraire, elles peuvent être mutuellement défavorables (par exemple, les incitations économiques peuvent défavoriser la motivation intrinsèque). Un train de mesures, un portefeuille, un ensemble ou un groupe de politiques est un recueil de moyens d'intervention, tous conçus pour atteindre un but commun ou un ensemble d'intentions (Lay *et al.*, 2017). Lors de l'élaboration d'un train de mesures, il faut assurer leur cohérence afin d'obtenir des résultats optimaux (Howlett et Rayner, 2007 ; Huttunen, Kivimaa et Virkamäki, 2014).

La cohérence des politiques est la promotion systématique de politiques qui se renforcent mutuellement et qui peuvent regrouper des synergies en vue de réaliser les objectifs convenus (OCDE, 2016). Elle peut se situer à l'échelle sectorielle ou transnationale, entre les régimes de gouvernance, entre les échelons (du mondial au local), ou dans le cheminement de l'objectif stratégique à la conception des mesures et à la mise en œuvre concrète (Hood, 2011). Il y a cohérence des politiques lorsque l'équilibre des politiques s'aligne sur cet objectif commun ou cet ensemble d'intentions.

Au-delà de la cohérence, il est essentiel d'assurer la synergie des politiques. Pour faciliter la réalisation des objectifs environnementaux, il faut les intégrer à d'autres secteurs d'intervention. Cette approche visant la synergie ou l'intégration des politiques environnementales contribue à la cohérence des politiques (Hood, 2011 ; Lay *et al.*, 2017). Il y a synergie des politiques lorsque des interventions successives ont un effet cumulatif ou de renforcement sur la réalisation de l'objectif commun ou de l'aspiration politique globale (OCDE *et al.*, 2015).



Tableau 10.1 : Typologie des politiques

Moyen d'intervention ou approche de gouvernance	Points d'intervention ^a	Mécanisme de causalité supposé	Obstacles à l'efficacité	Coûts potentiels	Mesures types	Exigences contextuelles
Contrainte	Procédés et produits industriels. Technologies. Contrôle de la pollution à la sortie de l'émissaire.	Interdiction des technologies (produits et procédés) nuisibles à l'environnement ou exigeant des technologies respectueuses de l'environnement dans le cadre de l'octroi de permis => réduction des émissions et de l'utilisation des ressources => s'il est impossible de réduire suffisamment les émissions et l'utilisation des ressources par des contrôles en amont, alors une meilleure gestion des déchets est nécessaire. Il faut également aborder les questions d'habilitation telles que les droits de propriété et l'accès.	Absence de surveillance. Corruption.	Coûts pour les entreprises nuisant à la compétitivité. Aucune incitation à innover.	Processus de permis et d'amendes. Normes de rejet et d'émissions. Plafonds de charge polluante totale. Systèmes de surveillance en temps réel. Examens juridiques.	Capacités administratives. Autodéclaration par l'industrie.
Promotion de l'innovation	Innovation verte.	Stimuler la R-D dans les technologies vertes => lancement de technologies vertes sur les marchés (=> économies de coûts + exportations).	Répercussions.	Coûts supplémentaires.	Subventions, allègements fiscaux pour la R-D, achats écologiques.	Budgets publics et privés.
Incitations axées sur le marché ou économiques	Fixation des prix des produits ou procédés.	Modification des prix relatifs des technologies nuisibles à l'environnement et écologiques => ouverture des marchés de services verts => incitations à innover et mesures dissuasives pour les dommages causés à l'environnement.	Manque d'importance dans le contexte global des budgets de consommation ou des plans d'immobilisations industrielles.	Impacts distributifs ou régressifs nuisant à la compétitivité. Coûts de mise à niveau pour les industries existantes.	Plafonnement et échanges, passation de marchés publics, suppression des subventions.	Investissement privé dans de nouveaux produits ou procédés. Régimes fiscaux efficaces.
Convaincre les consommateurs, salariés et actionnaires	Information, éducation, connaissances, sensibilisation, plaidoyer du public.	Les consommateurs et producteurs avertis choisiraient volontairement des produits et des procédés respectueux de l'environnement.	Contre-incitation des coûts. Offre de produits et procédés de rechange inadéquate.	Les déséquilibres de pouvoir amènent les consommateurs à faire de mauvais choix.	Campagnes. Étiquetage. Certification. Stimulation. Blocs d'actionnaires.	Médias et marchés boursiers. Système éducatif.
Acteurs facilitateurs	Acteurs environnementaux.	Renforcer la participation des acteurs gouvernementaux et non gouvernementaux à la prise de décision sur les politiques ou projets, ce qui permet d'améliorer la conception et la mise en œuvre des projets.	Les acteurs peu portés sur les enjeux environnementaux pourraient exercer plus de pouvoir.	Accès à toutes les informations pertinentes, niveaux de compétences.	Accès à l'information, exigences en matière de transparence, participation habilitante, demande de données probantes (EIE, EES, E), examen juridique.	Mesures de sauvegarde environnementales et sociales.
Appui à l'investissement	Infrastructure et technologies.	Infrastructure «verte» (gestion des déchets, réseaux électriques pour les énergies renouvelables, chemins de fer, etc.) => ouvrir l'accès au marché des technologies vertes => demande d'accès accru.	Coûts supplémentaires.	L'incertitude quant aux impacts futurs, tels que le changement climatique, pourrait entraîner une mauvaise adaptation.	Infrastructure à l'épreuve du climat Fonds d'investissement verts.	Partenariats public-privé.

^a Les points d'intervention sont les questions jugées essentielles en matière de dégradation de l'environnement, en particulier pour son amélioration (par exemple, les technologies, l'innovation, les infrastructures, les acteurs, les comportements). EIE : études d'impact environnementales ; E : évaluations d'impact ; R-D : recherche-développement ; EES : évaluations environnementales stratégiques.



En revanche, il y a conflit entre des politiques lorsque l'impact d'un train de mesures, souvent mises en œuvre dans des secteurs non apparentés ou par un acteur extérieur, compromet les résultats attendus des politiques environnementales souhaitées. À titre d'exemple, l'octroi d'une subvention à l'achat d'une première voiture pourrait aller à l'encontre des politiques visant à réduire la pollution atmosphérique due aux transports. En conséquence, toute analyse de l'efficacité des politiques environnementales doit également tenir compte de l'influence des politiques économiques et sociales dans d'autres domaines (Perrels, 2001 ; Interwies, Görrlach et Newcombe, 2007 ; Lambin *et al.*, 2014).

10.5 La méthodologie adoptée pour évaluer l'efficacité des politiques

L'évaluation de l'efficacité des politiques dans les chapitres suivants de la partie B répond à trois objectifs principaux :

1. Présenter les politiques et approches de gouvernance, à tous les échelons, ayant un impact manifeste et le potentiel d'être appliquées ailleurs.
2. Déterminer les actions supplémentaires à réaliser par l'amélioration de l'efficacité des politiques. Cette analyse s'appuie autant que possible sur la quantification de l'efficacité des politiques (c'est-à-dire une indication de la quantité et de la fréquence des effets des politiques, au-delà du comment et du pourquoi).
3. Établir les méthodes et les meilleures connaissances disponibles permettant d'évaluer l'efficacité des politiques utilisables au-delà du rapport GEO-6 pour améliorer la base de données probantes sur l'élaboration des politiques et renforcer ainsi les politiques environnementales.

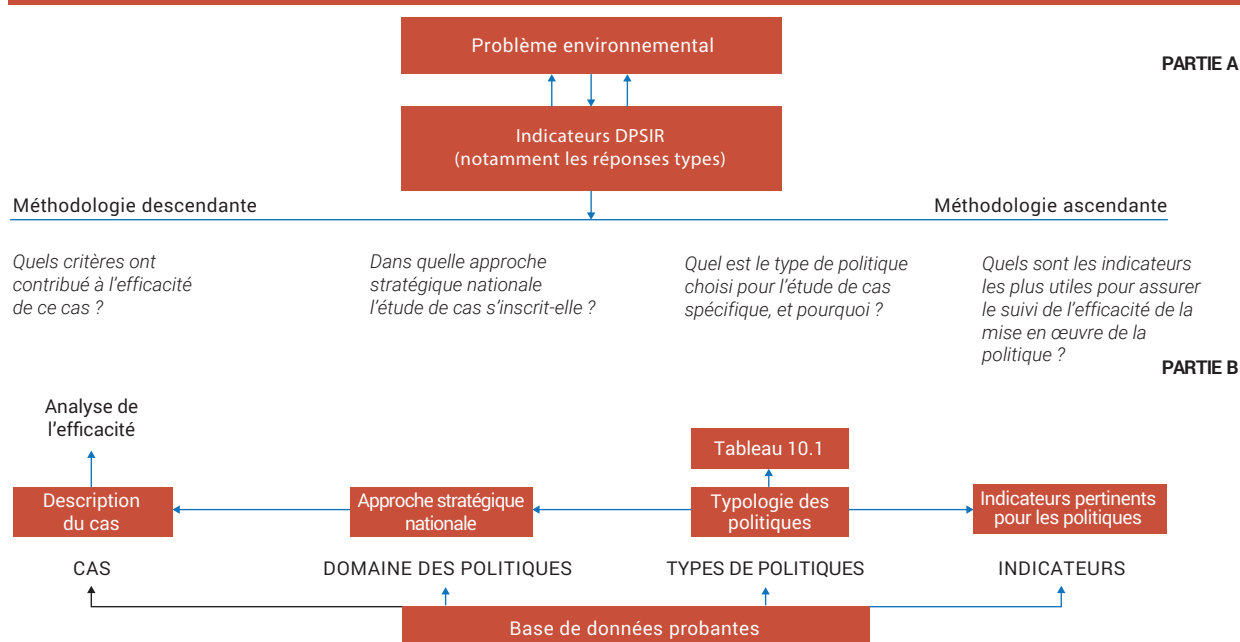
La règle d'or pour l'évaluation et la quantification de l'efficacité des politiques consiste à comparer les observations empiriques à un groupe témoin, selon un plan expérimental ou un scénario contre-factuel. Cependant, il s'avère souvent coûteux, voire impossible

d'élaborer de tels scénarios ou expériences, car les mesures d'intervention portent sur des systèmes sociaux complexes. À titre d'exemple, il est impossible de prévoir les réactions des marchés avec ou sans mesures d'intervention. En outre, dans bien des cas, les groupes témoins ne sont pas identifiables, et il peut s'avérer contraire à l'éthique de refuser délibérément les avantages d'une politique.

Il est encore possible d'évaluer l'efficacité d'une politique en se fondant sur des hypothèses théoriques et des observations empiriques de l'impact de la politique en question. L'évaluation fondée sur la théorie s'appuie sur une théorie explicite du changement le long de la chaîne causale, allant des produits des politiques aux résultats et aux effets finaux (Blamey et Mackenzie, 2007 ; Rogers et Weiss, 2007).

L'attribution d'une causalité à des politiques qui se situent souvent dans des chaînes causales étendues et complexes – de la politique à sa mise en œuvre, aux changements et processus comportementaux déclenchés, aux impacts et aux incidences indirectes et induites – représente un défi particulier pour l'évaluation des politiques (Forss, Marra et Schwartz, 2011). L'approche conceptuelle adoptée dans la partie B du présent rapport vise à circonscrire le problème de l'attribution, en combinant une perspective descendante et une perspective ascendante (Sabatier, 1986). La perspective descendante illustrée à la **figure 10.1** prend pour point de départ la politique et retrace les chaînes causales attendues de la mise en œuvre de la politique. La perspective ascendante part des effets observés et met à contribution les indicateurs pertinents pour les politiques, afin de faire remonter les causalités jusqu'aux mesures d'intervention. Une telle démarche aide les analystes à évaluer les effets d'un train de mesures. Les deux perspectives ont leurs faiblesses – la perspective descendante tend à accorder trop d'importance aux impacts des politiques, au détriment d'autres facteurs, tandis que la perspective ascendante tend à en accorder trop aux impacts des facteurs contextuels.

Figure 10.1 : Approche méthodologique descendante et ascendante pour l'évaluation de l'efficacité des politiques



DPSIR : Forces motrices–Pressions–État–Impact–Réponse.



L'approche conceptuelle adoptée en ce qui concerne l'efficacité des politiques dans la présente section suit cette double perspective, en combinant une évaluation descendante fondée sur la théorie et une évaluation ascendante fondée sur les effets observés. En dépit des lacunes reconnues, cette double approche est la meilleure option disponible pour évaluer l'efficacité des politiques.

L'approche descendante est particulièrement adaptée pour identifier les politiques pouvant servir d'exemples de bonnes pratiques applicables ailleurs (ce qui est l'objectif premier de ces évaluations). Les chapitres 12 à 17 présentent une description narrative des moyens d'action les plus couramment mis en œuvre ou les plus importants dans les cinq domaines thématiques, ainsi que des politiques transversales qui ont des impacts positifs ou négatifs sur les thèmes. En outre, nous avons relevé des mesures de pointe qui semblent avoir un potentiel considérable, mais n'ont pas été largement adoptées à ce jour, grâce à une série d'études de cas évaluées au regard des critères énumérés à la section 10.6. Toutefois, le manque d'échantillonnage représentatif et le nombre limité de politiques examinées nous empêchent de quantifier les effets globaux de cet ensemble de politiques.

L'évaluation ascendante, basée sur des indicateurs pertinents pour les politiques, sert de complément à l'analyse et contribue en particulier à quantifier et déterminer les mesures complémentaires nécessaires (objectif 2 de l'évaluation). Les méthodes adoptées pour chaque approche sont définies plus en détail dans les sections suivantes. La figure 10.1 résume, sous une forme schématique, la façon d'évaluer l'efficacité des politiques au moyen d'évaluations descendantes et ascendantes.

10.6 La méthodologie d'évaluation descendante

L'évaluation descendante de l'efficacité des politiques dans le rapport GEO-6 commence par la sélection de politiques, de mécanismes de gouvernance et de cas connexes. Pour chaque domaine thématique, on sélectionne jusqu'à cinq types de politiques ou mécanismes de gouvernance prometteurs, en prenant en compte la couverture de la diversité des types de politiques et des mécanismes de gouvernance, la diversité géographique et la disponibilité des données.

Ces types de politiques et ces mécanismes de gouvernance sont ensuite évalués à l'aide des connaissances disponibles sous forme de publications examinées par les pairs, de rapports officiels et de statistiques.

Par ailleurs, pour chaque type de politique ou mécanisme de gouvernance sélectionné et évalué, un cas illustrant la mise en œuvre de la politique est choisi et évalué sous l'angle de l'efficacité de la politique, selon un protocole de recherche commun couvrant la réalisation des objectifs fixés ou l'amélioration des indicateurs pertinents, les critères de qualité de la formulation et de la mise en œuvre de la politique (par exemple, le niveau de participation), les évaluations *ex ante* ou *ex post* et les exigences contextuelles en matière d'efficacité.

Il convient de noter que l'« efficacité d'une politique » ne consiste pas simplement à réaliser à tout prix les objectifs de la politique. Par exemple, un pays insulaire pourrait décider d'appliquer une politique de neutralité carbone et tenter de réaliser cet objectif en interdisant l'importation d'essence et de mazout. Or, si les pêcheurs locaux ne sont pas en mesure de faire fonctionner leur embarcation, la malnutrition risque de se généraliser, car le

poisson disparaîtra du régime alimentaire. De plus, la criminalité pourrait connaître une hausse en réponse à la demande insatisfaite de carburant.

Les critères d'évaluation des cas sont tirés de la littérature sur la conception et l'efficacité des politiques. Plutôt que de prescrire des méthodes, des données, un train de mesures ou des chaînes causales, ils présentent, pour chaque aspect, les connaissances pertinentes tirées de la littérature. Comme toutes les études de cas reposent sur l'analyse de données secondaires, le protocole de recherche prévoit nécessairement une marge de manœuvre pour l'adaptation. À titre d'exemple, les études d'évaluation peuvent être fondées sur la mesure de l'efficacité au regard de l'objectif déclaré des décideurs, d'un indicateur, d'un groupe témoin ou d'un scénario contrefactuel. Le protocole de recherche ne prescrit aucune méthode d'évaluation en particulier, mais il assure la transparence des méthodes, théories et sources de données sous-jacentes de l'étude de cas en question.

Les critères d'évaluation et les questions d'orientation connexes des études de cas sont les suivants :

1. Efficacité et réalisation des objectifs – Quels effets la politique a-t-elle eus sur le problème ciblé ?
2. Effets non intentionnels – Quels ont été les effets non intentionnels de cette politique ?
3. Base de référence – La base de référence a-t-elle été définie au stade de la conception de la politique ?
4. Cohérence, convergence et synergie – Comment la politique s'articule-t-elle avec d'autres politiques connexes ?
5. Avantages connexes – La conception de la politique a-t-elle prévu des avantages connexes ?
6. Équité, gagnants et perdants – Quels sont les effets de cette politique sur les différents groupes de la population ?
7. Facteurs habilitants ou limitants – Quels sont les facteurs externes susceptibles d'influer sur les effets prévus des politiques ?
8. Coût et efficacité – Quels ont été les coûts et avantages financiers et économiques de cette politique ? Cette approche est-elle la plus efficace ou la moins coûteuse ?
9. Délai – La politique a-t-elle été mise en œuvre dans le délai prévu ?
10. Faisabilité et applicabilité – La politique est-elle techniquement réalisable dans le contexte institutionnel ?
11. Acceptabilité – Les parties prenantes à la politique la considèrent-elles comme généralement acceptable ?
12. Implication des parties prenantes – Dans quelle mesure les parties prenantes sont-elles impliquées activement dans la mise en œuvre ?
13. Autres facteurs : le potentiel de transformation, les effets intergénérationnels, les impacts transfrontaliers, les préoccupations socioculturelles, l'ingérence politique, les questions d'application, la conformité aux normes juridiques (par exemple, les droits de la personne à l'échelle nationale ou internationale).

Une mise en garde s'impose : des preuves abondantes, tirées de la littérature sur les politiques et la gouvernance environnementales, indiquent que l'efficacité des politiques dépend fortement du contexte (Jordan et Huitema, 2014). Par conséquent, les politiques efficaces dans une région ou un pays ne sont pas directement transférables dans un autre contexte. Les différences sociales, culturelles, historiques et politiques ont une importance indéniable.

Cette évaluation descendante est complétée par une évaluation ascendante décrite dans la section suivante.

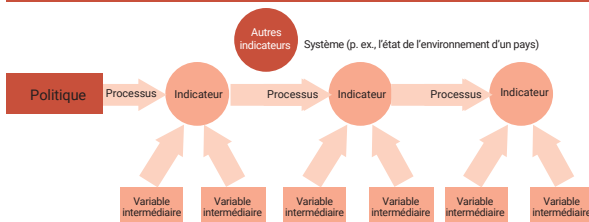
10.7 La méthodologie d'évaluation ascendante

Une évaluation fondée sur des indicateurs visant, pour chaque domaine thématique ou question transversale, des indicateurs sensibles ou pertinents à la politique complète l'évaluation descendante et fournit des données probantes sur la quantification de l'efficacité d'une politique (Hezri et Dovers, 2006 ; Bauler, 2012 ; Moldan, Janoušková et Hák, 2012). Les indicateurs sont conçus pour mesurer l'état de systèmes complexes susceptibles d'échapper à l'observation directe ou exhaustive. Ils mesurent certains aspects et, sur la base de considérations théoriques ou de données probantes, ils permettent de tirer des conclusions sur l'état de l'ensemble du système. La mesure de l'efficacité de politiques nécessite une théorie explicite sur les interactions entre les politiques et l'indicateur choisi.

Dans bien des cas, les politiques n'exercent pas d'influence directe sur les indicateurs qui donnent un aperçu de l'état et de la performance environnementale d'un système écologique ou économique. Des facteurs culturels, structurels, politiques, géographiques et autres peuvent aussi intervenir. La mesure des résultats de politiques (par exemple, l'adoption d'un train de mesures) ne permettrait pas de saisir de manière adéquate les préférences des différents pays pour tel ou tel moyen d'action. Par exemple, pour atténuer les émissions de gaz à effet de serre (GES), un pays peut réglementer les émissions, tandis qu'un autre impose des taxes ou un système d'échange de droits d'émission et qu'un troisième réalise des campagnes d'information ou subventionne des technologies respectueuses du climat. Dans chacun des cas, la réduction des émissions de GES est l'impact attendu. L'indicateur subit toutefois l'influence de la structure industrielle, des conditions naturelles, du niveau de revenu et d'autres facteurs qui ne dépendent pas – du moins, pas directement – des politiques environnementales.

Par conséquent, une évaluation basée sur des indicateurs doit reposer sur une théorie sous-jacente transparente relative à l'incidence éventuelle des politiques sur l'indicateur choisi et aux autres facteurs susceptibles d'avoir une influence. La **figure 10.2** illustre la justification qui sous-tend l'élaboration de la théorie portant sur la relation entre les politiques et les indicateurs pertinents.

Figure 10.2 : Approche de l'évaluation ascendante de l'efficacité des politiques



EdE : État de l'environnement.

L'analyse des données relatives aux indicateurs choisis vise des objectifs multiples :

- ❖ Analyser les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs convenus à l'échelle internationale depuis le rapport GEO-5 (notamment les ODD).
- ❖ Identifier les pays ou groupes de pays qui font preuve – par leur approche stratégique et leur expérience de mise en œuvre – d'un niveau élevé d'efficacité.
- ❖ Quantifier les impacts des politiques et, ainsi, identifier les domaines où des actions supplémentaires peuvent être nécessaires.

Le choix des indicateurs repose sur la justification suivante :

- ❖ Il existe une relation de cause à effet qui détermine la variation de l'indicateur par rapport aux moyens d'intervention (de préférence, différents types de mesures), et sa mise en œuvre est démontrable.
- ❖ L'indicateur a une relation avec un accord multilatéral sur l'environnement ou avec des ODD, ce qui garantit l'arrimage de l'analyse au futur plan d'action mondial.
- ❖ Des données sont disponibles (au moins à l'échelle nationale et, éventuellement, à l'échelle mondiale, ainsi que dans une série chronologique).
- ❖ L'indicateur est pertinent pour le domaine thématique, c'est-à-dire qu'il donne un aperçu de l'état de l'environnement pour le domaine thématique concerné ; l'indicateur devrait, en principe, tenir compte des réponses stratégiques décrites dans la partie A du présent rapport.

Pour chaque indicateur, les aspects suivants sont pris en compte, sur la base de la littérature évaluée par des pairs.

1. Portée et mesure – L'indicateur doit donner un aperçu de l'état de l'environnement pour le domaine thématique concerné. L'argumentation qui sous-tend la sélection de chaque indicateur dans un domaine thématique est transparente.
2. Pertinence politique – La relation causale entre les mesures et moyens d'intervention et l'indicateur est précisée. Les indicateurs ne sont pas tous sensibles aux politiques, mais on peut poser les questions suivantes au sujet des indicateurs : Par quels mécanismes les politiques auraient-elles un impact sur l'indicateur ? Quels déclencheurs (par exemple, les prix, la contrainte, la persuasion) utilisés par le train de mesures auraient un impact sur l'indicateur à l'étude ? Quels acteurs modifient leur comportement à la suite de ces politiques et quelle est l'incidence de ce changement sur l'indicateur ? Quel lien y a-t-il entre cet indicateur et l'état de l'environnement (idéalement, à l'échelle du pays) ? Quels processus sont déclenchés par des variations de l'indicateur et quels en sont les impacts sur l'environnement ?
3. Relations et chaînes de causalité – Les indicateurs sensibles aux politiques sont ceux pour lesquels on peut démontrer un lien de causalité avec les politiques et leur mise en œuvre. L'attribution de la causalité est une tâche difficile, mais on peut sélectionner des indicateurs en fonction de leur réactivité aux politiques, comparativement à celle d'autres facteurs d'intervention tels que les facteurs sociodémographiques, les infrastructures, les conditions naturelles et la culture. Existe-t-il des preuves que les indicateurs peuvent être associés à ces chaînes causales « produits-effets-impacts » ? Les « produits » et les « effets » sont des processus déclenchés par la politique, tandis que les « impacts » sont les effets ultimes de la politique. L'impact initial peut à son tour déclencher d'autres processus et avoir des impacts indirects ou secondaires.





4. L'analyse doit prendre en compte d'autres facteurs ayant une incidence sur l'indicateur.
Existe-t-il des preuves que d'autres facteurs qui ne sont pas directement ou immédiatement affectés par les politiques (les conditions naturelles, l'infrastructure, la culture, les catastrophes naturelles) ont eu des répercussions sur l'indicateur ? Existe-t-il des incertitudes sur les relations de causalité qui influent sur l'indicateur ?
5. Représentation graphique et visualisation – Pour chaque indicateur, des données sont présentées sur les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs internationaux pertinents ainsi que sur l'élaboration de chaque indicateur à l'échelon national (analyse longitudinale et transversale croisée).
Existe-t-il des pays qui se distinguent par leur performance supérieure ou inférieure ? En se basant sur les étapes précédentes, une réflexion critique devrait être entreprise : Est-il possible d'attribuer ce fait aux politiques et à d'autres facteurs ? Quelles sont les incertitudes ?
6. Autres indicateurs éventuels – Si la littérature suggère d'autres indicateurs pour mesurer l'efficacité des politiques dans un domaine thématique donné, ceux-ci sont examinés.
L'adéquation ou la pertinence de l'indicateur est-elle contestée ? D'autres indicateurs de remplacement sont-ils proposés pour mesurer l'efficacité des politiques ? Pourquoi n'en a-t-on pas tenu compte dans l'analyse ?

L'évaluation basée sur les indicateurs ciblant les indicateurs sensibles aux politiques décrits ci-dessus ne vise pas l'exhaustivité : il n'est certainement pas possible de couvrir tous les indicateurs et tous les aspects de l'ensemble des domaines thématiques et des questions transversales. Le caractère très partiel de cette couverture est reconnu, et des efforts supplémentaires seront nécessaires dans les futurs rapports GEO pour améliorer la couverture.

10.8 Contenu de la partie B

Le reste de la partie B reflète ces approches descendantes et ascendantes. Le chapitre 11, basé sur la littérature, porte sur la conception des politiques, leur diffusion et leur évolution dans l'espace et dans le temps, ainsi que sur l'efficacité de la gouvernance internationale et multipartite. Les chapitres 12 à 17 couvrent les principales approches politiques mentionnées dans la partie A du rapport, au regard de la composante « Réponses » du cadre DPSIR. Pour chacune de ces approches stratégiques clés, une étude de cas illustre l'application de l'approche en question dans un contexte particulier. Des indicateurs sensibles aux politiques pour chaque domaine thématique ou question transversale sont également présentés dans ces six chapitres. Le chapitre 18 tire des conclusions et des messages clés pour la partie B, propose des orientations aux décideurs et fait le lien avec la partie C du rapport.

Références



- Bauler, T. (2012). An analytical framework to discuss the usability of (environmental) indicators for policy. *Ecological Indicators* 17, 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.05.013>
- Blamey, A. et Mackenzie, M. (2007). Theories of change and realistic evaluation: Peas in a pod or apples and oranges? *Evaluation* 13(4), 439-455. <https://doi.org/10.1177/1356389007082129>
- Boersma, J. et Reijnders, L. (dir.) (2009). *Principles of Environmental Sciences*. Dordrecht: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-9158-2#about>
- Challies, E., Newig, J., Kochskämper, E. et Jager, N.W. (2017). Governance change and governance learning in Europe: Stakeholder participation in environmental policy implementation. *Policy and Society* 36(2), 288-303. <https://doi.org/10.1080/14494035.2017.1320854>
- European Commission (2012). *Assessing and Strengthening the Science and EU Environment Policy Interface*. European Commission <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a7123d5f-52ee-4f12-9d82-a59eb7d93a26> (téléchargé le 30 octobre).
- European Environment Agency (2001a). *Reporting on Environmental Measures: Are We Being Effective?* Environmental Issue Report. Copenhagen. <https://www.eea.europa.eu/publications/rem>
- European Environment Agency (2001b). *Paper 1: Defining Criteria for Evaluating the Effectiveness of EU Environmental Measures. Towards a New EU Framework for Reporting on Environmental Policies and Measures*. Copenhagen. <https://www.eea.europa.eu/publications/rem/defining.pdf>
- European Environment Agency (2017). *Perspectives on Transitions to Sustainability*. Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/perspectives-on-transitions-to-sustainability-at_download_file
- Fors, K., Marra, M. et Schwartz, R. (dir.) (2011). *Evaluating the Complex: Attribution, Contribution, and Beyond*. 1st edn Comparative Policy Evaluation. New Brunswick, NJ: Transaction Publishers. <https://www.routledge.com/Evaluating-the-Complex-Attribution-Contribution-and-Beyond/Marra/p/book/9781138509832>
- Forsyth, T. (2005). Building deliberative public-private partnerships for waste management in Asia. *Geoforum* 36(4), 429-439. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2004.07.007>
- Hezzi, A.A. et Dovers, S.R. (2006). Sustainability indicators, policy and governance: Issues for ecological economics. *Ecological Economics* 60(1), 86-99. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.019>
- Hildén, M., Jordan, A. et Rayner, T. (2014). Climate policy innovation: Developing an evaluation perspective. *Environmental Politics* 23(5), 884-905. <https://doi.org/10.1080/09644016.2014.924205>
- Hood, C. (2011). *Summing up the Parts: Combining Policy Instruments for Least-Cost Climate Mitigation Strategies*. Paris: International Energy Agency. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Summing_Up.pdf
- Hovi, J., Sprinz, D.F., Sælen, H. et Underdal, A. (2016). Climate change mitigation: A role for climate clubs? *Palgrave Communications* 2(16020). <https://doi.org/10.1057/palcomms.2016.20>
- Howlett, M. et Rayner, J. (2007). Design principles for policy mixes: Cohesion and coherence in 'new governance arrangements'. *Policy and Society* 26(4), 1-18. [https://doi.org/10.1016/S1449-4035\(07\)70118-2](https://doi.org/10.1016/S1449-4035(07)70118-2)
- Huttunen, S., Kivimaa, P. et Virkamäki, V. (2014). The need for policy coherence to trigger a transition to biogas production. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 12, 14-30. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2014.04.002>
- Interviews, E., Görlach, B. et Newcomb, J. (2007). Evaluating the cost-effectiveness of environmental policies: Theoretical aspirations and lessons from European practice for global governance. *Amsterdam Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change: Earth System Governance: Theories and Strategies for Sustainability*. Amsterdam, 24-26 May 2007. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.664.6369&rep=rep1&type=pdf>
- Jänicke, M., Blazejczak, J., Eder, D. et Hemmelskamp, J. (2000). Environmental policy and innovation: An international comparison of policy frameworks and innovation effects. In *Innovation-Oriented Environmental Regulation*. Hemmelskamp, J., Rennings, K. et Leone, F. (dir.). Heidelberg: Springer. 125-152. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-12069-9_7
- Jordan, A. et Huitema, D. (2014). Innovations in climate policy: The politics of invention, diffusion, and evaluation. *Environmental Politics* 23(5), 715-734. <https://doi.org/10.1080/09644016.2014.923614>
- Keskitalo, E.C.H., Juhola, S., Baron, N., Fyhri, H. et Klein, J. (2016). Implementing local climate change adaptation and mitigation actions: The role of various policy instruments in a multi-level governance context. *Climate* 4(1), 7. <https://doi.org/10.3390/cl4010007>
- Kivimaa, P. et Kern, F. (2016). Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions. *Research Policy* 45(1), 205-217. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.09.008>
- Kochskämper, E., Challies, E., Jager, N.W. et Newig, J. (dir.) (2018). *Participation for Effective Environmental Governance: Evidence from European Water Framework Directive Implementation*. London: Routledge. <https://www.routledge.com/Participation-for-Effective-Environmental-Governance-Evidence-from-European/Kochskamper-Challies-Jager-Newig/p/book/9781138713291>
- Lambin, E.F., Meyfroidt, P., Rueda, X., Blackman, A., Börner, J., Cerutti, P.O. et al. (2014). Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. *Global Environmental Change* 28, 129-140. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.007>
- Lay, J., Brandi, C., Upendra Das, R., Klein, R., Thiele, R., Alexander, N. et al. (2017). *Coherent G20 Policies Towards the 2030 Agenda for Sustainable Development*. G20 Insights. http://www.g20-insights.org/wp-content/uploads/2017/03/TF_2030_Agenda_PolicyCoherence.pdf
- Mees, H., Crabbé, A. et Driessen, P.P.J. (2017). Conditions for citizen co-production in a resilient, efficient and legitimate flood risk governance arrangement. A tentative framework. *Journal of Environmental Policy & Planning* 19(6), 827-842. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2017.1299623>
- Mees, H., Dijk, J., van Soest, D., Driessen, P., van Rijswijk, M. et Runhaar, H. (2014). A method for the deliberate and deliberative selection of policy instrument mixes for climate change adaptation. *Ecology and Society* 19(2). <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06639-190258>
- Moldan, B., Janoušková, S. et Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators* 17, 4-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>
- Niles, M.T. et Lubell, M. (2012). Integrative frontiers in environmental policy theory and research. *Policy Studies Journal* 40, 41-64. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.2012.00445.x>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2016). *Better Policies for Sustainable Development 2016: A New Framework for Policy Coherence*. Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264256969-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development, International Energy Agency, International Transport Forum and Nuclear Energy Agency (2015). *Aligning Policies for a Low-Carbon Economy*. Paris. https://www.oecd-ilibrary.org/aligning-policies-for-a-low-carbon-economy_5js4lch2tjsj.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpublication%2F9789264233294-en&mimeType=pdf
- Perrels, A. (2001). Efficiency and effectiveness of policy instruments: Concepts and practice. *Workshop on Good Practices in Policies and Measures*. Copenhagen, 8-10 October 2001. 10 https://unfccc.int/files/meetings/workshops/other_meetings/application/pdf/perrels.pdf
- Rogers, P.J. et Weiss, C.H. (2007). Theory-based evaluation: Reflections ten years on: Theory-based evaluation: Past, present, and future. *New directions for evaluation* (114), 63-81. <https://doi.org/10.1002/ev.225>
- Sabatier, P.A. (1986). Top-down and bottom-up approaches to implementation research: A critical analysis and suggested synthesis. *Journal of Public Policy* 6(1), 21-48. <https://doi.org/10.1017/S0143814X00003846>
- Sandler, T. (2017). Environmental cooperation: Contrasting international environmental agreements. *Oxford Economic Papers* 69(2), 345-364. <https://doi.org/10.1093/oxep/gpw062>
- United Nations Economic and Social Council (2006). *Definition of Basic Concepts and Terminologies in Governance and Public Administration*. Note by the Secretariat*. E/C.16/2006/4. <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/un/unpan022332.pdf>
- United Nations Environment Programme (2007). *Global Environment Outlook-4: Environment for Development*. Nairobi. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/71646/-Global%20Environment%20Outlook%20%204%20\(GEO-4\)-2007768.pdf?isAllowed=y&sequence=3](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/71646/-Global%20Environment%20Outlook%20%204%20(GEO-4)-2007768.pdf?isAllowed=y&sequence=3)
- United Nations Environment Programme (2012). *Global Environment Outlook-5: Environment for the Future We Want*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GEO5_report_full_en.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- United Nations Environment Programme (2017). *Use of Theory of Change in Project Evaluations: Introduction*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7116/11/Use_of_Theory_of_Change_in_Project_Evaluation_26.10.17.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- van Tulder, R., Seitanidi, M.M., Crane, A. et Brammer, S. (2016). Enhancing the impact of cross-sector partnerships. *Journal of Business Ethics* 135(1), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2756-4>
- Yoshida, T. et Zusman, E. (2015). *Can the Sustainable Development Goals Strengthen Existing Legal Instruments? The Case of Biodiversity and Forests*. Global Environmental Research Institute for Global Environmental Strategies. http://www.aires.or.jp/attach.php/6a6f75726e616c5f476c6f62616c456e7669726f6e6d656e74616c52657365617263685f6736737748764e6a/save/0/0/19_2-13.pdf





La théorie et la pratique des politiques

Auteurs coordonnateurs : Klaus Jacob (université libre de Berlin) et Peter King (Institute for Global Environmental Strategies)

Auteurs principaux : Pedro Fidelman (Centre for Policy Futures, université du Queensland), Leandra Regina Gonçalves (Centre d'études et de recherches environnementales [NEPAM], université de Campinas), James Hollway (Institut de hautes études internationales et du développement) et Sebastian Sewerin (École polytechnique fédérale de Zurich [ETH Zurich])

Membre honoraire de GEO : Chenmin He (université de Beijing)



Synthèse

La politique environnementale est confrontée à certains défis d'ordre conceptuel et empirique, de sorte qu'un bon point de départ pour l'analyse est l'essence d'une « bonne » conception des politiques. Pour ce qui est de définir ce qui constitue une « bonne » conception des politiques, il faut considérer les propriétés et les problèmes écosystémiques, ainsi que la performance des politiques, des pratiques et des acteurs en place comme étant des éléments communs. Les analystes et les décideurs devraient mieux comprendre la dynamique temporelle des changements stratégiques, savoir expliquer comment et pourquoi certaines politiques fonctionnent (ou non) et reconnaître les interactions entre les choix politiques dans des ensembles de politiques de plus en plus complexes. {11.2}

Dans le domaine de la recherche sur les politiques environnementales, la diffusion internationale occupe une place importante, notamment en ce qui concerne les politiques relatives aux énergies renouvelables, tels les tarifs de rachat, les normes relatives aux portefeuilles d'énergies renouvelables et l'échange de droits d'émission. Parmi les quatre mécanismes potentiels de diffusion de politiques d'énergies renouvelables (l'émulation, la persuasion, l'apprentissage et la concurrence), la persuasion et l'émulation se révèlent plus courantes que l'apprentissage et la concurrence. Peu de recherches ont été menées sur la dynamique post-adoption des politiques diffusées, au risque de nuire aux autres politiques sectorielles et à la cohérence des politiques. {11.2.1}

En ce qui concerne l'évolution des politiques dans le temps et les facteurs à l'origine de cette évolution, il existe deux approches dominantes dans la littérature : d'une part, la stabilité ou le verrouillage politique ; d'autre part, l'équilibre ponctué. Les « ponctuations » de l'équilibre peuvent résulter de chocs externes qui ébranlent l'environnement des politiques, par ailleurs stable, jusqu'à l'atteinte d'un nouvel équilibre. Elles peuvent ouvrir la voie à de nouvelles politiques environnementales (par exemple, l'impact de la catastrophe nucléaire de Fukushima au Japon sur la décision stratégique de l'Allemagne d'abandonner progressivement le nucléaire). Souvent, pour éviter les risques liés à la prise de décisions ayant des effets secondaires indésirables, les décideurs ont tendance à retarder le plus longtemps possible l'adoption de mesures déterminantes et, face aux chocs externes, choisissent de poser un geste symbolique plutôt que d'élaborer une politique efficace. {11.2.2}

L'innovation en matière de politiques peut être considérée comme un mélange d'invention (approches nouvelles ou inédites), de diffusion (transfert et adoption) et de suivi des effets (résultats, impacts et, éventuellement, perturbations). Les bonnes pratiques donnent à penser que de multiples politiques innovantes devraient être mises en œuvre sous une forme quasi expérimentale, les meilleures pratiques émergeant des effets soumis à un suivi. {11.2.2}

L'évaluation de l'efficacité des politiques se résume souvent à un jugement d'expert, car il n'existe pas de méthode communément admise d'évaluation de l'efficacité. La combinaison d'évaluations quantitatives et qualitatives est la plus fiable pour évaluer l'efficacité des politiques. Les outils de conception de politiques les plus susceptibles de compléter le jugement des experts sont : i) l'analyse coûts-avantages et l'analyse coût-efficacité, qui peuvent toutes deux être réalisées ex ante (avant la mise en œuvre) ou ex post (après la mise en œuvre) ; ii) l'analyse de l'impact de la réglementation ; iii) l'analyse comparative de l'écart par rapport à un objectif ou une cible ; iv) l'analyse du contenu ou la mise en concordance des modèles. {11.2.3}

L'un des principaux enseignements à tirer est qu'il faut élaborer avec soin un train de mesures bien arrimées à un objectif stratégique global, puis assurer le suivi des effets réels afin de déterminer les meilleures pratiques et les apports probables des différentes politiques. Par exemple, les objectifs des politiques d'atténuation des effets du changement climatique nécessitent un train de mesures complet : la tarification du carbone, le soutien à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables, la suppression progressive des subventions aux combustibles fossiles, les politiques d'innovation, la prévention du verrouillage de certaines technologies, l'évolution des comportements de consommation. {11.2.4}

Les politiques environnementales ne peuvent à elles seules assurer la réalisation des objectifs environnementaux ; ceux-ci doivent également être intégrés aux secteurs des politiques non environnementales. Les ambitions environnementales se heurtent souvent à d'autres objectifs sectoriels, de sorte que l'intégration des politiques environnementales devrait servir à résoudre les conflits entre les objectifs environnementaux et les autres objectifs stratégiques. La cohérence des politiques – soit la promotion d'actions stratégiques se renforçant mutuellement et créant des synergies en vue de réaliser des objectifs dans de multiples secteurs – est un corollaire de leur intégration. {11.3}

Un argument important en faveur de l'intégration des politiques environnementales réside dans les avantages économiques et sociaux, escomptés ou démontrés, qui découlent de la mise en œuvre des politiques environnementales. Ces avantages connexes vont de la croissance économique supplémentaire induite par l'innovation aux économies résultant d'une utilisation plus efficace des ressources naturelles et à l'évitement des coûts des dommages environnementaux. {11.3.3}

La mise à contribution des alliances, des clubs et des acteurs non étatiques dans la conception des politiques peut favoriser une pression exercée par les pairs en vue de surmonter les réticences institutionnelles. Une gouvernance hybride, combinant différents modes et instruments de gouvernance, peut aider au renforcement mutuel des réponses institutionnelles. Toutefois, il n'existe pas de structure de gouvernance universelle. En ce qui concerne l'efficacité des politiques, la mesure de l'efficacité institutionnelle fait l'objet de plusieurs propositions d'approches mettant en jeu des méthodes qualitatives ou quantitatives. Le rôle des acteurs non étatiques – telles les administrations locales et municipales et les organisations de la société civile – prend de plus en plus d'importance dans le discours international sur les politiques environnementales. Les 17 ODD étant censés être pleinement intégrés et universels, plusieurs pays s'efforcent actuellement de concevoir les dispositifs institutionnels les plus efficaces pour assurer l'intégration verticale et horizontale souhaitée des politiques. {11.4.2}

Enfin, on ne saurait trop insister sur l'importance d'une bonne conception des politiques. Les principaux éléments communs de cette conception sont : i) définir une vision à long terme et éviter de prendre des décisions stratégiques en mode de crise, au moyen de processus de conception participatifs et inclusifs ; ii) établir une base de référence, ainsi que des objectifs et jalons quantifiés ; iii) effectuer une analyse coûts-avantages ou coût-efficacité ex ante et ex post pour s'assurer d'une utilisation la plus efficace et la plus efficiente possible des fonds publics ; iv) intégrer des régimes de suivi des politiques pendant la mise en œuvre, de préférence en impliquant les parties prenantes touchées ; v) effectuer une évaluation post-intervention des effets et impacts des politiques, afin de fermer la boucle en vue de l'amélioration future de la conception des politiques. {11.5}



11.1 Introduction

La recherche universitaire et la recherche pratique liée aux conseils stratégiques soulèvent des questions importantes relatives à la politique environnementale. Toutefois, la recherche se heurte encore à des difficultés courantes d'ordre conceptuel et empirique, notamment :

- i) la diversité des conceptualisations et mesures des politiques, qui empêche toute généralisation ;
- ii) la compréhension lacunaire de la dynamique du changement et de la stabilité des politiques ;
- iii) les effets complexes des choix de conception des politiques.

Dans l'ensemble, ces obstacles courants nuisent à la comparabilité des constatations entre les domaines de la politique environnementale, ce qui entraîne un risque de déboucher sur des approches et perspectives quelque peu étriquées.

Un point de départ potentiel pour surmonter cette étroitesse de vue consiste à renouveler l'intérêt pour la conception des politiques. Existe-t-il des éléments communs de la « bonne » conception des politiques qui sont transférables d'un domaine problématique à un autre ? Comment les décideurs recherchent-ils des précédents de politiques efficaces, et comment cette recherche conduit-elle à la diffusion des politiques d'un pays et d'un domaine à l'autre ? Quel est l'apport d'une compréhension théorique de la conception des politiques dans la pratique stratégique ?

Dans cette section, nous examinons la documentation et dégageons quelques enseignements à valider dans les domaines ou instruments d'action et les mécanismes de gouvernance, ainsi que dans les études de cas connexes présentées aux chapitres 12 à 17 de la partie B (figure 11.1). La présente section porte essentiellement sur la partie supérieure de la figure 11.1, tandis que les chapitres 12 à 17 en explorent la moitié inférieure. La figure 11.1 fait ressortir l'importance d'aller au-delà de l'analyse des moyens d'action individuels lorsqu'on tente de déterminer l'efficacité des politiques. À l'étape de la conception, les décideurs devraient examiner en quoi une politique environnementale appuiera les politiques d'autres secteurs ou entrera en conflit avec elles, et vice versa. Divers outils d'intégration des politiques peuvent aider à satisfaire cette exigence de conception. Dans le cadre de l'ensemble des politiques environnementales, les

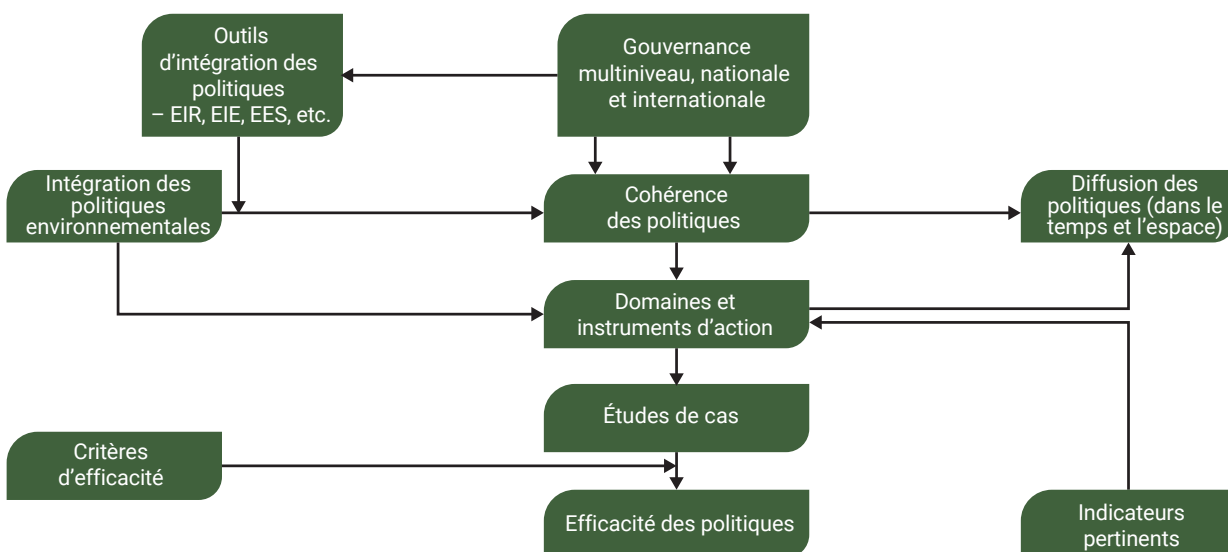
décideurs devraient veiller à ce que toute nouvelle politique soit cohérente avec les effets escomptés et les soutienne. En outre, aux divers paliers de gouvernance, les décideurs peuvent examiner l'expérience acquise dans d'autres pays, zones infranationales ou entreprises, pour aboutir à une diffusion des politiques par-delà les frontières et dans le temps. Dans les chapitres qui suivent, nous examinerons cette expérience à la lumière de plusieurs études de cas, pour en dégager des explications sur les causes de l'efficacité ou de l'inefficacité de certaines approches stratégiques et pour analyser les indicateurs sensibles aux politiques.

11.2 La conception des politiques

Les défis décrits ci-dessus sont liés à la fois à la dynamique spatiale et temporelle du changement induit par les politiques et à la complexité de l'interaction des moyens d'action au sein d'un train de mesures. Ils ont suscité un regain d'intérêt pour les enjeux de la conception des politiques (Howlett et Lejano, 2013). Bon nombre d'auteurs reconnaissent la complexité des éléments de conception dans des trains de mesures denses (Howlett et Cashore, 2009 ; Howlett et del Rio, 2015 ; Young, 2017), de même que la forte influence du système de conformité (Grey et Shimshack, 2011). Toutefois, à mesure que le programme de recherche se développe, les approches de diagnostic institutionnel (Young, 2008 ; Ostrom, 2009), d'évaluation empirique et d'analyse des changements stratégiques (Jabbour *et al.*, 2012 ; Knill, Schulze et Tosun, 2012 ; Schaffrin, Sewerin et Seubert, 2015) ont été de plus en plus appliquées à une analyse systématique et plus quantitative de la dynamique des politiques et des moyens d'intervention (Voigt, 2013). Young (2008) soutient que les propriétés et les problèmes des écosystèmes, les politiques, les pratiques et les acteurs doivent être considérés comme des éléments de la conception du régime, dans le cadre d'une approche d'analyse diagnostique qui tente de faire correspondre les dispositifs institutionnels à ces propriétés et structures. Ostrom (2007) adopte une approche similaire et construit un cadre qui comporte de nombreux types de propriétés des ressources à des échelles multiples, y compris à l'échelon local.

En ce qui concerne le processus décisionnel, il se dégage un consensus croissant sur le fait que la conception des politiques est au moins aussi importante que le choix des moyens d'action, tant pour l'efficacité de chaque politique que pour celle de tout le train de mesures (Mitchell, 2002 ; Yin et Powers, 2010 ; Flanagan *et al.*, 2011 ; Kemp et Pontoglio, 2011). À titre d'exemple, la

Figure 11.1 : Plan conceptuel de l'analyse de l'efficacité des politiques





spécificité technologique – c'est-à-dire la distinction explicite que fait une politique entre les différentes technologies disponibles pour remédier à un problème stratégique donné – est de plus en plus appliquée dans l'analyse des politiques de déploiement des technologies sobres en carbone (par exemple, Schmidt *et al.*, 2016). Pourtant, l'intégration des diverses perspectives sur la conception des politiques (par exemple, à partir de la recherche sur la mise en œuvre ou des études sur la gouvernance) demeure un défi. On trouve tout de même de plus en plus d'écrits sur la dynamique des politiques et les moyens d'action, sur la conception et l'efficacité des politiques et sur la logique des interventions à long terme (Young, 1999 ; Miles *et al.*, 2002 ; Howlett et Rayner, 2013).

Lorsqu'on essaie de s'attaquer aux divers problèmes environnementaux urgents décrits dans la partie A, il est très utile d'adopter une perspective de la conception de politiques. Pour ce faire, les analystes et les décideurs devraient mieux comprendre la dynamique temporelle des changements stratégiques, savoir expliquer comment et pourquoi certaines politiques fonctionnent (ou non) et reconnaître les interactions entre les choix politiques dans des ensembles de politiques de plus en plus complexes. Idéalement, cette stratégie contribuerait à améliorer la conception des politiques qui créent des boucles de rétroaction positive (y inclus l'évaluation *ex post* des impacts), ce qui changerait éventuellement la logique instrumentale sous-jacente d'un train de mesures (figure 11.2).

11.2.1 La dynamique spatiale : la diffusion des politiques au-delà des frontières

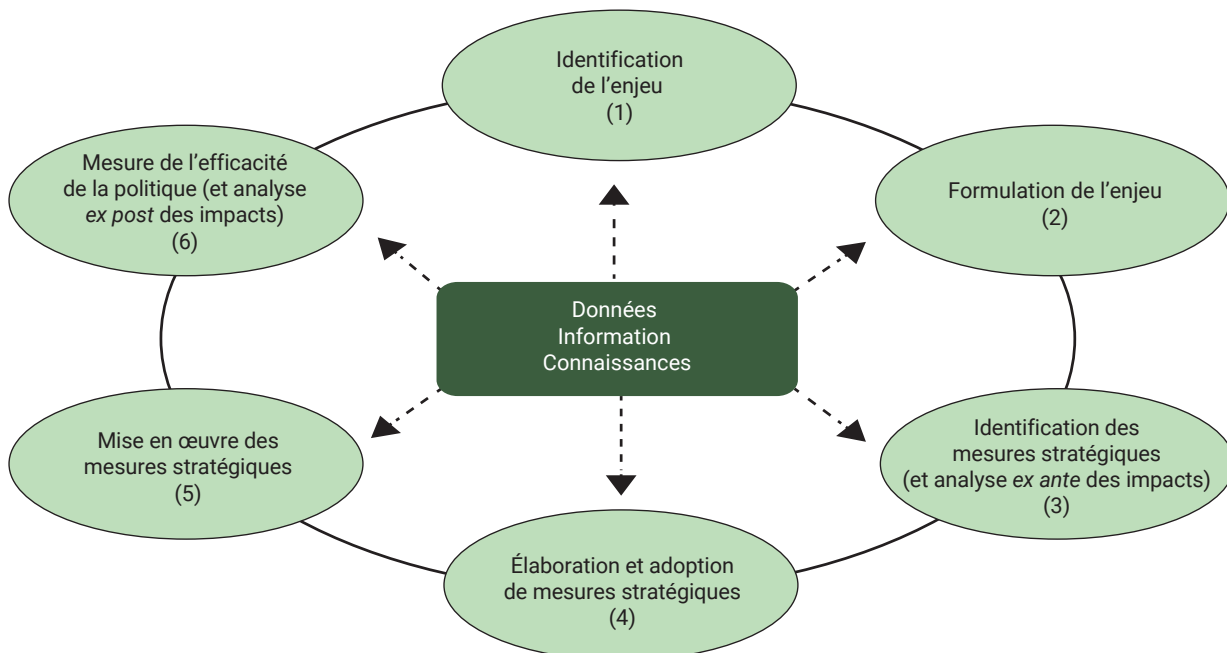
La recherche sur la diffusion des politiques a pour but de comprendre comment et pourquoi les politiques se déploient au-delà des frontières et sont adoptées et conçues par différentes autorités législatives. La littérature universitaire, principalement dans le domaine des sciences politiques, a tendance à mettre beaucoup plus l'accent sur les forces motrices de la diffusion spatiale des politiques (Tews, Busch et Jorgens, 2003 ; Holzinger, Knill et Sommerer, 2011 ; Graham, Shipan et Volden, 2013 ; Matisoff et Edwards, 2014) que sur la nature et le contexte des politiques qui ont réellement été diffusées (Jordan et Huitema, 2014a). Dans

les recherches sur la politique environnementale, la diffusion des politiques a occupé une place de choix dans les années 2000 et au début des années 2010. Ces recherches portaient principalement sur la réglementation environnementale (Knill, Schulze et Tosun, 2012) et sur les politiques d'énergies renouvelables (Alizada, 2017). Dans le premier cas, la recherche a été facilitée par la disponibilité d'un vaste ensemble de données sur les normes réglementaires, principalement en matière d'émissions (Heichel *et al.*, 2008) ; dans le second, la motivation venait du débat sur l'efficacité des tarifs de rachat et des normes touchant les portefeuilles d'énergies renouvelables en tant qu'outils stratégiques de déploiement des énergies renouvelables. En général, ces études portent soit sur les caractéristiques des politiques au niveau macroscopique (par exemple, les types de moyens d'action), comme dans les travaux de Stadelmann et Castro (2014), soit sur des normes réglementaires très spécifiques (par exemple, les normes d'émissions de NO_x ou de SO₂ pour les grandes installations de combustion), comme dans les travaux de Liefferink *et al.* (2009) et de Holzinger, Knill et Sommerer (2011), entre autres. En ce qui concerne les énergies renouvelables, quatre mécanismes possibles de diffusion des politiques – l'émulation, la persuasion, l'apprentissage, la concurrence – ont été examinés (Alizada, 2017). La persuasion et l'émulation se sont avérées plus courantes que l'apprentissage et la concurrence.

Plus récemment, le nombre de politiques relatives au changement climatique a explosé dans les pays développés et en développement. Sur la période de 1998 à 2010, le nombre de lois nationales relatives au climat a quintuplé ; en 2012, ces lois couvraient 67 % de toutes les émissions (Jordan et Huitema, 2014b).

Cependant, il existe peu de recherches sur la dynamique post-adoption des politiques diffusées. Seules des études isolées (par exemple, Biesenbender et Tosun, 2014) analysent le mode d'adaptation de ces politiques dans d'autres pays, c'est-à-dire les modifications qui y sont apportées après leur diffusion initiale. Le système d'échange de droits d'émission de l'Union européenne est un bon exemple des difficultés d'ajustement des politiques d'une autorité à l'autre (Cass, 2005). La dynamique post-adoption peut même nuire à l'impact et à la cohérence des politiques (Jordan et Huitema, 2014a).

Figure 11.2 : Le cycle d'une politique



Source : Agence européenne pour l'environnement (AEE) (2006).



Certains ensembles de données accessibles au public ont pour but d'aider à rendre compte de la diffusion des politiques environnementales, notamment en ce qui concerne le changement climatique et, plus particulièrement, les énergies renouvelables. Par exemple, la base de données mondiale des lois sur le changement climatique (Climate Change Laws of the World Database) de la London School of Economics (Nachmany *et al.*, 2017) compile des informations sur les politiques climatiques nationales, allant de l'adaptation à l'atténuation et aux transports. Parallèlement, le Global Status Report du REN21 présente le recours à des politiques d'énergies renouvelables par un vaste échantillon de juridictions nationales et infranationales. Des organisations internationales telles que l'Agence internationale de l'énergie (AIE) recueillent également des données sur les politiques d'énergies renouvelables en vigueur dans un large échantillon de territoires. La qualité de tous ces ensembles de données varie toutefois, tout comme la méthode de collecte, la catégorisation des politiques et le niveau de détail de l'information sur les politiques. Ce problème est lié à ce qui a été qualifié de « problème des variables dépendantes dans l'étude des changements induits par les politiques » (Howlett et Cashore, 2009) – c'est-à-dire le défi fondamental du mode d'évaluation systématique des résultats des politiques dans un ensemble de cas. Malgré les efforts déployés pour élaborer une méthodologie commune permettant de produire une mesure comparable des résultats des politiques (par exemple, Knill, Schulze et Tosun, 2012 ; Schaffrin, Sewerin et Seubert, 2015), ces approches ne sont adoptées qu'à un rythme lent, et la plupart des analyses de la dynamique des politiques continuent d'appliquer des concepts et mesures variés ou ponctuels des résultats des politiques. Ainsi, malgré l'intérêt de longue date pour le sujet et les efforts mis en œuvre pour produire des données systématiques sur les politiques, la connaissance de la diffusion spatiale des politiques environnementales demeure limitée, en particulier en dehors du domaine spécifique des énergies renouvelables.

11.2.2 La dynamique temporelle : l'évolution des politiques au fil du temps

Bon nombre d'écrits théoriques se penchent sur la question de savoir si et comment les politiques évoluent avec le temps et quels sont les facteurs catalyseurs de ces changements. On distingue deux approches théoriques générales de l'évolution des politiques. La première regroupe des études sur la dépendance à l'égard du cheminement, qui soulignent que les premières décisions stratégiques figent les choix de politiques et que la plupart des politiques ne changent que progressivement après leur mise en œuvre (Piersen, 2000). On estime que la principale raison de cette stabilité est la rétroaction positive, par exemple à travers l'apprentissage en matière de politiques, qui crée et maintient des processus d'autorenforcement autour d'une politique. La seconde approche, celle de l'équilibre ponctué, cherche à expliquer comment des politiques stables par ailleurs peuvent se dénouer sous l'effet d'un changement brusque, brutal et non progressif (Baumgartner et Jones, 2009 ; Colgan, Keohane et Van de Graaf, 2012). La principale force motrice de ces « ponctuations » serait les chocs externes qui font basculer l'équilibre habituel des rétroactions positives et négatives vers un nouvel équilibre. Par exemple, une affaire juridique remettant en cause la légitimité de la politique environnementale pourrait causer un tel choc. Une ponctuation peut également ouvrir des perspectives pour les politiques environnementales ; ainsi, la catastrophe de Fukushima, au Japon, pourrait avoir poussé les politiques allemandes à abandonner progressivement l'énergie nucléaire (Wittneben, 2012).

Ces deux approches ont été appliquées dans l'analyse de l'évolution des politiques environnementales (par exemple, Daugbjerg, 2003 ; Repetto, 2006), bien que les applications portent principalement sur de grands programmes dans des domaines d'action particuliers tels que l'agriculture. Des écrits récents font valoir que le fait de se concentrer exclusivement sur les rétroactions positives ou sur l'effet catalyseur des chocs externes n'est pas très utile pour

concevoir intentionnellement des politiques susceptibles à la fois de générer une rétroaction positive et de résister à une rétroaction négative soutenue et aux chocs externes (Jordan et Matt, 2014).

La complexité des problèmes environnementaux peut également accroître le risque de « sous-réaction stratégique » de la part des décideurs, car il est difficile pour ces derniers d'estimer les risques avec précision (Maor, 2014). Pour éviter les risques découlant de décisions ayant des effets secondaires indésirables, les décideurs ont tendance à retarder le plus possible la prise de mesures décisives et, face aux chocs externes, à opter pour une mesure symbolique plutôt que d'élaborer une politique efficace (Howlett, 2014). Un certain nombre de suggestions permettent de mieux faire comprendre l'importance de l'environnement au sein des États, pour remédier à ces insuffisances (Kloepfer, 1989 ; Callies, 2001 ; Eckersley, 2005 ; Jänicke, 2007). Toutefois, rien de la sorte ne s'est produit à ce jour : au lieu d'être institutionnalisée en tant que priorité, l'importance de l'environnement entre en concurrence avec d'autres objectifs des pouvoirs publics.

Dans ce contexte, la recherche se tourne de plus en plus vers la conception de politiques (Howlett et Lejano, 2013) et cherche à comprendre comment les choix de conception des politiques peuvent susciter un changement de cap – c'est-à-dire comment les étapes de l'évolution progressive des politiques peuvent, au fil du temps, s'accumuler pour créer un changement transformationnel. L'adoption de politiques dites « tenaces » (persistantes) plutôt que « figées » (insensibles aux conditions changeantes) et qui créent des rétroactions positives sont considérées comme un moyen potentiel d'accroître l'efficacité des politiques environnementales (Jordan et Matt, 2014). L'Accord de Paris sur le climat et son mécanisme de surenchère sont une illustration parfaite de ce concept (Falkner, 2016). La nécessité d'une telle approche prospective de la conception des politiques peut être perçue dans les domaines décisionnels qui sont confrontés à la complexité, comme c'est le cas pour la plupart des problèmes environnementaux (Levin *et al.*, 2013). La conception des régimes internationaux influe fortement sur leur efficacité – bien plus que le type de problème sous-jacent. Autrement dit, on ne résout pas un problème facile avec un régime international mal conçu (Young, 2011). Compte tenu de la dépendance des politiques et des régimes au contexte, il est essentiel d'établir un diagnostic minutieux sur l'adéquation de leur conception (Young, 2011).

L'innovation en matière de politiques peut être considérée comme un dosage d'inventions (approches nouvelles ou inédites), de diffusion (transfert et adoption) et de suivi de leurs effets (effets, impacts et, éventuellement, perturbations) (Jordan et Huitema, 2014b). La recherche sur la gouvernance polycentrique donne à penser que de multiples politiques innovantes devraient être mises en œuvre sous une forme quasi expérimentale, les meilleures pratiques émergeant des effets soumis à un suivi. On a fait valoir que la gouvernance au plus bas échelon possible réduit la motivation du parasitisme et que la surveillance est plus facile dans les petites entités, notamment les communautés (Marshall, 2009). En revanche, une gouvernance polycentrique, à l'échelle mondiale, pourrait entraîner un parasitisme de la part des gouvernements. À titre d'exemple, en l'absence d'un régime mondial, les gouvernements pourraient être tentés d'éviter de prendre des mesures tout en bénéficiant des efforts d'atténuation déployés par d'autres (Ostrom, 2010). Cependant, l'on ne doit pas sous-estimer le rôle de l'entrepreneuriat en politiques et l'apport de la société civile à la motivation de l'inflexion des politiques.

Toutefois, l'innovation politique n'est pas nécessairement la voie la plus efficace pour l'élaboration d'un ensemble de mesures, car les politiques contraignantes et d'incitation économique éprouvées pourraient être celles qui ont le plus d'impact (Hildén, Jordan et Rayner, 2014 ; Jordan et Huitema, 2014a). En accordant davantage d'attention à la cohérence des politiques, à leur mise en œuvre réussie et à la conformité, on pourrait apporter la preuve que les



méthodes d'action conventionnelles sont encore efficaces. Les politiques innovantes peuvent entraîner de nouveaux défis de mise en œuvre et de conformité que les institutions existantes ne sont pas très aptes à relever.

11.2.3 L'efficacité des politiques par une conception améliorée

Par le passé, les tentatives de mesurer l'efficacité des politiques supposaient l'existence d'une corrélation individuelle entre une politique environnementale et ses effets (Weber, Driessen et Runhaar, 2013). Cette supposition est justifiée dans certains cas, tel celui d'une politique contraignante du gouvernement visant à éliminer le plomb de l'essence ou de la peinture (voir plus loin l'analyse des indicateurs sensibles aux politiques). Toutefois, dans la plupart des études de cas des chapitres 12 à 17, il s'avère difficile d'attribuer des résultats environnementaux à une politique en particulier. Les scénarios contrefactuels (c'est-à-dire en l'absence de politique) ne sont pas applicables expérimentalement, notamment pour des raisons pratiques et déontologiques, car il n'est pas raisonnable d'exposer un groupe, mais pas un autre, à une politique de lutte contre un polluant nocif (Niles et Lubell, 2012).

C'est pourquoi l'évaluation de l'efficacité des politiques se résume souvent au recours à un jugement d'experts (figure 11.3) (AEE, 2001 ; Egger *et al.*, 2015). La figure 11.3 illustre le fait que les politiques d'efficacité énergétique ne sont pas toutes classées de la même façon et qu'une proportion importante d'experts estime que certaines politiques ne sont pas du tout efficaces. Certes, il existe certaines limites à la mesure de l'efficacité des politiques. Toutefois, certaines idées essentielles ont émergé, non seulement de l'utilisation de procédures statistiques pour distinguer les effets de chaque variable, mais également de l'application d'autres techniques telles que l'analyse comparative qualitative, qui est conçue pour identifier les combinaisons de facteurs qui opèrent ensemble afin de déterminer l'efficacité des politiques (Breitmeier,

Underdal et Young, 2011). Idéalement, la combinaison d'évaluations quantitative et qualitative est le moyen le plus fiable d'évaluer l'efficacité des politiques (Egger *et al.*, 2015).

Divers outils de conception des politiques peuvent compléter le jugement des experts :

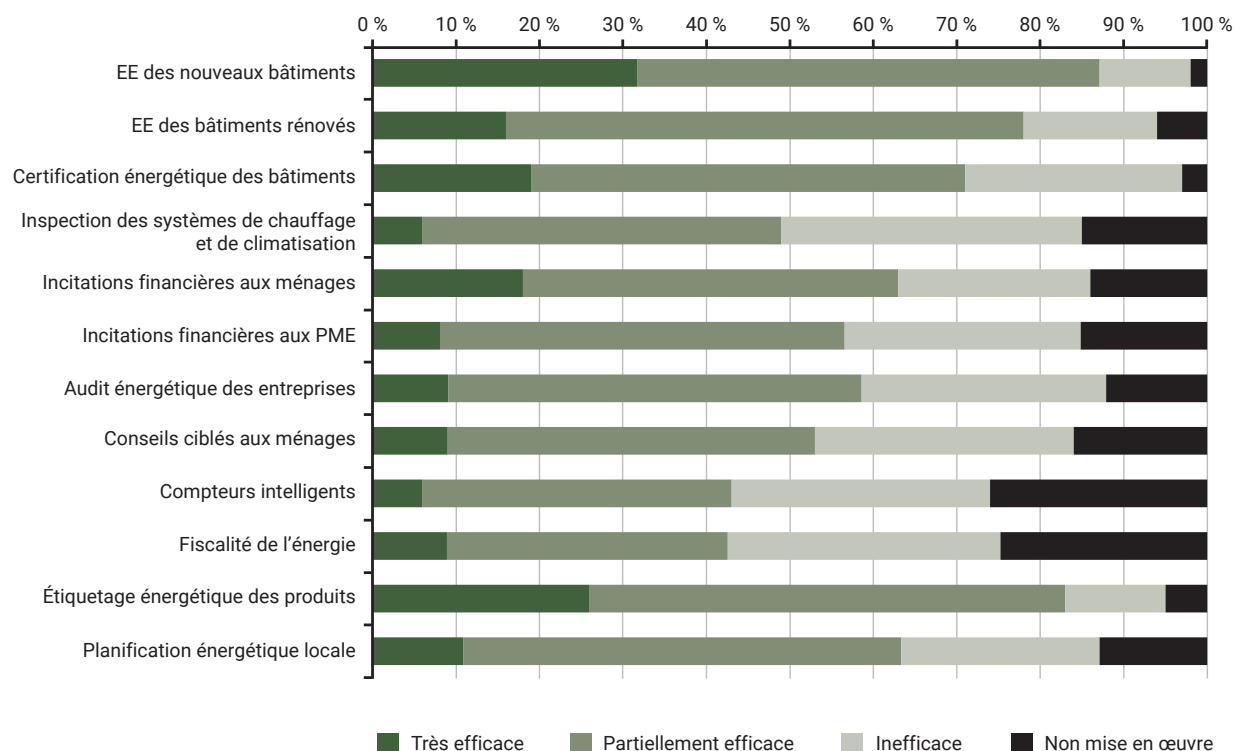
- i) l'analyse coûts-avantages et l'analyse coût-efficacité, qui peuvent toutes deux être réalisées ex ante ou ex post (Interwies, Grolach et Newcombe, 2007) ;
- ii) l'analyse de l'impact de la réglementation (Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2008) ;
- iii) l'analyse comparative de l'écart par rapport à une cible (Uslu, Mozzaffarian et Stralen, 2016) ;
- iv) l'analyse du contenu ou la mise en concordance des modèles (Di Gregorio *et al.*, 2017).

Naturellement, les problèmes environnementaux sont essentiellement des concepts sociaux, et ce qui semble un problème environnemental pour un groupe peut être perçu autrement par un autre groupe ayant des intérêts divergents. C'est pourquoi, pour concevoir des politiques efficaces, il est extrêmement important de définir le « problème ». Il peut être plus efficace, par exemple, d'envisager le changement climatique comme une question d'emploi et de sécurité, comme on le fait en Europe, plutôt que d'y voir simplement une question technique ou scientifique. Le fait d'infléchir l'approche « croître d'abord, nettoyer plus tard » du développement économique pourrait constituer un changement important dans la conception des politiques environnementales dans plusieurs pays en développement.

11.2.4 Les moyens d'intervention

Comme indiqué au chapitre 10, l'un des principaux enseignements tirés du domaine de l'environnement est qu'il faut élaborer avec soin un ensemble de moyens d'intervention bien arrimés à l'objectif

Figure 11.3 : Résultats des points de vue d'experts sur des politiques européennes d'efficacité énergétique



Source : Egger *et al.* (2015).



stratégique général (OCDE *et al.*, 2015), puis surveiller leurs effets réels afin de déterminer les meilleures pratiques. À titre d'exemple, les objectifs de la politique d'atténuation du changement climatique nécessiteront un arsenal complet de mesures de tarification du carbone, de soutien à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables, de suppression progressive des subventions aux combustibles fossiles, d'innovation, de prévention du verrouillage technologique et d'inflexion des comportements de consommation, entre autres (Hood, 2011). Trop souvent, les politiques sont mal alignées et même conflictuelles, de sorte que l'un des meilleurs moyens de parvenir à une amélioration de l'environnement pourrait être de corriger ces désalignements et de veiller à ce que les politiques se renforcent mutuellement (OCDE *et al.*, 2015).

La recherche sur l'analyse des politiques reconnaît de plus en plus la nécessité, plutôt que d'envisager les politiques isolément, de considérer chaque politique dans le contexte élargi d'un ensemble d'autres mesures. Un train de mesures est généralement envisagé par rapport à un champ d'action précis (par exemple, l'ensemble des politiques relatives aux énergies renouvelables). Leur qualité est habituellement évaluée en termes qualitatifs, sur la base d'un ensemble de concepts, tels que :

- i) la cohérence de multiples moyens d'action (leur capacité à se renforcer plutôt qu'à s'affaiblir les uns les autres) ;
- ii) la cohérence de multiples objectifs stratégiques (non contradictoires) ;
- iii) la congruence de multiples objectifs et moyens d'action (une orientation commune) (Howlett et Rayner, 2013 ; Kern, Kivimaa et Martiskainen, 2017).

Bien que ces concepts soient largement utilisés, ils n'ont ni définition uniforme ni démarche d'évaluation communément acceptée, de sorte que l'analyse empirique des caractéristiques des moyens d'intervention demeure lacunaire (Howlett et del Rio, 2015). Il est reconnu que certains types de moyens d'action ne fonctionnent pas nécessairement bien ensemble, mais leur interaction au sein d'un train de mesures est mal comprise. L'une des principales raisons en est la difficulté persistante d'évaluer adéquatement et systématiquement chaque politique (Capano et Howlett, 2009 ; Howlett et Cashore, 2009) – c'est-à-dire les éléments constitutifs d'un ensemble complexe de moyens d'intervention – et, à plus forte raison, ses interactions avec d'autres mesures. Ce n'est que récemment que la recherche a commencé à relever ces importants défis, soit en analysant un train de mesures sur la base d'ensembles de données complets (Schmidt et Sewerin, 2018), soit en modélisant l'interaction des moyens d'action. Toutefois, ces modèles se limitent généralement à l'interaction de deux ou trois politiques, alors que le train de mesures réel, qui en comporte bien davantage, est généralement plus complexe.

11.3 L'intégration des politiques

La mise en œuvre d'un ensemble de mesures environnementales ne peut garantir à elle seule la réalisation d'objectifs environnementaux ; ceux-ci doivent également s'intégrer dans les domaines d'action non environnementaux. C'est ce que sous-tend l'approche intégrée du Programme de développement durable à l'horizon 2030 et des objectifs de développement durable (ODD). Cependant, les ambitions environnementales se heurtent souvent à d'autres objectifs sectoriels – par exemple, lorsque l'utilisation de ressources naturelles par le secteur énergétique, par les industries agricoles ou pour la construction d'infrastructures se heurte aux efforts de conservation de ces ressources naturelles. L'intégration des politiques environnementales (IPE), un concept qui promeut la prise en compte de l'environnement dans d'autres secteurs stratégiques, est reconnue dans les évaluations précédentes du rapport GEO (Lay *et al.*, 2017). L'IPE vise à régler ces conflits entre les objectifs environnementaux et les autres objectifs stratégiques ; cette idée a été examinée dans la littérature scientifique (Nilsson *et al.*, 2012 ; Runhaar, Driessen et Uittenbroek, 2014) et débattue dès

le départ dans le contexte des politiques (Mullally et Dunphy, 2015). Elle a suscité la mise en place d'un large éventail d'institutions, de processus et de moyens d'action (Jacob *et al.*, 2008). Le principe de l'IPE a également contribué à réorienter les discussions sur les politiques, ce qui a également influé sur les résultats des mesures (Scarse et Ockwell, 2010 ; Espinosa *et al.*, 2017). D'autres auteurs avancent que l'IPE doit aller plus loin pour exiger « l'incorporation d'objectifs environnementaux à tous les stades de l'élaboration des politiques dans les domaines d'action non environnementaux, comprenant une reconnaissance spécifique de son rôle de principe directeur pour la planification et l'exécution des politiques » (Lafferty, 2004, p. 201). Ce niveau d'ambition n'est pas atteint dans la réalité, car l'incohérence des politiques et la concurrence entre elles prévalent généralement, ce qui fait ressortir les limites des institutions, des instruments et des processus mis en place pour promouvoir l'IPE.

On ne sait pas toujours avec certitude en quoi les conditions institutionnelles et socio-économiques associées à d'autres domaines d'action dégradent l'environnement, de sorte qu'il est difficile de savoir quelles stratégies d'IPE permettraient d'atténuer cette dégradation (Runhaar, Driessen et Uittenbroek, 2014). On manque de données systématiques sur les moyens par lesquels des secteurs tels que l'agriculture, les transports, l'urbanisme ou la gestion de l'eau prennent en compte les préoccupations et les normes environnementales afin de prévenir, de réduire ou d'atténuer leurs propres effets néfastes sur l'environnement. Néanmoins, une condition nécessaire – bien qu'insuffisante – de l'intégration des politiques réside dans le leadership politique et la reconnaissance des avantages connexes dont bénéficient de multiples domaines d'action (Persson, 2007 ; Jordan et Lenschow, 2010).

La cohérence des politiques

Le concept de cohérence des politiques a des liens étroits avec celui d'intégration des politiques : il s'agit de promouvoir des mesures qui se renforcent mutuellement et créent des synergies en vue de réaliser des objectifs dans de multiples secteurs. Les efforts visant à améliorer la cohérence consistent à élaborer des stratégies nationales de développement durable et diverses feuilles de route, telles que celles élaborées par la Commission européenne ou le programme « Mieux légiférer » poursuivi par l'Union européenne (UE) et l'OCDE (Commission européenne, 2010). Sur ce point également, le leadership stratégique et les avantages connexes sont nécessaires, mais insuffisants en eux-mêmes. En 2016, l'OCDE a élaboré un cadre de cohérence des politiques pour le développement durable basé sur huit éléments de base :

- i) l'engagement et le leadership politiques au plus haut niveau ;
- ii) des approches intégrées de la mise en œuvre ;
- iii) un calendrier intergénérationnel ;
- iv) l'analyse et l'évaluation des effets transfrontières potentiels ;
- v) la coordination politique et institutionnelle ;
- vi) la participation locale et régionale ;
- vii) la participation des parties prenantes ;
- viii) le suivi et la production de rapports (OCDE, 2017).

Les ODD constituent un exemple majeur de tentative d'intégration et de cohérence environnementales au sein du cadre environnemental des Nations Unies (Assemblée générale des Nations Unies, 2015). Les ODD englobent les principaux domaines environnementaux tels que le changement climatique, la pollution chimique, les déchets et écosystèmes marins et terrestres, mais ils comprennent également des objectifs de développement social, économique et institutionnel applicables aux pays à faible revenu et à revenu élevé, tels que l'accès à la nourriture, à l'eau, à l'assainissement, à l'énergie, à la santé, à l'éducation et à la justice, ainsi que le développement des infrastructures, des villes, de l'emploi et de la croissance (Nilsson et Persson, 2017). Les ODD marquent un tournant historique pour les Nations Unies vers un programme de développement « durable » unique, après maintes tentatives d'intégrer le développement économique



et social à la durabilité environnementale. Avant les ODD, les accords internationaux étaient plus fragmentés et sectoriels, et si l'intégration de l'environnement était régulièrement mentionnée sur papier, elle était rarement mise en pratique. Bien entendu, l'efficacité de l'approche globale et indivisible recommandée pour les ODD reste à démontrer.

Des exemples d'instruments réglementaires et d'autres instruments de politique ayant démontré une certaine utilité en ce qui concerne l'intégration et la cohérence des politiques sont présentés aux chapitres 12 à 17. Des politiques de réglementation ont vu le jour dans la plupart des pays au cours des deux dernières décennies, dans le cadre de ce qu'il est convenu d'appeler les « politiques de réglementation améliorées » (Turnpenny *et al.*, 2009 ; De Francesco, 2012 ; Adelle *et al.*, 2015). Dans bien des pays, ces politiques ont permis de créer des institutions et d'adopter des moyens d'action et des processus tels que les études d'impact de la réglementation, les approches participatives et l'évaluation *ex post*. Initialement, ce mouvement a été motivé par le souci de réduire les coûts de la réglementation et de la déréglementation. Toutefois, dans certains pays, ces instruments ont vu leur portée élargie et ont servi à promouvoir l'intégration des préoccupations relatives au développement durable dans l'élaboration des politiques (Bäcklund, 2009 ; Adelle et Weiland, 2012 ; Renda, 2017).

Les ODD (par exemple, la cible 17.4) soulignent la nécessité de « renforcer la cohérence des politiques pour le développement durable » (OCDE, 2016). L'un des principaux enseignements tirés est qu'il faut assurer la cohérence des politiques entre les différents paliers de gouvernance et entre les domaines économique, social et environnemental. En conséquence, il ne suffit pas de dissocier les politiques environnementales des politiques macroéconomiques ou sectorielles, qui constituent souvent des forces motrices de la dégradation de l'environnement, ou des politiques sociales, qui tentent de remédier aux effets des dommages causés à l'environnement par les humains. On peut voir dans les études de cas des chapitres 12 à 17 que ces autres politiques agissent souvent comme des facteurs d'influence positive ou négative sur l'efficacité des politiques environnementales. Dans leur analyse de la cohérence des politiques, les décideurs doivent également tenir compte des impacts à court et long terme (OCDE, 2016).

11.3.1 L'intégration des aspects environnementaux aux politiques de réglementation

L'intégration des préoccupations environnementales et des objectifs des politiques aux différents domaines d'action constitue la pierre angulaire de l'IPE (Runhaar, Driessen et Uittenbroek, 2014). Il peut s'avérer essentiel à la promotion de l'IPE de veiller à intégrer ces préoccupations et objectifs dans l'élaboration de la législation (Jacob *et al.*, 2011). Bon nombre de pays ont adopté des approches ou des moyens d'intervention permettant d'évaluer les répercussions potentielles des mesures législatives proposées sur les parties prenantes, les secteurs économiques et l'environnement (Radaelli, 2009 ; Jacob *et al.*, 2011 ; Adelle et Weiland, 2012 ; Adelle *et al.*, 2016). Dans les pays de l'OCDE, l'évaluation *ex ante* des politiques de réglementation est devenue une procédure administrative normalisée. Par exemple, les Pays-Bas exigent une telle évaluation pour tout projet de loi, de décret ou de modification législative ; au Canada, un élément clé du processus de réglementation consiste à décrire les effets des mesures gouvernementales sur les citoyens. En Australie, les projets de loi et de réforme fiscale doivent obligatoirement comprendre une déclaration et une évaluation de l'impact réglementaire (Jacob *et al.*, 2011).

Di Gregorio *et al.* (2017) avancent que l'intégration des politiques visant à contrer efficacement le changement climatique exige :

- i) la cohérence des politiques entre l'atténuation et l'adaptation ;
- ii) la cohérence des politiques entre le changement climatique et les objectifs de développement ;

- iii) l'intégration verticale des politiques par l'intégration du changement climatique aux politiques sectorielles ;
- iv) l'intégration horizontale des politiques par une coordination intersectorielle.

Ces multiples dimensions et modalités de gouvernance rendent particulièrement difficile la conception de politiques efficaces.

Les exigences et pratiques en matière d'évaluation varient d'un pays à l'autre, tout comme la mesure de la prise en compte des aspects environnementaux (Jacob, Volkery et Lenschow, 2008 ; Jacob *et al.*, 2011). Toutefois, dans les pays de l'OCDE, l'évaluation des politiques de réglementation comporte quatre aspects ou objectifs communs :

- i) l'évaluation des impacts ;
- ii) l'intégration des politiques ;
- iii) la promotion de la transparence ;
- iv) l'amélioration de la reddition de comptes (Ritzka, 2016).

De plus, on estime que l'évaluation de l'impact de la réglementation améliore la cohérence des politiques et réduit au minimum les conflits entre les politiques, ce qui contribue en fin de compte à la qualité de la réglementation et à la bonne gouvernance (Hertin *et al.*, 2009).

En général, l'étude d'impact de la réglementation comporte plusieurs étapes, et les aspects environnementaux sont pertinents pour chacune d'entre elles (**tableau 11.1**). L'intégration des aspects environnementaux aux évaluations des politiques de réglementation met en jeu des outils de collecte et d'analyse des données sur les résultats et les effets probables des solutions envisageables. Ces outils servent à générer et analyser les données sur des domaines d'impact spécifiques (par exemple, les modèles socio-économiques, les modèles biophysiques et les modèles intégrés), à intégrer et regrouper les données aux fins des scénarios et de l'analyse coûts-avantages, ainsi qu'à impliquer les parties prenantes dans l'élaboration des politiques (Jacob *et al.*, 2011).

L'évaluation des coûts sociaux du carbone au Royaume-Uni illustre l'approche décrite ci-dessus et ses outils (**encadré 11.1**). Le Royaume-Uni est considéré comme le pays qui possède la plus longue expérience en matière d'évaluation des impacts climatiques, et qui dispose de l'une des approches les plus élaborées d'évaluation des politiques, ainsi que d'une loi visant notamment à soutenir ce travail (la Climate Change Act) (Jacob *et al.*, 2011).

Compte tenu de la diversité des approches et des outils d'évaluation des politiques de réglementation, Adelle *et al.* (2011) avancent qu'il n'existe pas de méthode « unique » ou « idéale » pour mener ces évaluations. Cependant, certaines juridictions

Tableau 11.1 : Étapes normales d'une étude d'impact de la réglementation

- ❖ Sélection des propositions de politiques à évaluer
- ❖ Description du problème et de l'objectif du règlement proposé
- ❖ Description du scénario de référence
- ❖ Identification des solutions envisageables à évaluer
- ❖ Évaluation des solutions, y compris leurs effets prévus dans les différents domaines ainsi que la pondération et l'agrégation des différents effets
- ❖ Consultation des parties prenantes et autres parties intéressées sur les résultats de l'évaluation
- ❖ Examen de la qualité de l'évaluation

Source : Jacob *et al.* (2011).



Encadré 11.1 : La valorisation du carbone dans le cadre de l'évaluation des politiques au Royaume-Uni



En 2002, le ministère de l'Économie et des Finances (HM Treasury) et le ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales (DEFRA) du Royaume-Uni ont publié un rapport conjoint sur la manière d'intégrer les coûts sociaux des émissions de carbone aux décisions politiques. Depuis 2003, l'évaluation de l'impact des gaz à effet de serre (GES) est obligatoire dans le cadre du processus général d'évaluation des politiques (ministère de l'Innovation et des Compétences commerciales, 2010, p. 73). Cette évaluation comprend une analyse coûts-avantages et une évaluation de toutes les initiatives stratégiques.

La justification de l'estimation des émissions de GES qui découlent des politiques gouvernementales éventuelles est d'« éclairer les décisions stratégiques clés en matière de changement climatique ». Ainsi, les politiques élaborées pour atteindre les cibles de réduction de CO₂ à court et à long terme du Royaume-Uni établissent des choix entre des objectifs concurrents (ministère de l'Innovation et des Compétences commerciales, 2010). Le critère des GES est appliqué dans le cadre de l'analyse coûts-avantages globale, afin d'évaluer si une politique est rentable par rapport à d'autres solutions (ministère de l'Innovation et des Compétences commerciales, 2010, p. 91).

La méthode d'estimation du coût social du carbone a été revue en 2007. Elle a été remplacée par le prix fictif du carbone, pour permettre la prise en compte de données plus récentes tirées du rapport Stern. En 2009, le prix fictif du carbone a été à son tour révisé et remplacé par une approche conforme aux objectifs (ministère de l'Énergie et du Changement climatique, 2009, p. 5).

Source : Jacob *et al.* (2011).

peuvent être considérées comme des exemples ; c'est le cas de l'UE, au regard du haut niveau d'intégration de son approche et de sa prise en compte des dimensions sociale, économique et environnementale (Adelle *et al.*, 2016). En se fondant sur un examen des évaluations des politiques de réglementation dans certains pays de l'OCDE, Jacob *et al.* (2011) indiquent comment mieux tenir compte des aspects environnementaux dans l'évaluation des politiques de réglementation :

- ❖ prendre en compte les coûts et avantages environnementaux lors de la réglementation des activités économiques ;
- ❖ adopter des approches fondées sur l'évaluation précoce, la notification et la participation afin d'atténuer les conflits entre les ministères et avec les parties prenantes, et d'accroître la robustesse sociale des propositions ;
- ❖ utiliser des modèles bien établis, comme ceux qui existent pour le changement climatique, les émissions de substances nocives et l'utilisation des terres ;
- ❖ introduire des exigences institutionnelles, notamment des mécanismes de contrôle de la qualité, de transparence et de consultation ;
- ❖ renforcer la capacité des ministères et organismes responsables de l'environnement à effectuer et à soutenir des études d'impact de la réglementation.

11.3.2 Les autres outils d'intégration des politiques

Il existe d'autres outils d'intégration des politiques que ceux qui, comme les études d'impact de la réglementation, touchent les politiques de réglementation. Les études d'impact sur l'environnement (EIE) sont en usage dans le monde entier, en particulier pour les grands projets tels que les barrages et autres infrastructures (Morgan, 2012). L'EIE est utilisée constamment depuis deux décennies et figure dans un grand nombre d'accords internationaux (la Convention d'Espoo, la Convention de Ramsar, la Convention d'Aarhus, la Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique, la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer et le Protocole au Traité sur l'Antarctique relatif à la protection de l'environnement en Antarctique (Protocole de Madrid).

L'évaluation environnementale stratégique (EES) a été élaborée comme un prolongement des principes, procédures et méthodes de l'EIE aux échelons supérieurs de la prise de décision (Lee et Walsh, 1992). L'EES est considérée comme un outil capable d'évaluer un train de mesures dans une optique plus large, ainsi que dans le cadre d'un processus plus systématique et plus complet d'évaluation des impacts d'une politique, d'un plan ou d'un programme sur l'environnement et de ses solutions de rechange. L'EES est le processus par lequel les aspects environnementaux sont pleinement intégrés à la préparation des plans et programmes

avant leur adoption définitive. Le processus d'EES vise à « assurer un niveau élevé de protection de l'environnement et promouvoir le développement durable, en contribuant à l'intégration des aspects environnementaux à la préparation et l'adoption de plans et programmes spécifiques » (Agence de protection de l'environnement, 2018).

En ce qui concerne la Commission européenne, la procédure d'EES peut être résumée comme suit : « préparer un rapport sur l'environnement contenant les informations pertinentes définies par la présente directive qui indique, décrit et évalue les incidences environnementales notables probables de la mise en œuvre du plan ou du programme ainsi que d'autres solutions réalistes [...] les autorités chargées des questions d'environnement en cause seront consultées, de même que le public, lors de l'évaluation des plans et des programmes ». L'UE a ratifié le Protocole sur l'évaluation environnementale stratégique en novembre 2008. La Directive de l'EES (Directive 2001/42/CE) transpose le Protocole dans la législation de l'UE (Commission européenne, 2001).

Il n'existe guère de données probantes sur les résultats réels de la mise en application des divers outils d'intégration des politiques et sur les tentatives de mesurer leur niveau d'intégration, et la plupart des exemples d'évaluation ont été réalisés dans le contexte de l'Europe. Par exemple, dans les pays où la responsabilité environnementale est peu développée, l'efficacité des outils d'EIE et d'EES est peut-être limitée (Commission économique pour l'Afrique, 2005 ; Kotze et Plessis, 2006 ; Gitari *et al.*, 2016).

Parmi les quelques exceptions, l'on peut citer le projet Publishing and the Ecology of European Research (PEER) (Mickwitz *et al.*, 2009). Cette étude consistait à évaluer le degré d'intégration des politiques du climat dans différents pays et secteurs politiques et dans certaines régions et municipalités d'Europe. L'évaluation porte sur cinq critères : l'inclusion, la cohérence, la pondération, la production de rapports et les ressources. Le rapport analyse aussi les mesures et moyens visant à renforcer l'intégration des politiques du climat et à améliorer la cohérence d'un grand nombre de politiques dans divers pays, l'accent se portant toutefois surtout sur une ou deux politiques et sur certaines régions et municipalités. Ce travail a permis de tirer certaines conclusions, notamment que la réduction des émissions est devenue un enjeu politique clé et que le changement climatique est largement intégré aux programmes gouvernementaux. Les pays sélectionnés reconnaissent la nécessité d'intégrer les politiques du climat si l'on veut tenir les engagements plus ambitieux en matière d'atténuation des effets du changement climatique.

En matière d'intégration des politiques, l'un des enseignements tirés du projet PEER est que les villes et municipalités ont



également intégré les objectifs climatiques à leurs stratégies et à des mesures spécifiques, et que leurs objectifs sont parfois plus ambitieux que ceux de leur pays respectif. L'étude souligne en outre qu'une intégration efficace des politiques du climat exigera des connaissances et des ressources financières suffisantes. Sans ces ressources, il n'est pas réalistement possible de reconnaître véritablement les liens entre les politiques générales ou sectorielles et le changement climatique, ou de trouver de mettre en œuvre des solutions de rechange. Selon le projet PEER, étant donné la grande complexité des processus socio-économiques qui causent les émissions de GES, et des processus d'adaptation à l'évolution du climat, les politiques doivent être fondées sur l'apprentissage.

Le rôle croissant des acteurs non étatiques (les villes, les groupes de la société civile, etc.) dans la gouvernance mondiale du climat contribue considérablement à faire évoluer les efforts d'atténuation. L'exemple de l'annonce du retrait des États-Unis de l'Accord de Paris démontre que l'intégration des politiques du climat est non pas unidirectionnelle, mais réversible. Bien que cette annonce n'ait peut-être pas eu d'effets négatifs sur les activités des collectivités et des entreprises américaines visant à réduire les émissions de GES, elle fait tout de même ressortir la nécessité d'une institutionnalisation plus robuste.

Un autre exemple d'outil d'intégration des politiques est l'évaluation comparative par l'UE de sa Politique agricole commune (PAC) et de ses politiques énergétiques. La PAC, qui remonte à 1962, est l'une des plus anciennes politiques visant à assurer le soutien des prix et la sécurité alimentaire. En 2013, les réformes de la PAC ont érigé le développement durable en objectif fondamental du programme. L'intégration des politiques a donc évolué, passant d'une position conventionnelle qui supposait un arrimage intrinsèque entre les objectifs agricoles et environnementaux à une reconnaissance élargie de la nécessité d'intégrer explicitement les politiques environnementales. Pourtant, les considérations relatives au changement climatique sont manifestement absentes des efforts stratégiques du secteur agricole.

En revanche, des préoccupations explicites pour l'environnement ont favorisé la prise en compte de considérations environnementales dans les efforts de définition des politiques énergétiques, et plus récemment, la sensibilisation croissante

au changement climatique a intensifié les efforts d'intégration des politiques environnementales et énergétiques. L'approche de l'intégration des politiques énergétiques est notamment passée du développement durable, à la fin des années 1990, à une prise en compte implicite de la dimension environnementale de ce secteur dans le programme de lutte contre le changement climatique, débouchant ainsi sur des anomalies apparentes, telles la promotion de « l'énergie nucléaire durable » et une insistance peut-être excessive sur la nécessité des biocarburants. Ce manque d'uniformité entre les champs d'application des politiques rend plus difficile une intégration réussie des politiques environnementales et peut conduire à des moyens d'action conflictuels à l'intersection de deux domaines, comme avec les biocarburants dans le cas de l'énergie et de l'agriculture (Mullally et Dunphy, 2015).

Un autre exemple notable est l'initiative du Népal visant à inclure le changement climatique, non seulement dans les questions environnementales, mais aussi comme une considération de premier plan dans tous les plans d'aménagement. Le Climate Public Expenditure and Institutional Review (Gouvernement du Népal *et al.*, 2011) examine les systèmes de gestion financière, ainsi que les dispositions institutionnelles et les directives politiques pour l'affectation et l'utilisation des fonds liés au changement climatique. Cette étude examine l'importance accordée initialement aux programmes en matière de changement climatique au Népal et salue le rôle joué par les communautés dans l'ensemble du processus, y compris la société civile, le secteur privé et le soutien international. Les principales conclusions font ressortir le manque de collaboration institutionnelle et de renforcement des capacités visant à intégrer les politiques dans l'ensemble des ministères. En outre, la fragmentation de la mise en œuvre du budget entrave la coordination des dépenses visant à faciliter et à promouvoir les meilleurs produits et effets, ce qui aboutit à une tentative d'intégration des dépenses liées au changement climatique dans le plan comptable national.

Un dernier exemple d'IPE concerne le régime commercial mondial. L'UE a tenté d'intégrer explicitement les enjeux environnementaux à sa stratégie en matière d'accords commerciaux en 2010, avec la communication Commerce, croissance et affaires mondiales – La politique commerciale au cœur de la stratégie Europe 2020 de l'UE. L'UE a en outre entrepris une nouvelle tentative en 2012, avec la communication Commerce, croissance et développement (Morin, Pauwelyn et Hollway, 2017). Comme le démontrent les controverses sur les récentes négociations d'accords commerciaux avec le Canada, les États-Unis et le Japon, l'efficacité de ces mesures est contestée.

Au niveau multilatéral, l'UE s'emploie activement à faire évoluer le mandat prévu au paragraphe 31 de la Déclaration de Doha sur la libéralisation des biens et services environnementaux lors des sessions ordinaires et extraordinaires du Comité du commerce et de l'environnement de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), bien qu'elle n'ait guère fait de progrès à ce jour. En 2014, 14 membres de l'OMC (dont l'UE), représentant plus de 80 % du commerce mondial des biens environnementaux, ont lancé l'initiative « Biens écologiques », qui, dans un premier temps, vise à éliminer les droits de douane sur une liste étendue de biens écologiques. Les négociations en cours sur l'Accord sur les biens environnementaux ont pour objectif de mettre à disposition des biens et technologies environnementaux de haute qualité à un coût moindre.

L'UE, par exemple, intègre également des dispositions environnementales dans les accords commerciaux préférentiels bilatéraux et régionaux, sous la forme de chapitres intitulés « Commerce et développement durable » (CDD). Ces dispositions engagent notamment les partenaires commerciaux de l'UE à ratifier et à mettre en œuvre les principaux accords multilatéraux sur l'environnement (AME) à l'échelon national et à en assurer la



© Shutterstock/Saylakhiam



mise en application efficace. Elles sont intégrées aux processus de négociation des accords sous la forme d'études d'impact sur le développement durable (EIDD). Les EIDD sont des évaluations indépendantes réalisées par des consultants externes, mais reposant sur les apports des parties prenantes. Ensuite, l'UE et la société civile suivent de près la mise en œuvre par les partenaires des dispositions du CDD sur l'environnement.

Comme ces dispositions représentent un engagement coûteux, les partenaires pourront alors exiger l'inclusion de dispositions environnementales similaires dans leurs accords commerciaux ultérieurs avec des tiers (Milewicz *et al.*, 2016). L'UE a établi unilatéralement le système de préférences généralisées (SPG) afin de permettre aux exportateurs des pays en développement de payer des droits moins élevés sur leurs exportations vers l'UE. Le régime SPG+ vise à renforcer la capacité des pays vulnérables à intégrer les enjeux environnementaux à leurs plans de développement durable, en leur offrant des avantages commerciaux préférentiels supplémentaires.

Cette relation entre le commerce et l'environnement se manifeste d'autres façons. Par exemple, les politiques environnementales peuvent entraver certaines formes de commerce indésirables, et les politiques commerciales peuvent diluer des politiques environnementales internationales qui, autrement, seraient plus vigoureuses. Les mesures de politique commerciale figurent dans une série d'instruments environnementaux tels que les restrictions au commerce des espèces animales et végétales menacées d'extinction, le bois d'œuvre illicite, la pêche illicite, non déclarée et non réglementée, les substances chimiques préoccupantes à l'échelle régionale ou mondiale et les substances appauvrissant la couche d'ozone. En général, l'influence des organisations non gouvernementales (ONG) environnementales et leurs préoccupations concernant les politiques commerciales restent limitées (Dür et De Bièvre, 2007).

En résumé, l'IPE et les outils connexes sont utilisés par les gouvernements qui tentent d'inclure les enjeux environnementaux à d'autres politiques sectorielles d'intérêt. Cependant, l'évaluation des effets et impacts réels de l'IPE est lacunaire, et des obstacles majeurs persistent : la fragmentation institutionnelle, l'absence de renforcement des capacités, la difficulté d'obtenir la participation des parties prenantes et même l'intégration avec d'autres enjeux environnementaux que le changement climatique.

11.3.3 Les avantages connexes : constatations relatives aux effets des politiques environnementales sur la croissance économique, l'innovation et l'emploi

Les avantages connexes économiques et sociaux qui peuvent être attendus ou démontrés à la suite de la mise en œuvre des politiques environnementales constituent un argument de poids en faveur de l'IPE. Il peut s'agir de la croissance économique supplémentaire suscitée par l'innovation, des économies associées à une utilisation plus efficace des ressources naturelles, ou de l'évitement des coûts des dommages environnementaux. Cependant, le concept d'avantages connexes est contesté, car il néglige surtout les aspects politiques et la dimension « Nord-Sud » (Mayrhofer et Gupta, 2016).

Plus précisément, les politiques qui intègrent les aspects environnementaux aux secteurs économiques clés bénéficient de synergies et favorisent la croissance à long terme en atténuant les pénuries. À cet égard, on estime qu'un investissement vert de 2 % du produit intérieur brut mondial favoriserait une croissance à long terme sur la période de 2011 à 2050, qui pourrait être au moins aussi élevée qu'un scénario optimiste de maintien du statu quo, tout en réduisant au minimum les effets néfastes du changement climatique, des pénuries d'eau et de la perte de services écosystémiques (Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE], 2011).

Des politiques bien conçues qui intègrent les enjeux environnementaux peuvent, dans de nombreux cas, promouvoir l'innovation (en particulier l'innovation technologique, mais aussi l'innovation politique et institutionnelle) (Ambec et Barla, 2002 ; Ambec *et al.*, 2013). Cette affirmation repose sur les prémisses suivantes (Porter et van der Linde, 1995, p. 99-100, cité dans Ambec *et al.*, 2013) :

- ❖ « La réglementation indique aux entreprises les inefficacités probables des ressources et les améliorations technologiques éventuelles. »
- ❖ « La réglementation axée sur la collecte de renseignements peut procurer des avantages majeurs en sensibilisant les entreprises. »
- ❖ « La réglementation réduit l'incertitude quant à la valeur des investissements pour l'environnement. »
- ❖ « La réglementation crée une pression qui motive l'innovation et le progrès. »
- ❖ « La réglementation uniformise les dispositions transitoires. Pendant la période de transition vers des solutions basées sur l'innovation, la réglementation garantit qu'une entreprise ne peut pas améliorer sa position de manière opportuniste, en évitant les investissements environnementaux. »

Dans ce contexte, on estime que les mesures flexibles et fondées sur le marché telles que les écotaxes et l'échange de droits d'émission sont plus propices à l'innovation, car elles permettent aux entreprises de déterminer les meilleures façons d'assurer la conformité (Ambec *et al.*, 2013). De plus, on note une tendance croissante à la surconformité de la part d'entreprises qui cherchent à obtenir des avantages concurrentiels ou à maintenir leur « permis d'exploitation social » (Ford, Steen et Verreyne, 2014). Les instruments reposant sur les mécanismes du marché sont donc essentiels pour déclencher le processus d'économie verte fondé sur l'efficacité (AEE, 2014). Néanmoins, on critique parfois l'approche de l'économie verte et les instruments reposant sur les mécanismes du marché axés sur l'efficacité, parce qu'ils négligent de prendre en compte l'équité sociale – par exemple, les effets distributifs qui défavorisent les populations démunies.

Les politiques environnementales peuvent également avoir un effet positif sur l'emploi, en particulier dans le contexte d'activités économiques intégrant la dimension environnementale, telles que les énergies renouvelables, la construction, les transports, l'agriculture, la sylviculture, ainsi que le recyclage et la gestion des déchets (PNUE, 2011 ; OCDE, 2017). L'énergie renouvelable est une source essentielle de croissance de l'emploi ; en 2016, on attribuait à ce secteur 8,1 millions d'emplois dans le monde. Les projections indiquent que ce chiffre pourrait atteindre 20 millions d'emplois d'ici à 2030 : 2,1 millions d'emplois dans la production d'énergie éolienne, 6,3 millions dans le solaire photovoltaïque, et 12 millions dans l'agriculture et l'industrie liées aux biocarburants (OCDE, 2017). D'autres secteurs tels que l'agriculture, le bâtiment, la sylviculture et le transport devraient connaître une croissance de l'emploi à court, moyen et long terme supérieure aux scénarios tendanciels comparables, grâce à une économie plus économe en ressources et plus sobre en carbone (PNUE, 2011). La Chine, par exemple, qui est le chef de file mondial de l'emploi dans le domaine des énergies renouvelables, devrait générer au moins 4,5 millions d'emplois grâce à l'écologisation de secteurs tels que les transports et la sylviculture (Pan, Ma et Zhang, 2011). D'autres études, qui tiennent compte des pertes possibles dans d'autres secteurs et calculent les effets nets des emplois créés à partir des politiques environnementales, sont moins optimistes. Toutefois, les données globales donnent à penser que les effets nets ne sont tout de même pas négatifs (Telli *et al.*, 2008 ; Lin et Jiang, 2011 ; Willenbockel, 2011 ; Jacob, Qitzow et Bär, 2015).



11.4 L'efficacité de la gouvernance internationale multiniveau

11.4.1 Les défis conceptuels persistants de l'efficacité institutionnelle

Naturellement, le cadrage approprié d'un problème environnemental et la bonne conception des politiques ne constituent qu'une partie de l'analyse de l'efficacité des politiques (comme le montre le cycle d'une politique, illustré à la figure 11.2). Des institutions efficaces sont nécessaires pour concevoir, intégrer et mettre en œuvre des politiques environnementales réussies. La conception de l'efficacité institutionnelle se heurte à plusieurs difficultés majeures. L'une consiste à distinguer l'efficacité de concepts adjacents tels que la conformité et l'application (Chayes et Chayes, 1993). Cette distinction est importante, car une institution peut constater une conformité régulière des participants sans être aucunement efficace. La conformité formelle à une mesure réglementaire est un exemple d'efficacité primaire, qui permet de régler le problème identifié, et non nécessairement les problèmes secondaires et tertiaires (les autres impacts et les effets secondaires).

Si une institution compte sur la participation volontaire pour régler un problème environnemental (comme c'est souvent le cas à l'échelle internationale), les participants peuvent être prédisposés à se conformer (ou non) à l'institution, parce qu'ils sont motivés par les mêmes raisons qui ont suscité leur adhésion initiale à l'institution. Ainsi, certaines institutions pourraient n'avoir aucun effet sur les comportements, au point de filtrer dès le départ ceux qui ne sont pas disposés à se conformer à ses mesures (Downs, Roche et Barsoom, 1996 ; Von Stein, 2005 ; Simmons, 2010). Les alliances et les clubs ouvrent la voie aux pressions des pairs, qui peuvent aider à surmonter les réticences face aux institutions. La gouvernance hybride – c'est-à-dire la combinaison de différents modes et instruments de gouvernance – peut contribuer au renforcement mutuel (par exemple, les bases d'information et les approches de réglementation), comme le montre le règlement européen sur les substances chimiques REACH (Hey *et al.*, 2007).

Un autre problème consiste à distinguer l'efficacité du rendement (Gutner et Thompson, 2010). En ce qui concerne la biodiversité, Le Prestre (2002) fait une distinction entre les utilisations de l'efficacité dans la résolution de problèmes (voir aussi Young, 2011), la réalisation des objectifs, la mise en œuvre, la conformité, le changement de comportement, la coopération et les gains normatifs (la justice).

Les différentes approches proposées pour évaluer l'efficacité des institutions font appel à des méthodes qualitatives ou quantitatives. Par exemple, la solution d'Oslo-Potsdam (Hovi, Sprinz et Underdal, 2003) propose une démarche analytique qui consiste à mesurer l'efficacité institutionnelle à la fois au regard du scénario contrefactuel de l'absence de régime (ce qui se passerait s'il n'y avait pas d'institution responsable) et d'un optimum collectif dérivé analytiquement. Cette approche a été remise en question, par exemple, au motif qu'elle ne propose pas de base de référence cohérente (Young, 2003). Une autre approche courante s'appuie sur un modèle statistique bien spécifié pour saisir le scénario contrefactuel de l'absence de régime en offrant une estimation d'un « effet des institutions » qui contrôle les autres effets plausibles sur la variable comportementale d'intérêt (Bernauer, 1995).

11.4.2 Les déterminants de l'efficacité institutionnelle

Pour renforcer les institutions environnementales internationales existantes ou en créer de nouvelles, il est essentiel de comprendre l'efficacité de ces institutions (Young, 2011). Le rôle des acteurs non étatiques tels que les administrations locales et municipales et les organisations de la société civile prend de plus en plus

d'importance dans les discussions internationales sur les politiques environnementales (Nasiritousi *et al.*, 2016). En l'absence d'un soutien du gouvernement national aux objectifs environnementaux convenus au niveau international, les États et les villes peuvent définir leur propre programme de mise en œuvre, comme dans l'Accord de Paris.

L'un des principaux déterminants de l'efficacité institutionnelle est la structure du problème que l'institution tente de résoudre (Mitchell et Keilbach, 2001). Ces facteurs contextuels comprennent les problèmes de distribution et d'exécution rencontrés, ainsi que divers types d'incertitude (Koremenos, Lipson et Snidal, 2001). Il est également important que les acteurs reconnaissent qu'il existe un problème (Mitchell, 2009 ; Breitmeier, Underdal et Young, 2011) et assurent le leadership environnemental nécessaire (Sprinz et Vaahoranta, 1994).

Viennent ensuite les acteurs particuliers impliqués dans le problème visé par la politique. Dans certains cas, le soutien d'un acteur puissant peut être important pour garantir le succès institutionnel ; cependant, il ne s'agit pas d'une condition nécessaire (Young, 2011). Certaines institutions s'appuient sur une puissante coalition d'acteurs volontaires pour établir et gérer une institution efficace (Sebenius, 1991). Ces « instigateurs » peuvent cependant être mécontents des « trainards » (Sprinz et Vaahoranta, 1994 ; Haas, Keohane et Levy, 1993). Souvent, dans les négociations complexes, le fait d'abaisser le niveau d'ambition jusqu'à le rendre acceptable par tous devient un obstacle important au progrès (Underdal, 1983).

L'effet de levier national est un mécanisme important pour l'efficacité des institutions internationales. En fournissant des ressources d'information, les institutions internationales peuvent induire des changements dans les politiques nationales par l'entremise des mandants nationaux, qui sont habilités par les informations contenues dans ces ressources (Dai, 2005).

La conception institutionnelle est un autre facteur déterminant. Young (2011) soutient que la conception a souvent plus d'importance que la structure des problèmes lorsqu'on détermine l'efficacité d'une institution. La profondeur et la densité des règles du régime sont importantes (Breitmeier, Underdal et Young, 2011). De plus, les institutions les plus « profondes » ne font pas nécessairement fuir les participants potentiels (Bernauer *et al.*, 2013). De nombreux acteurs sont attirés par les institutions qui promettent des résultats (Hollway et Koskinen, 2016).

Toutefois, les effets de la conception d'une institution vont au-delà de l'aspect strictement réglementaire (Young, 2011), surtout là où des organisations internationales sont établies. La conception d'une organisation peut favoriser certaines cultures institutionnelles et permettre à cette organisation de jouer un rôle dans l'orchestration des divers acteurs de la gouvernance actifs dans un domaine d'intérêt, comme la gouvernance privée ou la gouvernance public-privé (Abbott et Snidal, 2010 ; Andonova, 2017).

D'autres considérations « de pointe » peuvent présenter un intérêt considérable pour les décideurs : i) la structure profonde de la société internationale dans laquelle les institutions environnementales sont ancrées, et la nécessité d'arrimer le régime à cette structure, plus particulièrement la structure et les normes du pouvoir ; ii) la nature non linéaire des interactions humaines avec l'environnement (Young, 2011).

11.4.3 L'interaction verticale et horizontale dans la gouvernance multiniveau

Les institutions internationales responsables de l'environnement interagissent entre elles et avec des institutions d'autres domaines d'action tels que le commerce, l'énergie et la finance (Stokke,

2001 ; Gehring et Oberthür, 2008 ; Oberthür, 2009 ; Oberthür et Stokke, 2011). En général, les AME soutiennent le processus décisionnel en matière environnementale à l'échelon national ; toutefois, la cohérence et l'interaction demeurent un défi. On peut distinguer l'interaction institutionnelle horizontale (entre des organismes du même palier) et verticale (du palier international à celui des administrations locales) (Young, 2002 ; Young, 2006). On peut également distinguer les interactions fonctionnelles, où les problèmes traités par deux ou plusieurs institutions ont des liens d'ordre spatial, biogéophysique ou socio-économique. Dans ce cas, le fonctionnement d'une institution influence directement l'efficacité d'une autre (Adger, Brown et Tompkins, 2005 ; Young, 2002 ; Young, 2006). L'interaction peut également être influencée par les liens politiques, lorsque les acteurs créent des liens entre les institutions pour promouvoir des objectifs individuels ou collectifs (Young, 2002 ; Young, 2006). Elle ouvre également la possibilité de pratiquer le chalandage juridictionnel (la recherche du dispositif institutionnel qui procurera un maximum d'avantages à un individu ou à un collectif) (Gehring et Oberthür, 2009).

L'interaction est susceptible de produire des tensions entre les institutions. Cependant, il est tout aussi probable qu'il en résulte une interaction positive ou synergique. Les tensions éventuelles peuvent être résolues par la négociation, ce qui implique des compromis garantissant toutefois que les institutions concernées pourront fonctionner sans affecter de manière disproportionnée la capacité de chacune à régler les problèmes qu'elle est conçue pour résoudre (Young, 2011). La notion d'interaction peut fournir des points d'entrée pertinents pour les efforts visant à améliorer l'intégration horizontale et verticale.

Comme les 17 ODD sont censés être pleinement intégrés et universels, plusieurs pays s'efforcent maintenant de concevoir les dispositifs institutionnels les plus efficaces pour réaliser l'intégration verticale et horizontale souhaitée. La synthèse de 2017 des examens nationaux volontaires soumis à ce jour révèle qu'environ le tiers seulement des pays s'attaquent à tous les ODD (Nations Unies, 2017), mais que presque tous ont mis en place certains dispositifs institutionnels pertinents.

Voici quelques exemples d'approches institutionnelles visant l'intégration horizontale :

- ❖ La Mongolie a initialement créé un ministère de l'Environnement et du Développement vert, récemment devenu le ministère de l'Environnement et du Tourisme. Le ministère préside un comité de coordination pour le développement vert.
- ❖ Le Sri Lanka a placé les ODD sous la responsabilité de la présidence, qui préside le Conseil national du développement durable.
- ❖ L'Afghanistan dispose d'un conseil des ministres de haut niveau qui supervise désormais la nationalisation des ODD et l'affectation des budgets en fonction des cibles et indicateurs.
- ❖ Le Costa Rica a créé un conseil de haut niveau des ODD, conjointement présidé par le Président et trois ministres clés.
- ❖ Le Nigeria a mis en place un comité présidentiel sur les ODD et a créé le poste d'assistant spécial principal du président responsable des ODD.
- ❖ Le Bangladesh a formé un comité interministériel de suivi et de mise en œuvre des ODD, auquel participent 21 ministères.
- ❖ Le Bélarus dispose d'un coordonnateur national pour la réalisation des ODD, qui préside le Conseil national pour le développement durable, composé de 30 organismes.
- ❖ Le Botswana a un comité directeur national qui comprend les Nations Unies et tous les groupes de parties prenantes.
- ❖ La République tchèque dispose d'un conseil gouvernemental pour le développement durable, qui comprend neuf comités thématiques.
- ❖ Le Japon a établi le Siège pour la promotion des ODD, un organe ministériel dirigé par le premier ministre.

- ❖ Le Danemark dispose d'un groupe de travail interministériel sur les ODD, coordonné par le ministère des Finances.



Voici quelques exemples d'intégration verticale :

- ❖ La Commission nationale brésilienne sur les ODD comprend 27 représentants issus des administrations fédérale, étatiques, de district et municipales et de la société civile.
- ❖ En Belgique, la Conférence interministérielle pour le développement durable réunit les ministres fédéraux, régionaux et communautaires responsables du développement durable.
- ❖ L'Inde a mis en place une institution nationale pour la transformation de l'Inde, présidée par le premier ministre.
- ❖ L'Autorité gouvernementale locale des Maldives a aligné son plan de développement quinquennal, mis en œuvre par les conseils insulaires, sur les ODD.
- ❖ L'Éthiopie dispose d'un plan de croissance et de transformation pour la mise en œuvre des ODD, qui produit des rapports annuels à l'intention d'un comité permanent du Parlement.

Entre autres, l'Afghanistan, l'Argentine, le Bangladesh, le Belize, le Bénin, le Botswana, le Brésil, le Chili, le Costa Rica, le Honduras, le Kenya, la Malaisie, les Maldives, le Népal, le Pérou, la République tchèque, la Thaïlande et le Zimbabwe ont explicitement intégré l'engagement des parties prenantes à leurs dispositifs institutionnels en matière d'ODD.

Au regard de ce large éventail de dispositifs institutionnels se pose la question pertinente à savoir si les enseignements tirés des tentatives précédentes en termes de dispositifs d'intégration institutionnelle ont été intégrés aux approches actuelles. La réponse devrait se préciser à mesure que d'autres pays soumettront leur examen national volontaire au Forum politique de haut niveau pour le développement durable.

Les Conseils nationaux de développement durable (CNDD) constituent une forme antérieure d'intégration horizontale, entrée en vogue suite à la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement de 1992 et renforcée par le Sommet mondial pour le développement durable tenu à Johannesburg en 2002. Leur forme, leurs fonctions et leur efficacité varient considérablement d'un pays à l'autre (Osborn, Cornforth et Ullah, 2014). À la suite de certains progrès enregistrés dans la mise en œuvre du Plan de mise en œuvre de Johannesburg, la Conférence des Nations Unies sur le développement durable de 2012 (Rio+20) a lancé le processus qui a abouti aux ODD (aussi appelé le programme de développement post-2015).

Dans le cadre de ce processus, le Réseau mondial des Conseils nationaux pour le développement durable et d'autres organismes similaires ont passé en revue 25 années de tentatives d'intégration, afin de dégager les bonnes pratiques et les facteurs de réussite (Osborn, Cornforth et Ullah, 2014). Le Réseau mondial et les administrations locales responsables des plans d'action locaux d'Action 21 illustrent également l'importance de l'intégration verticale.

À l'instar de nombreux ministères de l'Environnement, bon nombre de CNDD ont éprouvé des difficultés à faire accepter leurs recommandations, de sorte qu'ils ont souvent eu recours à la diffusion des principales recommandations par la voie de médias non traditionnels. Une relation suffisamment distante avec la bureaucratie gouvernementale normale opérant en vase clos peut faciliter ces mécanismes de communication non conventionnels et la capacité à rejoindre un groupe élargi de parties prenantes.

En général, la composition des CNDD reflète le contexte politique national, sans qu'une préférence claire se dégage. Lorsque tous les membres d'un CNDD sont des organismes gouvernementaux, celui-ci risque davantage de subir l'influence d'intérêts politiques et de



voir son niveau d'ambition s'affaiblir. Les CNDD mixtes ont du mal à se départir de la domination des opinions du gouvernement et à maintenir une vue d'ensemble. Les conseils dont la composition est dominée par des ONG et d'autres membres extérieurs au gouvernement ont du mal à influencer les décideurs et se heurtent souvent à des problèmes de financement à long terme. Toutefois, un facteur clé du succès des CNDD tient au statut et à l'engagement de leur présidence, un président ou un coprésident indépendant semblant offrir les meilleurs résultats.

En dépit des inconvénients énumérés ci-dessus, la conclusion suivante s'impose : « Là où des CNDD existent, il faut les nourrir. Là où ils n'existent pas encore, il faut soigneusement envisager leur création. Quant à ceux qui ont dû cesser leurs activités principalement pour des motifs à court terme, il faudrait envisager de les rétablir, peut-être sous une nouvelle forme » (Osborn, Cornforth et Ullah, 2014).

11.5 Conclusions

On ne saurait trop insister sur l'importance d'une bonne conception des politiques, dont voici certains éléments communs :

- i) définir une vision à long terme et éviter les décisions politiques en mode de crise, grâce à des processus de conception participatifs et inclusifs ;
- ii) établir des valeurs de référence, des objectifs quantifiés et des jalons ;
- iii) effectuer une analyse coûts-avantages ou coût-efficacité ex ante et ex post pour s'assurer que les fonds publics sont utilisés de la manière la plus efficace et la plus efficiente possible ;

- iv) intégrer des régimes de suivi au cours de la mise en œuvre, de préférence en faisant participer les parties prenantes concernées ;
- v) effectuer une évaluation post-intervention des résultats et des impacts de la politique, afin de boucler la boucle en vue d'apporter des améliorations à la conception des politiques (Mickwitz *et al.*, 2009, p. 12).

Une attention particulière doit également être accordée à la prise en compte des conditions locales dans les dispositifs réglementaires, ainsi que dans les moyens d'intervention et d'action. La nécessité d'une conception appropriée s'applique également aux régimes internationaux (Young, 2011). La complexité de la conception des politiques s'accroît lorsqu'il est nécessaire de combiner efficacement des politiques, souvent dans des domaines relevant de priorités sectorielles différentes. La cohérence des politiques et l'intégration des politiques environnementales sont des aspects essentiels pour garantir que les politiques fonctionneront en synergie, sans se nuire. L'efficacité institutionnelle découle souvent d'accords de collaboration et de participation impliquant une intégration à la fois horizontale et verticale.

La diffusion des politiques est généralement positive, quoiqu'elle puisse être mal utilisée dans les cas suivants : i) si la politique adoptée n'est pas vraiment efficace dans le nouveau contexte ; ii) si la transférabilité de la politique n'est que présumée et non testée dans des conditions différentes. Bien qu'il soit dans la nature humaine de vouloir copier, on ne peut rien substituer à une politique fondée sur des données probantes.

Références



- Abbott, K.W. et Snidal, D. (2010). International regulation without international government: Improving IO performance through orchestration. *The Review of International Organizations* 5(3), 315-344. <https://doi.org/10.1007/s11558-010-9092-3>.
- Adelle, C., Jordan, A., Turpenny, J., Bartke, S., Bourmaris, T., Kuitinen, H. et al. (2011). *Impact Assessment Practices in Europe*. Berlin: LIAISE Innovation. https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/18658/LIAISE_innovation_report_n02.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Adelle, C., Macrae, D., Marusic, A. et Naru, F. (2015). New development: Regulatory impact assessment in developing countries—tales from the road to good governance. *Public Money & Management* 35(3), 233-238. <https://doi.org/10.1080/09540962.2015.1027500>.
- Adelle, C. et Weiland, S. (2012). Policy assessment: the state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal* 30(1), 25-33. <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.663256>.
- Adelle, C., Weiland, S., Dick, J., Olivo, D.G., Marquardt, J., Rots, G. et al. (2016). Regulatory impact assessment: A survey of selected developing and emerging economies. *Public Money & Management* 36(2), 89-96. <https://doi.org/10.1080/09540962.2016.1118930>.
- Adger, W.N., Brown, K. et Tompkins, E.L. (2005). The political economy of cross-scale networks in resource co-management. *Ecology and Society* 10(2). <https://doi.org/10.5751/ES-01465-100209>.
- Alizada, K. (2017). *Diffusion of Renewable Energy Policies*. Doctor of Philosophy (PhD), Old Dominion University https://digitalcommons.odu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1015&context=opis_etds
- Ambec, S. et Barla, P. (2002). A theoretical foundation of the Porter hypothesis. *Economics Letters* 75(3), 355-360. [https://doi.org/10.1016/S0165-1765\(02\)00005-8](https://doi.org/10.1016/S0165-1765(02)00005-8).
- Ambec, S., Cohen, M.A., Elgie, S. et Lanoie, P. (2013). The Porter Hypothesis at 20: Can environmental regulation enhance innovation and competitiveness? *Review of Environmental Economics and Policy* 7(1), 2-22. <https://doi.org/10.1093/resp/res016>.
- Andonova, L.B. (2017). *Governance Entrepreneurs: International Organizations and the Rise of Global Public-Private Partnerships*. New York, NY: Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/books/governance-entrepreneurs/70BC8857B11FB1593A6767993AC62B>.
- Bäcklund, A.-K. (2009). Impact assessment in the European Commission: a system with multiple objectives. *Environmental Science & Policy* 12(8), 1077-1087. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.04.003>.
- Baumgartner, F.R. et Jones, B.D. (2009). *Agendas and Instability in American Politics*. 2nd edn. American Politics and Political Economy Series. Chicago, IL: The University of Chicago Press. <http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/A/b06763995.html>.
- Bernauer, T. (1995). The effect of international environmental institutions: How we might learn more. *International Organization* 49(2), 351-377. <https://doi.org/10.1017/s0020818300028423>.
- Bernauer, T., Kalbhenn, A., Koubi, V. et Spilker, G. (2013). Is there a "Depth versus Participation" dilemma in international cooperation? *The Review of International Organizations* 8(4), 477-497. <https://doi.org/10.1007/s11558-013-9165-1>.
- Biesenbender, S. et Tosun, J. (2014). Domestic politics and the diffusion of international policy innovations: How does accommodation happen? *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 29, 424-433. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.001>.
- Breitmeier, H., Uderdal, A. et Young, O.R. (2011). The effectiveness of international environmental regimes: Comparing and contrasting findings from quantitative research. *International Studies Review* 13(4), 579-605. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2486.2011.01045.x>.
- Callies, C. (2001). *Rechtsstaat und Umweltschutz: Zugleich ein Beitrag zur Grundrechtsdogmatik im Rahmen mehrgleicher Verfassungsverhältnisse*. Tübingen: Mohr Siebeck. <https://www.mohr.de/buch/rechtsstaat-und-umweltschutz-9783161475788>.
- Capano, G. et Howlett, M. (2009). Introduction: The determinants of policy change: Advancing the debate. *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice* 11(1), 1-5. <https://doi.org/10.1080/13876980802648227>.
- Cass, L. (2005). Norm entrapment and preference change: The evolution of the European Union position on international emissions trading. *Global Environmental Politics* 5(2), 38-60. <https://doi.org/10.1162/15263800541272736>.
- Chayes, A. et Chayes, A.H. (1993). On compliance. *International Organization* 47(2), 175-205. <https://doi.org/10.1017/S0020818300027910>.
- Colgan, J.D., Keohane, R.O. et Van de Graaf, T. (2012). Punctuated equilibrium in the regime complex. *Review of International Organizations* 7(2), 117-143. <https://doi.org/10.1007/s11558-011-9130-9>.
- Dai, X. (2005). Why comply? The domestic constituency mechanism. *International Organization* 59(2), 363-398. <https://doi.org/10.1017/s00208183005050125>.
- Daugbjerg, C. (2003). Policy feedback and paradigm shift in EU agricultural policy: The effects of the MacSharry reform on future reform. *Journal of European Public Policy* 10(3), 421-437. <https://doi.org/10.1080/1350176032000085388>.
- De Francesco, F. (2012). Diffusion of regulatory impact analysis among OECD and EU member states. *Comparative Political Studies* 45(10), 1277-1305. <https://doi.org/10.1177/0010414011434297>.
- Di Gregorio, M., Nurochmat, D.R., Paavola, J., Sari, I.M., Fatorelli, L., Pramova, E. et al. (2017). Climate policy integration in the land use sector: Mitigation, adaptation and sustainable development linkages. *Environmental Science & Policy* 67, 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.11.004>.
- Directive 2001/42/EC of the European Parliament and of the Council of 27 June 2001 on the Assessment of the Effects of Certain Plans and Programmes on the Environment, 2001. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0042&from=EN>.
- Downs, G.W., Locke, D.M. et Barsorum, P.N. (1996). Is the good news about compliance good news about cooperation? *International Organization* 50(3), 379-406. <https://doi.org/10.1017/S0020818300033427>.
- Dür, A. et De Bièvre, D. (2007). Inclusion without influence? NGOs in European trade policy. *Journal of Public Policy* 27(1), 79-101. <https://doi.org/10.1017/S0143814X0700061X>.
- Eckersley, R. (2005). *The Green State: Rethinking Democracy and Sovereignty*. Cambridge, MA: MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/green-state>.
- Egger, C., Prieuwater, R., Rump, J., Gignac, M., European Federation of Agencies and Regions for Energy and the Environment, European Council for an Energy Efficient Economy and Energy Cities (2015). *Survey Report 2015: Progress in Energy Efficiency Policies in the EU Member States - The Experts Perspective: Findings from the Energy Efficiency Watch Project*. Linz: OÖ Energiesparverband. http://www.energy-efficiency-watch.org/fileadmin/eww_documents/EEW3/Survey_Summary_EEW3/EEW3-Survey-Report-fin.pdf.
- Espinosa, C., Pregernig, M. et Fischer, C. (2017). *Narrative und Diskurse in der Umweltpolitik: Möglichkeiten und Grenzen ihrer strategischen Nutzung*. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-27_texte_86-2017_narrative_0.pdf.
- European Commission (2010). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Smart Regulation in the European Union*. Brussels. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0543&from=EN>.
- European Environment Agency (2001). *Reporting on Environmental Measures: Are we Being Effective?* Environmental Issue Report. Copenhagen: European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/rem/issue25.pdf>.
- European Environment Agency (2006). *Policy Effectiveness Evaluation: The Effectiveness of Urban Wastewater Treatment and Packaging Waste Management Systems*. Copenhagen K, Denmark. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7c46337b-cfd7-4a13-8c83-082bcd5f2d13>.
- European Environment Agency (2014). *Resource-Efficient Green Economy and EU Policies*. Copenhagen. <https://www.eea.europa.eu/publications/resourceefficient-green-economy-and-eu-at/download/file>.
- Falkner, R. (2016). The Paris Agreement and the new logic of international climate politics. *International Affairs* 92(5), 1107-1125. <https://doi.org/10.1111/1468-2346.12708>.
- Flanagan, K., Uyara, E. et Laranja, M. (2011). Reconceptualising the 'policy mix' for innovation. *Research Policy* 40(5), 702-713. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.02.005>.
- Ford, J.A., Steen, J. et Verreyne, M.-L. (2014). How environmental regulations affect innovation in the Australian oil and gas industry: Going beyond the Porter Hypothesis. *Journal of Cleaner Production* 84, 204-213. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.062>.
- Gehring, T. et Oberthür, S. (2009). The causal mechanisms of interaction between international institutions. *European Journal of International Relations* 15(1), 125-156. <https://doi.org/10.1177/1354066108100055>.
- Gitari, E., Kahumbu, P., Jayanathan, S., Karani, J., Maranga, W., Muliro, N. et al. (2016). *Outcome of Court Trials in the First Two Years of Implementation of the Wildlife Conservation and Management Act, 2013: Courtroom Monitoring Report, 2014 and 2015*. Nairobi, Kenya: Wildlife Direct. <https://wildlifedirect.org/wp-content/uploads/2017/03/WildlifeDirect-Courtroom-Monitoring-Report1.pdf>.
- Government of Nepal, National Planning Commission, United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme and Capacity Development for Development Effectiveness Facility for Asia Pacific (2011). *Nepal Climate Public Expenditure and Institutional Review*. Kathmandu: National Planning Commission, Government of Nepal. https://www.climatefinance-developmenteffectiveness.org/sites/default/files/documents/05_02_15/Nepal_CPEIR_Report_2011.pdf.
- Graham, E.R., Shipan, C.R. et Volden, C. (2013). The diffusion of policy diffusion research in political science. *British Journal of Political Science* 43(3), 673-701. <https://doi.org/10.1017/S0007123412000415>.
- Gray, W.B. et Shimshack, J.P. (2011). The effectiveness of environmental monitoring and enforcement: A review of the empirical evidence. *Review of Environmental Economics and Policy* 5(1), 3-24. <https://doi.org/10.1093/resp/res017>.
- Gutner, T. et Thompson, A. (2010). The politics of IO performance: A framework. *The Review of International Organizations* 5(3), 227-248. <https://doi.org/10.1007/s11558-010-9096-z>.
- Haas, P.M., Keohane, R.O. et Levy, M.A. (dir.) (1993). *Institutions for the Earth: Sources of Effective International Environmental Protection*. Cambridge, MA: MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/institutions-earth>.
- Heichel, S., Holzinger, K., Sommerer, T., Liefferink, D., Pape, J. et Veenman, S. (2008). Research design, variables and data. In *Environmental Policy Convergence in Europe: The Impact of International Institutions and Trade*. Holzinger, K., Knill, C. et Arts, B. (dir.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. chapter 4. 64-97. <https://www.cambridge.org/core/books/environmental-policy-convergence-in-europe/research-design-variables-and-data/F6DB3BADF226FC814B1C102CD4CEA471>.
- Hertin, J., Jacob, K., Pesch, U. et Pacchi, C. (2009). The production and use of knowledge in regulatory impact assessment – An empirical analysis. *Forest Policy and Economics* 11(5-6), 413-421. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.01.004>.
- Hey, C., Jacob, K. et Volkery, A. (2007). Better regulation by new governance hybrids? Governance models and the reform of European chemicals policy. *Journal of Cleaner Production* 15(18), 1859-1874. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.11.001>.
- Hildén, M., Jordan, A. et Rayner, T. (2014). Climate policy innovation: Developing an evaluation perspective. *Environmental Politics* 23(5), 884-905. <https://doi.org/10.1080/09644016.2014.924205>.
- Hollway, J. et Koskinen, J. (2016). Multilevel bilateralism and multilateralism: States' bilateral and multilateral fisheries treaties and their secretariats. In *Multilevel Network Analysis for the Social Sciences*. Lazega, E. et Snijders, T.A.B. (dir.). Cham: Springer. 315-332. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-24520-1_13.
- Holzinger, K., Knill, C. et Sommerer, T. (2011). Is there convergence of national environmental policies? An analysis of policy outputs in 24 OECD countries. *Environmental Politics* 20(1), 20-41. <https://doi.org/10.1080/09644016.2011.538163>.
- Hood, C. (2011). *Summing Up the Parts: Combining Policy Instruments for Least-Cost Climate Mitigation Strategies*. International Energy Agency Information Paper. Paris: International Energy Agency. www.iea.org/publications/freepublications/publication/Summing_Up.pdf.
- Hovi, J., Sprinz, D.F. et Uderdal, A. (2003). The Oslo-Potsdam solution to measuring regime effectiveness: Critique, response, and the road ahead. *Global Environmental Politics* 3(3), 74-96. <https://doi.org/10.1162/15263800322469286>.
- Howlett, M. (2014). Why are policy innovations rare and so often negative? Blame avoidance and problem denial in climate change policy-making. *Global Environmental Change* 29, 395-403. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.12.009>.
- Howlett, M. et Cashore, B. (2009). The dependent variable problem in the study of policy change: Understanding policy change as a methodological problem. *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice* 11(1), 33-46. <https://doi.org/10.1080/13876980802648144>.
- Howlett, M. et del Rio, P. (2015). The parameters of policy portfolios: Verticality and horizontality in design spaces and their consequences for policy mix formulation. *Environment and Planning C: Government and Policy* 33(5), 1233-1245. <https://doi.org/10.1177/0263774x15610059>.



Howlett, M. et Lejano, R.P. (2013). Tales from the crypt: The rise and fall (and rebirth?) of policy design. *Administration & Society* 45(3), 357-381. <https://doi.org/10.1177/0095399712459725>

Howlett, M. et Rayner, J. (2013). Patching vs packaging in policy formulation: Assessing policy portfolio design. *Politics and Governance* 1(2), 170. <https://doi.org/10.1177/2157249112459725>

Interview, E., Görlach, B. et Newcombe, J. (2007). Evaluating the cost-effectiveness of environmental policies: Theoretical aspirations and lessons from European practice for global governance. *Amsterdam Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change*. Amsterdam, 24-26 mai 2007. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.664.6369&rep=rep1&type=pdf>

Jabbour, J., Keita-Ouane, F., Hunsberger, C., Sánchez-Rodríguez, R., Gilruth, P., Patel, N. et al. (2012). Internationally agreed environmental goals: A critical evaluation of progress. *Environmental Development* 3, 5-24. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2012.05.002>

Jacob, K., Quitzow, R. et Bär, H. (2015). *Green Jobs: Impacts of a Green Economy on Employment*. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. <http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/Jacob%20Quitizow%20B%C3%A4r%2020114%20Green%20Jobs. ENGLISH.pdf>

Jacob, K., Volkery, A. et Lenschow, A. (2008). Instruments for environmental policy integration in 30 OECD countries. In *Innovation in Environmental Policy: Integrating the Environment for Sustainability*. A. Jordan et A. Lenschow (dir.). Cheltenham: Edward Elgar Publishing. chapitre 2. 24-46. https://www.elgaronline.com/view/9781847204905.00013_xml

Jacob, K., Weiland, S., Ferretti, J., Wascher, D. et Chodorowiska, D. (2011). *Integrating the Environment in Regulatory Impact Assessments*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. <https://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/integrating%20RIA%20in%20Decision%20Making.pdf>

Jänicke, M. (2007). Umweltstaat – eine neue Basisfunktion des Regierens. Umweltintegration am Beispiel Deutschlands. In *Politik und Umwelt*. Jacob, K., Biermann, F., Busch, P.-O. et Feindt, P.H. (dir.). 342-259. http://www.polisz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/aktuelle-publikationen/martin_jaenicke_2007_d/index.html

Jordan, A. et Huitema, D. (2014a). Innovations in climate policy: The politics of invention, diffusion, and evaluation. *Environmental Politics* 23(5), 715-734. <https://doi.org/10.1080/09644016.2014.923614>

Jordan, A. et Huitema, D. (2014b). Policy innovation in a changing climate: Sources, patterns and effects. *Global Environmental Change* 29, 387-394. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.09.005>

Jordan, A. et Lenschow, A. (2010). Environmental policy integration: A state of the art review. *Environmental Policy and Governance* 20(3), 147-158. <https://doi.org/10.1002/eet.539>

Jordan, A. et Matt, E. (2014). Designing policies that intentionally stick: Policy feedback in a changing climate. *Policy Sciences* 47(3), 227-247. <https://doi.org/10.1007/s11077-014-9201-x>

Kemp, R. et Pontoglio, S. (2011). The innovation effects of environmental policy instruments – A typical case of the blind men and the elephant? *Ecological Economics* 72, 28-36. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.09.014>

Kern, F., Kivimaa, P. et Martiskainen, M. (2017). Policy packaging or policy patching? The development of complex energy efficiency policy mixes. *Energy Research & Social Science* 23, 11-25. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.11.002>

Kloepfer, M. (1989). *Der begriff umweltstaat*. In *Umweltstaat*. Kloepfer, M. (ed.). Berlin: Springer. 43-44. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-95596-9_6

Knill, C., Schulze, K. et Tosun, J. (2012). Regulatory policy outputs and impacts: Exploring a complex relationship. *Regulation & Governance* 6(4), 427-444. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5991.2012.01150.x>

Koremenos, B., Lipson, C. et Snidal, D. (2001). The rational design of international institutions. *International Organization* 55(4), 761-799. <https://doi.org/10.1162/002081801317193592>

Kotze, L.J. et Plessis, A.D. (2006). The inception and role of international environmental law in domestic biodiversity conservation efforts: The South African experience. *Queensland University of Technology Law and Justice Journal* 6(1), 30-53. <https://doi.org/10.5204/qltr.v6i1.191>

Lafferty, W.M. (ed.) (2004). *Governance for Sustainable Development: The Challenge of Adapting Form to Function*. Cheltenham: Edward Elgar. <https://www.e-elgar.com/shop/governance-for-sustainable-development>

Lay, J., Brandi, C., Das, R.U., Klein, R., Thiele, R., Alexander, N. et al. (2017). *Coherent G20 Policies Towards the 2030 Agenda for Sustainable Development*. G20 Insights. http://www.g20-insights.org/wp-content/uploads/2017/03/TF_2030_Agenda_PolicyCoherence.pdf

Le Prestre, P.G. (2002). Studying the effectiveness of the CBD. In *Governing global biodiversity: The evolution and implementation of the convention on biological diversity*. Le Prestre, P.G. (ed.). London: Routledge. chapitre 3. <https://www.taylorfrancis.com/books/9781351932547>

Lee, N. et Walsh, F. (1992). Strategic environmental assessment: An overview. *Project Appraisal* 7(3), 126-136. <https://doi.org/10.1080/02688867.1992.9726853>

Levin, S., Xepapadeas, T., Crepin, A.S., Norberg, J., De Zeeuw, A., Folke, C. et al. (2013). Social-ecological systems as complex adaptive systems: Modeling and policy implications. *Environment and Development Economics* 18(2), 111-132. <https://doi.org/10.1017/S1355770x12000460>

Liefferink, D., Arts, B., Kamstra, J. et Ooijevaar, J. (2009). Leaders and laggards in environmental policy: A quantitative analysis of domestic policy outputs. *Journal of European Public Policy* 16(5), 677-700. <https://doi.org/10.1080/13501760902993283>

Lin, B. et Jiang, Z. (2011). Estimates of energy subsidies in China and impact of energy subsidy reform. *Energy Economics* 33(2), 273-283. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.07.005>

Maor, M. (2014). Policy bubbles: Policy overreaction and positive feedback. *Governance* 27(3), 469-487. <https://doi.org/10.1111/gove.12048>

Marshall, G.R. (2009). Polycentricity, reciprocity, and farmer adoption of conservation practices under community-based governance. *Ecological Economics* 68(5), 1507-1520. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.10.008>

Matisoff, D.C. et Edwards, J. (2014). Kindred spirits or intergovernmental competition? The innovation and diffusion of energy policies in the American states (1990-2008). *Environmental Politics* 23(5), 795-817. <https://doi.org/10.1080/09644016.2014.923639>

Mayhofer, J.P. et Gupta, J. (2016). The science and politics of co-benefits in climate policy. *Environmental Science & Policy* 57, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.11.005>

Mees, H.L.P., Dijk, J., van Soest, D., Driessen, P.P.J., van Rijswijk, M.H.F.M.W. et Runhaar, H. (2014). A method for the deliberate and deliberative selection of policy instrument mixes for climate change adaptation. *Ecology and Society* 19(2). <https://doi.org/10.5751/ES-06639-190258>

Mickwitz, F.A., Beck, S., Carss, D., Ferrand, N., Görg, C., Jensen, A. et al. (2009). *Climate Policy Integration, Coherence and Governance*. Leipzig: Partnership for European Environmental Research. <http://www.peer.org/publications/climate-policy-integration-coherence-and-governance/>

Miles, E.L., Underdahl, A., Andresen, S., Wettestad, J., Skjærseth, J.B. et Carlin, E.M. (2002). *Environmental Regime Effectiveness: Confronting Theory with Evidence*. Cambridge: The MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/environmental-regime-effectiveness>

Milewicz, K., Hollway, J., Peacock, C. et Snidal, D. (2016). Beyond trade: The expanding scope of the nontrade agenda in trade agreements. *Journal of Conflict Resolution* 62(4), 743-773. <https://doi.org/10.1177/0022002716662687>

Mitchell, R.B. (2002). Of course international institutions matter: But when and how? In *How Institutions Change: Perspectives on Social Learning in Global and Local Environmental Contexts*. Breit, H., Engels, A., Moss, T. and Troja, M. (dir.). Potsdam: VS Verlag für Sozialwissenschaften. 35-52. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-322-80936-0_5

Mitchell, R.B. (2009). *International Politics and the Environment*. Carlsnaes, W. and Checkel, J.T. (dir.). London: SAGE Publications. <http://uk.sagepub.com/en-gb/eur/international-politics-and-the-environment/book228800>

Mitchell, R.B. et Keilbach, P.M. (2001). Situation structure and institutional design: Reciprocity, coercion, and exchange. *International Organization* 55(4), 891-917. <https://doi.org/10.1162/002081801317193637>

Morgan, R.K. (2012). Environmental impact assessment: The state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal* 30(1), 5-14. <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.661557>

Morin, J.-F., Pauwelyn, J. et Hollway, J. (2017). The trade regime as a complex adaptive system: Exploration and exploitation of environmental norms in trade agreements. *Journal of International Economic Law* 20(2), 365-390. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3008543>

Mullally, G. et Dunphy, N.P. (2015). *State of Play: Review of International Policy Integration Literature*. National Economic and Social Council (NESCC). http://files.nesc.ie/nesc_research_series/Research_Series_Paper_7_UCC.pdf

Nachmany, M., Fankhauser, S., Setzer, J. et Averchenkova, A. (2017). *Global Trends in Climate Change Legislation and Litigation: 2017 Update*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2017/04/Global-trends-in-climate-change-legislation-and-litigation-WEB.pdf>

Nasirifousi, N., Hjerpe, M. et Linnér, B.O. (2016). The roles of non-state actors in climate change governance: Understanding agency through governance profiles. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 16(1), 109-126. <https://doi.org/10.1007/s10784-014-9243-8>

Niles, M.T. et Lubell, M. (2012). Integrative frontiers in environmental policy theory and research. *Policy Studies Journal* 40(s1), 41-64. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.2012.00445.x>

Nilsson, M. et Persson, Å. (2017). Policy note: Lessons from environmental policy integration for the implementation of the 2030 Agenda. *Environmental Science & Policy* 78, 36-39. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.09.003>

Nilsson, M., Zamparutti, T., Petersen, J.E., Nykvist, B., Rudberg, P. et McGuinn, J. (2012). Understanding policy coherence: Analytical framework and examples of sector-environment policy interactions in the EU. *Environmental Policy and Governance* 22(6), 395-423. <https://doi.org/10.1002/eet.1589>

Oberthür, S. (2009). Interplay management: Enhancing environmental policy integration among international institutions. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 9(4), 371-391. <https://doi.org/10.1007/s10784-009-9109-7>

Oberthür, S. et Stokke, O.S. (dir.) (2011). *Managing Institutional Complexity: Regime Interplay and Global Environmental Change*. Cambridge, MA: MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/managing-institutional-complexity>

Organization for Economic Co-operation and Development (2008). *Introductory Handbook for Undertaking Regulatory Impact Analysis (RIA)*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. <https://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/44789472.pdf>

Organization for Economic Co-operation and Development (2016). *Better Policies for Sustainable Development 2016: A New Framework for Policy Coherence*. Paris. https://www.oecd-ilibrary.org/content/documents/commitments/493_12066_commitment_Better%20Policies%20for%20Sustainable%20Development%202016.pdf

Organization for Economic Co-operation and Development (2017). *Policy Coherence for Sustainable Development 2017: Eradicating Poverty and Promoting Prosperity*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/policy-coherence-for-sustainable-development-2017_5jg03xm8f9w.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpublication%2F9789264272576-en&mimeType=pdf

Organization for Economic Co-operation and Development, International Energy Agency, International Transport Forum and Nuclear Energy Agency (2015). *Aligning Policies for a Low-carbon Economy*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/environment/aligning-policies-for-a-low-carbon-economy_9789264233294-en

Osborn, D., Cornforth, J. et Ullah, F. (2014). *National Councils for Sustainable Development: Lessons from the Past and Present*. Ottawa: SDplanNet. https://www.isd.org/sites/default/files/publications/sdplanet_lessons_from_the_past.pdf

Ostrom, E. (2007). A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(39), 15181-15187. <https://doi.org/10.1073/pnas.0702288104>

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325(5939), 419-422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>

Ostrom, E. (2010). Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change. *Global Environmental Change* 20(4), 550-557. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.07.004>

Pan, J., Ma, H. et Zhang, Y. (2011). *Green Economy and Green Jobs in China: Current Status and Potentials for 2020*. Mastry, L. (ed.). Washington, D.C.: Worldwatch Institute. <http://www.worldwatch.org/system/files/185%20Green%20China.pdf>

Persson, Å. (2007). Different perspectives on EPI. In *Environmental Policy Integration in Practice: Shaping Institutions for Learning*. Nilsson, M. et Eckerberg, K. (dir.). London: Routledge. chapitre 2. 25-48. <https://www.taylorfrancis.com/books/9781136548185/chapters/10.4324%2F9781849773843-10>

Pierson, P. (2000). Increasing returns, path dependence, and the study of politics. *American Political Science Review* 94(2), 251-267. <https://doi.org/10.2307/2586011>

Porter, M.E. et van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *The Journal of Economic Perspectives* 9(4), 97-118. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>

Radaelli, C.M. (2009). Measuring policy learning: Regulatory impact assessment in Europe. *Journal of European Public Policy* 16(8), 1145-1164. <https://doi.org/10.1080/13501760903332647>

Renda, A. (2017). *How can Sustainable Development Goals be 'mainstreamed' in the EU's Better Regulation Agenda?* CEPS Policy Insights. Brussels: Centre for European Policy Studies. https://www.ceps.eu/system/files/Better%20regulation%20and%20sustainable%20development_CEPS%20Policy%20Insights_%20A_Renda.pdf

Repetto, R. (ed.) (2006). *Punctuated Equilibrium and the Dynamics of US Environmental Policy*. New Haven, CT: Yale University Press. <https://yalebooks.yale.edu/book/9780300110760/punctuated-equilibrium-and-dynamics-us-environmental-policy>



- Ritzka, M.S. (2016). *Incorporation of Sustainable Development Concerns in Regulatory Impact Assessments*. Masters in Sustainable Development, Uppsala University <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2/945065/FULLTEXT01.pdf>
- Runhaar, H., Driessen, P. et Uittenbroek, C. (2014). Towards a systematic framework for the analysis of environmental policy integration. *Environmental Policy and Governance* 24(4), 233-246. <https://doi.org/10.1002/eet.1647>.
- Schaffrin, A., Sewerin, S. et Seubert, S. (2015). Toward a comparative measure of climate policy output. *Policy Studies Journal* 43(2), 257-282. <https://doi.org/10.1111/psj.12095>.
- Schmidt, T.S., Battke, B., Grosspietsch, D. et Hoffmann, V.H. (2016). Do deployment policies pick technologies by (not) picking applications? - A simulation of investment decisions in technologies with multiple applications. *Research Policy* 45(10), 1965-1983. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.07.001>.
- Schmidt, T.S. et Sewerin, S. (2018). Measuring the temporal dynamics of policy mixes - An empirical analysis of renewable energy policy mixes' balance and design features in nine countries. *Research Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.03.012>.
- Scrase, J.I. et Ockwell, D.G. (2010). The role of discourse and linguistic framing effects in sustaining high carbon energy policy—An accessible introduction. *Energy Policy* 38(5), 2225-2233. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.12.010>.
- Sebenius, J.K. (1991). Designing negotiations toward a new regime: The case of global warming. *International Security* 15(4), 110-148. <https://doi.org/10.2307/2539013>.
- Simmons, B. (2010). Treaty compliance and violation. *Annual Review of Political Science* 13(1), 273-296. <https://doi.org/10.1146/annurev.polisci.12.040907.132713>.
- Sprinz, D. et Vahtoranta, T. (1994). The interest-based explanation of international environmental policy. *International Organization* 48(1), 77-105. <https://doi.org/10.1017/S0020818300000825>.
- Stadelmann, M. et Castro, P. (2014). Climate policy innovation in the South - Domestic and international determinants of renewable energy policies in developing and emerging countries. *Global Environmental Change* 29, 413-423. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.011>.
- Stokke, O.S. (ed.) (2001). *Governing High Seas Fisheries: The Interplay of Global and Regional Regimes*. Oxford: Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/governing-high-seas-fisheries-9780198299493?cc=sk&lang=en&>.
- Telli, Ç., Voyvoda, E. et Yeldan, E. (2008). Economics of environmental policy in Turkey: A general equilibrium investigation of the economic evaluation of sectoral emission reduction policies for climate change. *Journal of Policy Modeling* 30(2), 321-340. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2007.03.001>.
- Tews, K., Busch, P.O. et Jörgens, H. (2003). The diffusion of new environmental policy instruments. *European Journal of Political Research* 42(4), 569-600. <https://doi.org/10.1111/1475-6765.00096>.
- Turnpenny, J., Radaelli, C.M., Jordan, A. et Jacob, K. (2009). The policy and politics of policy appraisal: Emerging trends and new directions. *Journal of European Public Policy* 16(4), 640-653. <https://doi.org/10.1080/135017609032877283>.
- Underdal, A. (1983). Causes of negotiation 'failure'. *European Journal of Political Research* 11, 183-195. <https://doi.org/10.1111/j.1475-6765.1983.tb00055.x>.
- United Kingdom, Department of Energy and Climate Change (2009). *Carbon Valuation in UK Policy Appraisal: A Revised Approach*. London. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/245334/1_20090715105804_e_carbonvaluationinukpolicyappraisal.pdf.
- United Kingdom, Department of Business Innovation and Skills. (2010). *Impact Assessment Toolkit. A Guide to Undertaking an Impact Assessment and Completing the IA Template*. London. <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110120023243/http://www.bis.gov.uk/assets/biscore/better-regulation/docs/10-901-impact-assessment-toolkit.pdf>.
- United Kingdom Environmental Protection Agency (2018). *Strategic environmental assessment*. <http://www.epa.ie/monitoringassessment/assessment/sea/>.
- United Nations (2005). *Review of the Application of Environmental Impact Assessment in Selected African Countries*. Addis Ababa. http://repository.uneca.org/bitstream/handle/10855/5607/bib_%2041846_1.pdf?sequence=1.
- United Nations (2017). *Voluntary National Reviews 2017 Synthesis Report*. New York, NY. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/17109Synthesis_Report_VNRs_2017.pdf.
- United Nations Environment Programme (2011). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication: A Synthesis for Policy Makers*. Nairobi: United Nations Environment Programme. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER_synthesis_en.pdf.
- United Nations General Assembly (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. A/RES/70/1. New York, NY. http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.
- Uslu, A., Mozaffarian, H. et van Stralen, J. (2016). *Deliverable 3.2: Benchmarking Bioenergy Policies in Europe*. Strategic Initiative for Resource Efficient Biomass Policies. Brussels: European Union. <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=FCN-O-16-009>.
- Voigt, S. (2013). How (Not) to measure institutions. *Journal of Institutional Economics* 9(1), 1-26. <https://doi.org/10.1017/s1744137412000148>.
- Von Stein, J. (2005). Do treaties constrain or screen? Selection bias and treaty compliance. *American Political Science Review* 99(4), 611-622. <https://doi.org/10.1017/s0003055405051919>.
- Weber, M., Driessen, P.P.J. et Runhaar, H.A.C. (2013). Evaluating environmental policy instruments mixes, a methodology illustrated by noise policy in the Netherlands. *Journal of Environmental Planning and Management* 57(9), 1381-1397. <https://doi.org/10.1080/09640568.2013.808609>.
- Willenbockel, D. (2011). *Environmental Tax Reform in Vietnam: An Ex Ante General Equilibrium Assessment*. Institute of Development Studies at the University of Sussex. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/44411/1/MPPA_paper_44411.pdf.
- Wittneben, B.B.F. (2012). The impact of the Fukushima nuclear accident on European energy policy. *Environmental Science & Policy* 15(1), 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.09.002>.
- Yin, H.T. et Powers, N. (2010). Do state renewable portfolio standards promote in-state renewable generation? *Energy Policy* 38(2), 1140-1149. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.067>.
- Young, O.R. (1999). *The Effectiveness of International Environmental Regimes: Causal Connections and Behavioral Mechanisms*. Cambridge, MA: The MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/effectiveness-international-environmental-regimes>.
- Young, O.R. (2002). *The Institutional Dimensions of Environmental Change: Fit, Interplay, and Scale*. Cambridge, MA: MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/institutional-dimensions-environmental-change>.
- Young, O.R. (2003). Determining regime effectiveness: A commentary on the Oslo-Potsdam solution. *Global Environmental Politics* 3(3), 97-104. <https://doi.org/10.1162/152638003322469295>.
- Young, O.R. (2006). Vertical interplay among scale-dependent environmental and resource regimes. *Ecology and Society* 11(1), 27. <https://doi.org/10.5751/ES-01519-110127>.
- Young, O.R. (2008). Building regimes for socio-ecological systems: Institutional diagnosis. In *Institutions and Environmental Change: Principal Findings, Applications, and Research Frontiers*. Young, O.R., King, L.A. et Schroeder, H. (dir.). The MIT Press. Chapitre 4. <http://mitpress.universitypressscholarship.com/view/10.7551/mitpress/9780262240574.001.0001/upso-9780262240574-chapter-4>.
- Young, O.R. (2011). Effectiveness of international environmental regimes: Existing knowledge, cutting-edge themes, and research strategies. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(50), 19853-19860. <https://doi.org/10.1073/pnas.1111690108>.
- Young, O.R. (2017). *Governing Complex Systems: Social Capital for The Anthropocene*. Cambridge, MA: The MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/governing-complex-systems>.



Chapitre 12



Les politiques de qualité de l'air



Auteur coordonnateur : Peter King (Institute for Global Environmental Strategies)

Auteurs principaux : Frederick Ato Armah (Université de Cape Coast), Phillip Dickerson (Agence de protection de l'environnement [États-Unis]), Cristina Guerreiro (Institut norvégien de recherche sur l'air), Terry Keating (Agence de protection de l'environnement [États-Unis]), Oswaldo dos Santos Lucon (Secrétariat d'État à l'environnement de São Paulo, Brésil), Asami Miyazaki (Université Gakuen de Kumamoto), Amit Patel (Planned Systems International, Inc.) et Stefan Reis (Centre d'écologie et d'hydrologie, Conseil de recherche sur l'environnement naturel)

Membre honoraire de GEO : Kari De Pryck (Institut d'études politiques de Paris)



Synthèse

La capacité des institutions à gérer la pollution atmosphérique, le changement climatique, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique et les substances toxiques persistantes et bioaccumulables varie considérablement dans le monde (*bien établi*). Dans certaines régions et certains pays (par exemple en Amérique du Nord, en Europe occidentale, en Asie de l'Est), il existe des systèmes fédérés de politiques nationales, provinciales et locales et des programmes d'application bien élaborés. Dans d'autres régions, il peut exister des accords internationaux ou une législation nationale, mais la mise en œuvre et l'application sont affaiblies par le manque de capacités des institutions nationales ou infranationales (*établi, mais incomplet*). Dans d'autres régions, les municipalités ouvrent la voie en offrant des avantages à d'autres parties de leur pays. {5.5, 12.2}

Divers investissements sont nécessaires pour améliorer la capacité de gestion dans les différentes régions. Par exemple, les évaluations régionales du rapport GEO-6 ont déterminé que l'amélioration des infrastructures de surveillance de la qualité de l'air était une priorité pour l'Afrique et l'Amérique latine, et que l'amélioration de l'utilisation des analyses coûts-avantages des mesures d'atténuation du changement climatique et de la pollution atmosphérique était une priorité pour l'Asie et le Pacifique. {5.1}

Les approches réglementaires traditionnelles, notamment l'utilisation de normes d'émissions et technologiques, ont permis de s'attaquer avec succès à certaines sources de pollution (*établi, mais incomplet*). Les succès sont manifestes en ce qui concerne les tendances à la baisse des émissions et la croissance de

l'activité économique et de la production. Toutefois, ces approches reposent sur des ressources humaines adéquates et sur des systèmes juridiques et d'exécution efficaces, qui pourraient ne pas exister. {12.2.1, 12.2.2}

Il n'existe pas d'accord mondial unique sur la pollution atmosphérique, mais il existe une mosaïque d'accords intergouvernementaux régionaux et d'initiatives axées sur les partenariats public-privé (*non résolu*). Des accords mondiaux ont été adoptés en vue de lutter contre le changement climatique, l'épuisement de l'ozone stratosphérique, les polluants organiques persistants et le mercure. {5.5, 12.2.5}

Les engagements nationaux en matière de changement climatique dans le cadre du processus de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) sont encore insuffisants pour permettre de réaliser les objectifs convenus de stabilisation de la température mondiale, et les options deviennent maintenant limitées (*établi, mais incomplet*). L'Accord de Paris sur le climat de 2015 a fixé une limite de la température moyenne mondiale au cours de ce siècle bien en deçà de 2 degrés Celsius, avec pour ambition de limiter le réchauffement à 1,5 degré, comme moyen d'opérer une transition vers un avenir sobre en carbone et résilient. À ce jour, l'ensemble des engagements nationaux et leur mise en œuvre ne sont pas sur la bonne voie pour éviter un changement climatique dangereux, voire désastreux, et des ambitions différées entraîneront des risques plus importants pour l'économie et la santé de l'ensemble de la planète. {5.5}

12.1 Introduction

La composition de l'atmosphère terrestre est l'un des principaux déterminants d'une planète saine. Elle agit sur le climat, les écosystèmes et la santé humaine. Ce fait est mis en évidence par l'existence de liens directs ou indirects entre les défis relatifs à la pollution atmosphérique, au changement climatique, à l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, aux substances persistantes, bioaccumulables et toxiques (PBT) et à chacun des objectifs de développement durable (ODD) (Organisation des Nations Unies, 2015).

Une pléthore de politiques internationales, nationales, infranationales et régionales a été déployée pour relever ces défis. Ces politiques comprennent les formes fondamentales ci-après :

- i) les normes d'émission, communément appelées « mesures contraignantes » ;
- ii) les régimes de planification ;
- iii) les interventions sur le marché ;
- iv) l'information du public ;
- v) les cadres de coopération, y compris les accords internationaux.

Les sections ci-après présentent, pour chacune de ces approches, un examen des divers moyens d'intervention utilisés et une étude de cas illustrant la démarche en question. Les caractéristiques clés de chaque cas sont mises en évidence à l'aide de la méthodologie décrite à la section 10.6. Les études de cas sont choisies parmi une gamme variée de contextes géographiques, d'échelles spatiales et de délais de mise en œuvre. Sans chercher l'exhaustivité, les études de cas mettent l'accent sur les nuances, les modèles génériques et les questions contextuelles qui exigent l'attention des parties prenantes concernées pour obtenir des résultats optimaux en matière de politiques. Elles ne sauraient être reproduites en faisant abstraction du contexte local.

Les politiques adoptées pour lutter contre la pollution atmosphérique, le changement climatique, l'épuisement de l'ozone stratosphérique et les substances PBT devraient tenir compte de la composition globale des émissions, de la durée de vie du polluant dans l'atmosphère ou dans l'environnement et des avantages et compromis connexes (Melamed *et al.*, 2016). Les questions pertinentes à se poser sont les suivantes :

- i) Comment réaliser les objectifs en matière d'énergie abordable, propre et fiable à toutes les échelles spatiales (locale, nationale, régionale, mondiale), en envisageant les synergies et les arbitrages possibles ?
- ii) Quelles synergies et quels avantages connexes la politique climatique et la lutte contre la pollution atmosphérique peuvent-elles produire ?

- iii) Quelle sera l'évolution conjointe des émissions de gaz à effet de serre (GES) et de polluants atmosphériques dans les scénarios avec et sans intervention des pouvoirs publics, comme la réglementation des substances PBT, la politique climatique et la lutte contre la pollution atmosphérique, en fonction du contexte ?

Du point de vue systémique, l'existence de divers instruments et régimes politiques à une gamme variée d'échelles spatiales et temporelles fait nettement ressortir la complexité de la résolution intégrée et globale des problèmes liés à la qualité de l'air. Il est donc impératif d'adopter une approche intégrée afin de résoudre les conflits potentiels et de définir les corrélations entre les objectifs des politiques environnementales, ainsi que d'isoler et de consolider les politiques présentant des avantages connexes tels que l'amélioration de la sécurité énergétique, de la qualité de l'air urbain et de la santé humaine (voir la section 11.3).

12.2 Les principales politiques et approches de gouvernance

12.2.1 Les régimes de planification

Les régimes (ou cadres) de planification établissent des cibles pour l'air ambiant (par exemple, des normes de concentration, les charges totales de polluants ou une variation de la température moyenne mondiale) et des bilans (ou plafonds) d'émissions. Des ensembles de politiques sont ensuite élaborés et mis en œuvre pour atteindre les cibles. Les progrès réalisés à cet égard font l'objet d'un suivi et, le cas échéant, on procède à l'élaboration d'autres politiques ou à la révision des politiques existantes. Les régimes de planification sont souvent considérés comme essentiels à la gestion de la pollution atmosphérique, du changement climatique, des substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO) et des substances PBT, parce qu'ils fournissent un cadre stratégique auquel on peut intégrer des mesures spécifiques.

Les normes de concentration de fond ou d'autres objectifs environnementaux définissent l'état souhaité de l'environnement, souvent lié à des relations de cause à effet touchant la santé humaine. Les bilans d'émissions, les charges et les plafonds d'émission de polluants sont les niveaux de pression estimatifs qui permettent encore d'atteindre l'état désiré, ou qui présentent un seuil sans effet (par exemple, les charges ou niveaux critiques). Par exemple, les National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) sont des normes nationales relatives aux polluants nocifs établies aux États-Unis par l'Agence de protection de l'environnement (EPA), en vertu de la *Clean Air Act* (42 U.S.C 7,401 et suiv.). Ces normes, qui s'appliquent à l'air extérieur partout au pays (EPA, 2016), visent à protéger la santé humaine contre la pollution atmosphérique nocive.

Tableau 12.1 : Typologie des approches en matière de politiques et de gouvernance décrites dans le présent chapitre

Approche de gouvernance	Moyens d'intervention	Étude de cas
Régimes de planification	Normes ambiantes, bilans d'émissions	Loi sur le climat et les bilans carbone du Royaume-Uni
Normes technologiques et d'émissions	Normes d'émissions, normes de qualité des carburants, normes d'efficacité, meilleures technologies de limitation disponibles	Normes d'émissions diesel en Europe
Interventions sur le marché	Subventions, politique fiscale, crédits et allocations négociables	Foyers améliorés au Kenya (Alliance mondiale pour les foyers améliorés)
Information du public	Information, prévisions, étiquetage et image de marque	Fourniture de données et de prévisions en temps réel sur la qualité de l'air
Coopération internationale	Accords multilatéraux et bilatéraux contraignants, organisations bénévoles	Accord de l'ASEAN sur les nuages de pollution transfrontières



On peut associer les bilans d'émissions à des cibles environnementales à l'aide de modèles quantitatifs (atmosphériques ou climatiques, par exemple) correctement évalués au regard des observations de terrain. Dans le cas des polluants secondaires (qui sont créés dans l'atmosphère) ou des polluants qui ont une longue durée de vie dans l'environnement, la relation entre les émissions et les concentrations de fond n'est pas toujours linéaire. Il est souvent important d'établir un lien de causalité entre les émissions et l'état souhaité pour justifier l'étendue ou les coûts des contrôles d'émissions ou d'autres politiques, ce qui nécessite un volume considérable d'informations (comme intrants du modèle) et d'expertise. Cependant, lorsque les émissions sont élevées et que le gouvernement dispose d'une faible capacité de planification technique, il est souvent inutile de quantifier le lien entre les politiques et l'état souhaité pour justifier certaines mesures de contrôle sur les principales sources d'émissions. Il suffit alors de démontrer qualitativement que ces sources contribuent à des impacts négatifs et que les contrôles seraient bénéfiques, la mise en œuvre de ceux-ci permettant de progresser vers la réalisation d'objectifs à long terme.

Dans le contexte des bilans d'émissions, des systèmes d'échange de droits d'émission ont été mis en place, notamment pour les GES, dont le lieu d'origine des émissions importe moins que pour les polluants atmosphériques. En décembre 2017, la Chine a lancé son système d'échange de droits d'émission (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques [CCNUCC], 2017a). Dans un premier temps, ce système ne couvre que le secteur de l'électricité, mais il est appelé à devenir le plus vaste du genre au monde et représenter des échanges de l'ordre de trois milliards de tonnes de dioxyde de carbone (CO₂). Dans un système similaire mis en place en Europe, les échanges portent sur environ deux milliards de tonnes (Commission européenne, 2018). D'autres systèmes d'échange semblables existent dans plusieurs pays et régions (Carbon Market Data, 2018). En établissant des bilans d'émissions que l'on peut progressivement limiter davantage, il est possible d'ajuster les prix des émissions échangées.

Comme indiqué à la section 5.5, les pays ont défini différentes normes de concentration de fond des polluants, selon leur interprétation des données épidémiologiques sur les relations entre l'état de l'environnement et les effets sanitaires, leurs niveaux actuels de pollution atmosphérique et leur perception quant à leur capacité à réduire la pollution atmosphérique. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a établi des lignes directrices et des cibles intermédiaires (OMS, 2018) dont les pays peuvent se servir pour fixer leurs propres normes et cibles. Lorsque l'OMS et les pays individuels établissent ou révisent leurs normes de qualité du milieu en fonction de nouvelles informations, d'autres pays prennent parfois note de ces changements et envisagent d'apporter ou non des modifications similaires à leurs propres normes. Pour la protection des habitats et des écosystèmes sensibles, les charges et niveaux critiques ont été fixés dans le contexte de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) et de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CPATLD), initialement axée sur l'acidification, au début des années 1980, puis élargie aux charges critiques en nutriments et en ammoniac (NH₃), sur la base de l'accumulation de preuves sur les dommages causés aux écosystèmes et les pertes de biodiversité découlant par exemple des émissions agricoles de NH₃, même à des niveaux de concentration et de dépôt relativement faibles (Sutton, Reis et Baker, 2009).

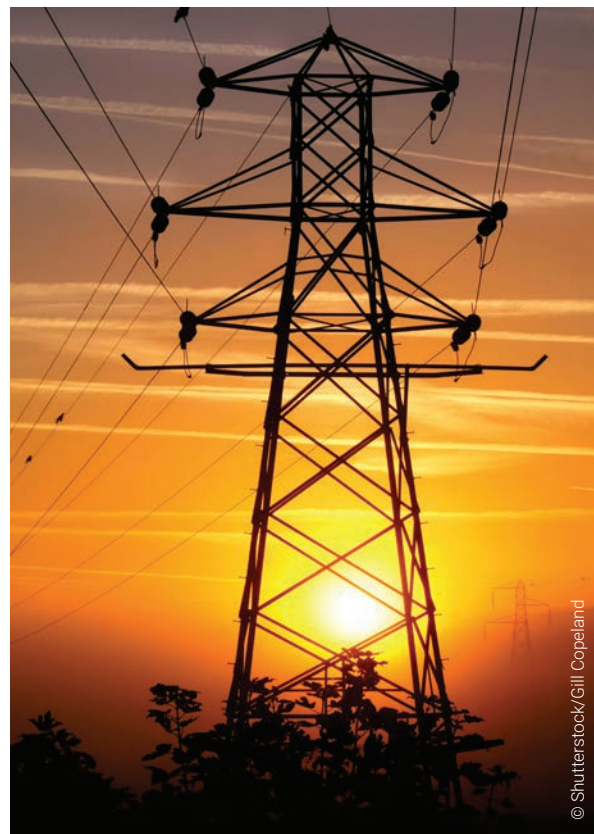
Les budgets et les plafonds d'émissions ne permettent pas seulement d'évaluer si un train de mesures devrait permettre d'atteindre les cibles environnementales pertinentes ; ils constituent également un moyen de répartir la responsabilité de l'atteinte des cibles environnementales entre les régions, les administrations, les secteurs ou les sources individuelles. Par exemple, les bilans d'émissions ont été appliqués aux échelons national et étatique pour la planification de la lutte contre la pollution atmosphérique,

et à l'échelle nationale dans les accords internationaux visant à atténuer les émissions de SACO. En Europe et dans la région de la CEE-ONU, le rapport de 1999 sur le Protocole de Göteborg relatif à la réduction de l'acidification et de l'eutrophisation et l'ozone troposphérique (tel que modifié) dans le cadre de la CPATLD (CEE-ONU, 2017), de même que la Directive sur les plafonds d'émission nationaux de l'Union européenne (UE) (Agence européenne pour l'environnement [AEE], 2016a), sont des exemples récents de plafonds d'émission nationaux convenus à l'égard de polluants reconnus pour leur apport à une série d'effets sur l'environnement et la santé humaine.

Dans l'étude de cas ci-après, les bilans d'émissions sont appliqués aux émissions de GES à long terme au Royaume-Uni.

Étude de cas : les politiques énergétiques et climatiques du Royaume-Uni

La *Climate Change Act* de 2008 (Gouvernement du Royaume-Uni, 2008a ; Gouvernement du Royaume-Uni, 2008b) est un exemple de la manière d'établir une politique nationale dans un cadre international pour lutter contre le changement climatique (y compris les cibles, le calendrier, les prix du carbone et l'échange de droits d'émission). Les cibles juridiquement contraignantes, qui visent à réduire progressivement les émissions dans le cadre de budgets carbone quinquennaux allant jusqu'à 2050, comportent des avantages importants tels que la compétitivité sur les marchés internationaux, la conservation des ressources, la suppression efficace des obstacles, l'appui aux technologies sobres en carbone, la promotion de la capture et du stockage du carbone, et la prise en compte d'implications sociales telles que la précarité énergétique. Pour réaliser ces objectifs, des mesures pratiques ont été prises, notamment des systèmes de plafonnement et d'échange obligatoires, des régimes, des normes, une aide financière, des mesures fiscales, des stratégies d'innovation et le déploiement de technologies (Royaume-Uni, ministère du Commerce et de l'Industrie, 2007).



© Shutterstock/Gill Copeland

Tableau 12.2 : Résumé des critères d'évaluation – Les politiques énergétiques et climatiques du Royaume-Uni

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Les émissions de GES ont diminué de 5 % par an depuis 2012, pour atteindre en 2016 un niveau de 42 % inférieur à celui de 1990, tandis que la croissance économique était de 60 %. Entre 2008 et 2015, les émissions de GES au regard du produit intérieur brut (PIB) sont passées de 8,22 à 5,99 t CO ₂ /habitant (de 0,20 à 0,15 t CO ₂ /dollar É.-U. de 2010, soit de 0,22 à 0,16 t CO ₂ /dollar É.-U. de 2010 en parité du pouvoir d'achat) ; la consommation énergétique, exprimée par l'approvisionnement total en énergie primaire (ATEP) en tonnes d'équivalent pétrole (tep), est passée de 3,37 à 2,78 tep/personne ; l'ATEP par unité de PIB a fléchi de 0,08 à 0,07 tep/1 000 dollars É.-U. de 2010, et la consommation d'électricité par habitant est passée de 6,01 à 5,08 MWh/personne.	Royaume-Uni, ministère des Affaires, de l'Énergie et de la Stratégie industrielle, 2016 ; Agence internationale de l'énergie (AIE), 2017 ; Royaume-Uni, Commission sur le changement climatique, 2017.
Indépendance de l'évaluation	Rapport officiel au Parlement, corroboré par des statistiques.	
Acteurs clés	Surtout des organismes gouvernementaux (y compris des administrations décentralisées).	
Données de référence	Émissions de GES à l'échelle de l'économie en 1990, ainsi que d'autres données de référence connexes, telle la part des énergies renouvelables.	
Délai d'exécution	Réduction de 80 % des émissions de GES d'ici à 2050 et autres cibles intermédiaires (50 % d'ici à 2025), fondées sur des bilans carbone quinquennaux, fixées 12 ans à l'avance pour permettre la préparation ; autres objectifs dans le secteur de l'énergie (électricité renouvelable et biocarburants, efficacité des transports, introduction progressive des véhicules électriques, capture et stockage du carbone, etc.).	
Facteurs contraignants	Lente réduction des émissions de GES dans les secteurs des transports et du bâtiment, très faibles capture et stockage du carbone.	
Facteurs habilitants	La principale force motrice a été la réduction de 75 % de l'utilisation du charbon dans le secteur de l'électricité. La loi a reçu un appui solide en raison des facteurs suivants : la baisse des factures d'énergie, l'importance des preuves scientifiques, la sensibilisation du public, les réactions politiques aux innovations du secteur privé, les améliorations technologiques, la valeur de l'innovation institutionnelle, l'utilisation de preuves recadrant le changement climatique comme un enjeu économique, l'importance du leadership.	
Coût-efficacité	Les coûts seront de l'ordre de 1 à 2 % du PIB en 2050, et les perspectives commerciales d'une économie sobre en carbone sont importantes (marché de 112 milliards de livres sterling et plus de 900 000 emplois en 2009).	
Équité	Modèle de « contraction et convergence ».	
Avantages connexes	Amélioration de l'accès au marché, innovation, résilience des infrastructures, sécurité de l'approvisionnement énergétique et flexibilité des réseaux (stockage, interconnexion), adoption de nouvelles technologies, qualité de vie (air, eau, santé et bien-être, utilisation des sols).	
Effets transfrontières	Nécessité de réorienter les politiques en fonction de la sortie de l'UE et de faire preuve de plus d'ambition à l'égard des objectifs de l'Accord de Paris.	
Pistes d'amélioration	Développer la production d'électricité sobre en carbone, accélérer l'adoption des véhicules électriques, accroître la production de chaleur sobre en carbone parallèlement à l'efficacité énergétique, relancer les travaux sur la capture et le stockage du CO ₂ , examiner les pratiques de gestion des terres, améliorer et préciser les combinaisons de moyens d'intervention (tarification du carbone, normes et règlements, financement de la recherche-développement, subventions, conception des marchés, fiscalité).	

La *Climate Change Act* du Royaume-Uni a été le premier instrument juridique au monde à fixer une cible significative de réduction à long terme des émissions de carbone, assortie d'un cadre juridiquement contraignant. Son approche envisage une transition sociotechnique et favorise l'équité dans le cadre d'un modèle de « contraction et convergence » (Lovell, Bulkeley et Owens, 2009 ; Royaume-Uni, ministère des Affaires, de l'Énergie et de la Stratégie industrielle, 2016 ; Global Commons Institute, 2018), où les budgets carbone (plafonds d'émissions de GES) servent de politique-cadre comportant des orientations fortes pour tous les grands secteurs économiques.

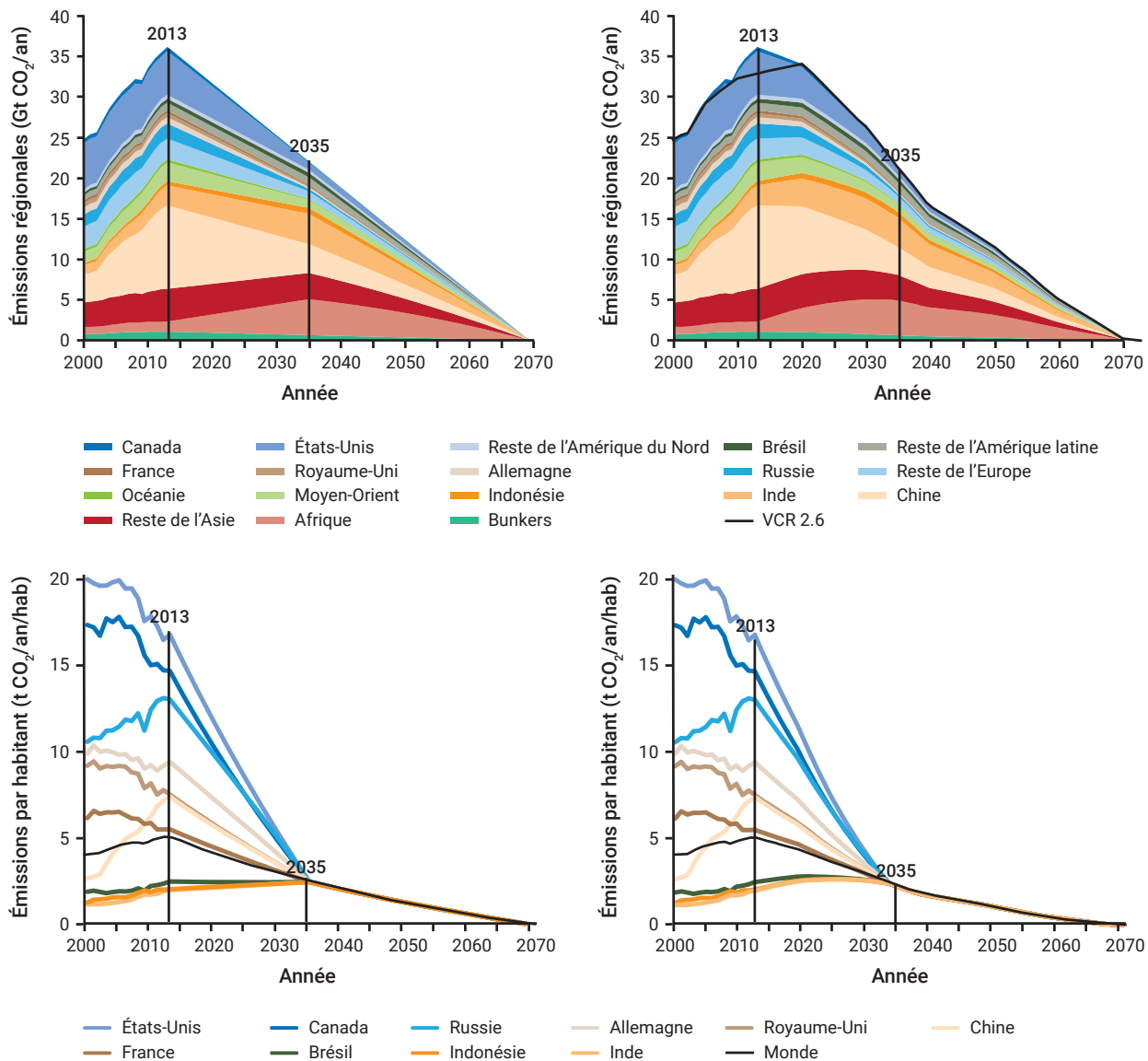
L'importance des budgets carbone dans l'orientation des politiques climatiques est illustrée par le **figure 12.1**, où des limites sont fixées aux émissions cumulées par pays. Un budget carbone

mondial traduit la capacité de charge atmosphérique permettant de maintenir les émissions anthropiques de GES en deçà des objectifs fixés par l'Accord de Paris de 2015 de la CCNUCC (de 1,5 à 2 °C), sur la base de voies de concentration représentatives (VCR). Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2014), pour la période de 2011 à 2100, les limites se situent autour de 1 000 gigatonnes de dioxyde de carbone (Gt CO₂) (de 750 à 1 400 Gt CO₂ pour la cible de 2 °C, avec une probabilité de plus de 66 %, ou de 550 à 600 Gt CO₂ pour la cible de 1,5 °C, avec une probabilité de plus de 50 %).

Bien que sa stratégie constitue un enseignement majeur pour les autres pays, le Royaume-Uni n'est encore que partiellement sur la bonne voie pour atteindre ses cibles d'émissions de GES. L'ensemble des politiques mises en œuvre a eu un succès modéré



Figure 12.1 : Répartition régionale des émissions cumulées de dioxyde de carbone



	Convergence 2035	Convergence 2050
Canada	8	10
États-Unis	78	97
Reste de l'Amérique du Nord	15	14
Brésil	21	18
Reste de l'Amérique latine	35	33
France	8	9
Royaume-Uni	9	10
Allemagne	13	15
Russie	27	33

	Convergence 2035	Convergence 2050
Reste de l'Europe	51	54
Océanie	7	8
Moyen-Orient	51	55
Indonésie	27	23
Inde	133	114
Chine	197	214
Reste de l'Asie	133	125
Afrique	155	136
Bunkers	30	30

Note : Répartition régionale des émissions cumulées de CO₂ après une baisse linéaire des émissions jusqu'à zéro (à gauche) et le scénario d'émissions mondiales VCR (voie de concentration représentative) 2.6 (à droite). La convergence par habitant se produit en 2035, et les émissions cumulées totales après 2013 sont égales à 1 000 Gt CO₂ pour les deux scénarios. Le tableau inférieur compare l'allocation des émissions cumulées régionales (valeurs en Gt CO₂ à partir de 2014) du scénario VCR 2.6, pour la convergence par habitant en 2035 et en 2050 (Gignac et Matthews, 2015).

dans certains secteurs, tels les transports et le bâtiment. Des intérêts profondément enracinés, comme les centrales électriques au charbon et le secteur des transports, n'évoluent pas aussi rapidement qu'il le faudrait pour atteindre les cibles, et d'autres politiques visant à accélérer le changement seront nécessaires pour réaliser les réductions d'émissions obligatoires. Enfin, comme une grande partie de la législation environnementale existante du pays découle de son adhésion à l'UE, un large éventail de nouvelles politiques et de nouveaux programmes serait nécessaire après la sortie du pays de l'Union européenne (Royaume-Uni, Commission sur le changement climatique, 2017).

12.2.2 Les normes technologiques et d'émission

L'une des approches les plus courantes pour relever les défis liés à la qualité de l'air et au changement climatique consiste à définir des normes d'émission ou d'autres normes de rendement applicables à certains procédés, équipements ou produits industriels. Ces normes peuvent exiger qu'un procédé, une pièce d'équipement ou un produit n'émette pas plus qu'une masse spécifiée d'émissions d'un polluant donné par unité de temps, d'intrants ou d'extrants. Par exemple, les chaudières utilisées pour produire de l'électricité peuvent être limitées à une masse d'émissions par kilowattheure produit ; les véhicules sont généralement limités à certaines émissions par kilomètre parcouru. Par ailleurs, une norme peut exiger l'application d'un type de technologie donné ou d'une pratique opérationnelle précise. Par exemple, pour limiter les émissions de poussières fugitives émanant d'un chantier de construction, on peut obliger les véhicules sortant du chantier à passer par une station de lavage des roues. Dans la plupart des cas, les normes sont conçues pour être neutres en ce qui concerne le choix du carburant ou du fabricant de régulateurs, mais le principe général est qu'il incombe au pollueur de respecter la norme et, par conséquent, d'assumer le coût du contrôle des émissions. Par exemple, il incombe aux pollueurs de moderniser leurs technologies lorsqu'il y a lieu d'installer certains équipements pour respecter les normes d'émissions existantes ou nouvelles. Lorsque des technologies de contrôle des émissions sont intégrées à un nouvel équipement – par exemple, dans le cas de la conformité des véhicules aux normes d'émission européennes, où la production passe par une étape d'approbation des types –, le coût du contrôle des émissions est inclus dans le prix unitaire.

La mise en œuvre et l'application de normes technologiques et d'émission constituent une mesure directe influant sur les « pressions » et contribuent à l'atteinte des cibles et des budgets d'émission, l'« état » souhaité défini dans un régime de planification (voir la figure 1.2, chapitre 1). Souvent qualifiées de « contraignantes », les normes technologiques et d'émission peuvent être mises en œuvre et appliquées dans le cadre de programmes d'autorisation, de systèmes d'approbation des types, d'inspections et d'audits, et être renforcées par des exigences de suivi et de déclaration des émissions. Toutefois, les normes technologiques et d'émission peuvent également être élaborées et appliquées volontairement par des groupes industriels, autosurveillées ou soumises à une vérification par un tiers, et associées à un programme de promotion de l'image de marque (voir la section 12.2.4). Les modes de vie et les habitudes de consommation peuvent jouer un rôle essentiel dans la détermination de l'efficacité des approches volontaires.

L'existence de normes différentes dans les territoires de compétence d'un même marché géographique accroît les coûts pour les fabricants de produits et d'équipements, qui sont tenus de respecter les différentes normes. Certes, les coûts de conformité réglementaire ne sont qu'un des facteurs qui influent sur les décisions d'implantation des entreprises, mais le manque d'harmonisation entre les normes peut entraîner la délocalisation de l'activité économique – et des émissions qui y sont associées – d'un territoire à l'autre, les entreprises cherchant à s'implanter là où le coût global de la conformité est le plus faible. Par conséquent, les

normes sont généralement définies à l'échelon national, compte tenu des normes en vigueur dans d'autres pays, territoires et marchés.

Les normes de rendement des sources nouvelles (NRSN) établies dans le cadre de la *Clean Air Act* des États-Unis définissent un niveau minimum de contrôle de la pollution atmosphérique pour toutes les nouvelles sources d'émissions industrielles majeures du pays, mais des normes plus strictes peuvent s'appliquer en fonction du niveau de pollution existant. Pour prévenir la détérioration de la qualité de l'air dans les zones qui respectent déjà les NAAQS sur l'exposition à court terme à la pollution atmosphérique, les sources nouvelles d'importance doivent utiliser les meilleures techniques disponibles (MTD, BACT en anglais), déterminées au cas par cas dans le cadre d'un processus d'autorisation au moins aussi strict que les NRSN. Dans les zones polluées qui dépassent déjà les NAAQS, les sources nouvelles d'importance doivent respecter le plus bas débit d'émission réalisable (LAER), qui reflète les exigences les plus rigoureuses mises en pratique. Les sources existantes dans ces zones sont tenues de respecter une norme moins stricte, celle de la technologie de contrôle raisonnablement disponible (TCRD, RACT en anglais). L'EPA tient à jour une base de données de ces normes et de l'appréciation au cas par cas, la RACT/BACT/LAER Clearinghouse (EPA, 2018b). À mesure que la technologie évolue, la détermination de la TCRD, des MTD et du LAER fait de même, mais la publication de cette information permet aux différentes juridictions de faire évoluer leurs normes dans le même sens. La Directive relative aux émissions industrielles (2010/75/UE), qui régit les activités industrielles en Europe, utilise elle aussi le concept juridiquement contraignant des MTD pour fixer les niveaux de performance environnementale que l'industrie doit respecter (Commission européenne, 2018b). La définition d'une MTD se fait par un échange transparent d'informations entre l'industrie, les organisations non gouvernementales (ONG) et les organismes de réglementation, et cette définition est reconnue au-delà de l'UE.

En ce qui concerne les émissions des navires, l'Organisation maritime internationale (OMI) et la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL, annexe VI) (OMI, 2018) ont établi une norme mondiale basée sur le combustible – un pourcentage en masse limité à 0,50 % m/m de soufre dans le fioul utilisé à bord des navires – qui entrera en vigueur le 1^{er} janvier 2020. Pour être conformes, les navires doivent consommer du fioul à faible teneur en soufre. En revanche, une zone de contrôle des émissions d'oxydes d'azote (NO_x), qui entrera en vigueur pour la mer du Nord et la mer Baltique le 1^{er} janvier 2021, exigera que tous les navires construits après 2021 respectent des normes visant à réduire les émissions de NO_x de 80 % par rapport aux niveaux actuels. Dans la pratique, on ne peut parvenir à la conformité qu'en équipant les navires de catalyseurs ou en utilisant des carburants à base de gaz naturel liquéfié. Les zones de contrôle existantes comprennent, pour les émissions d'oxydes de soufre (SO_x), la mer Baltique (depuis le 19 mai 2006) et la mer du Nord (depuis le 22 novembre 2007), et, pour les SO_x et les NO_x, les côtes est et ouest de l'Amérique du Nord (depuis le 1^{er} août 2012) et la portion de la mer des Caraïbes relevant des États-Unis (depuis le 1^{er} janvier 2014).

L'efficacité des normes technologiques et d'émission dépend du niveau de conformité, du caractère abordable et de la mesure dans laquelle les normes reflètent l'impact concret des sources d'émissions. Quant au niveau de conformité, il dépend du niveau de sensibilisation ainsi que des mesures de contrôle et d'application des normes, entre autres facteurs. Toutefois, dans les pays ou territoires de compétence où les pouvoirs publics n'ont pas la capacité nécessaire pour faire appliquer les normes par des inspections et des audits, le respect des normes peut être faible. Même dans les pays où les inspections et les audits perfectionnés sont des pratiques courantes, des entreprises et des particuliers peuvent enfreindre les normes pour obtenir un avantage économique concurrentiel.



Les analyses coûts-avantages telles que celle qu'ont menée Åström *et al.* (2018) donnent un aperçu de la rentabilité et des effets distributifs de la fixation de normes, tant pour les évaluations *ex ante* que pour les évaluations *ex post*.

Enfin, l'utilisation de combustibles solides, y compris la biomasse, dans les chaudières résidentielles attire de plus en plus l'attention ces derniers temps, car d'autres secteurs clés ont été réglementés au cours des dernières décennies. Par exemple, la Commission européenne a établi des normes de rendement pour les appareils de chauffage à combustible solide d'une puissance calorifique nominale de 50 kW ou moins qui, pour la plupart, n'étaient pas encore réglementés et qui peuvent contribuer aux problèmes locaux de qualité de l'air en raison des émissions de NO_x et de matières particulaires de diamètre égal ou inférieur à 2,5 µm (MP_{2,5}) (Union européenne, 2015). De même, la Directive européenne sur l'écoconception (2009/125/CE) établit un cadre pour la fixation d'exigences d'écoconception applicables aux produits liés à l'énergie, aux appareils ménagers et aux technologies de l'information et de la communication.

L'étude de cas suivante illustre l'efficacité des normes d'émission prenant la forme d'un système d'approbation des types par l'exemple des normes d'émission des véhicules Euro 6, la différence entre la façon de mesurer la conformité et la performance réelle, et

les efforts déployés par certaines entreprises pour contrecarrer les tests de conformité.

Étude de cas : les émissions excessives de diesel en Europe

Depuis les années 1970, le principal mécanisme de régulation des émissions de polluants atmosphériques des véhicules en Europe est une politique de réglementation contraignante, qui a progressivement fixé des normes de plus en plus strictes applicables aux émissions de polluants atmosphériques et de GES (depuis 2009). Une série de directives, les « normes Euro », définissent les limites acceptables pour les émissions d'échappement des nouveaux véhicules routiers vendus dans l'UE. Les normes Euro, à commencer par la norme Euro I entrée en vigueur en 1993, font l'objet de modifications périodiques. La plus récente version, la norme Euro VI, applicable aux véhicules de tourisme et utilitaires légers, est entrée en vigueur en 2014 (Règlement [UE] n° 582/2011 de la Commission).

Cette politique a pour objectif de contribuer à la réduction des émissions effectives du transport routier, une source importante d'émissions de GES et de polluants atmosphériques. Cependant, le transport routier permet aux personnes d'accéder à l'emploi, à l'éducation, aux biens et aux services. Les constructeurs de véhicules routiers de l'UE contribuent également à l'économie et à l'emploi. Par conséquent, la politique vise à établir un équilibre entre ces objectifs.

Tableau 12.3 : Résumé des critères d'évaluation – Les émissions excessives de diesel en Europe

Critère	Description	Référence
Succès ou échec	Les normes Euro ont réussi à réduire les émissions de polluants atmosphériques et de GES par unité de déplacement et à baisser les concentrations mesurables de pollution atmosphérique, en particulier à proximité des routes. Toutefois, les réductions réelles sont inférieures aux réductions potentielles mesurées lors d'essais en laboratoire.	AEE, 2015 ; AEE, 2016a ; AEE, 2016b ; AEE, 2017
Indépendance de l'évaluation	Des évaluations indépendantes des progrès globaux ont été réalisées.	
Acteurs clés	Les associations de propriétaires de voitures et de fabricants de véhicules, les ONG, etc. ont été fortement impliquées. Ce long processus a suscité un haut niveau de participation des parties prenantes.	
Données de référence	Des données de référence quantitatives ont été établies et actualisées à chaque modification.	
Délai d'exécution	Les politiques ont été mises en œuvre à temps, mais certaines cibles prévues n'ont pas été atteintes en raison de l'inadéquation du cycle d'essais et des importantes exceptions qui permettaient aux constructeurs de désactiver les technologies de contrôle des émissions dans certaines conditions ambiantes.	
Facteurs contraignants	Les pressions exercées par l'industrie ont entraîné des retards et un affaiblissement de la politique. Dans certains cas, les constructeurs ont contourné les normes en concevant des voitures dont les émissions sont plus faibles lors des essais que sur les routes.	Grice <i>et al.</i> , 2009 ; Guerreiro <i>et al.</i> , 2010, p. 3 ; Hotten, 2015
Facteurs habilitants	La structure de réglementation et de gouvernance européenne était essentielle à la mise en œuvre des politiques. Certains pays ne disposaient pas des ressources nécessaires pour vérifier de manière indépendante les émissions déclarées par les constructeurs. Le fort degré de participation à l'élaboration des politiques a suscité un niveau élevé d'approbation par le public.	
Coût-efficacité	Les coûts et les avantages, y compris les incidences sur la santé, l'agriculture et les écosystèmes, sont soigneusement pris en compte dans le processus d'élaboration des politiques européennes, dans le but de parvenir à un rapport coût-efficacité élevé.	Commission européenne, 2018
Équité	Les impacts peuvent être considérés comme positifs pour tout le monde, mais ils profitent particulièrement aux personnes vivant près des routes, qui sont souvent économiquement défavorisées.	
Avantages connexes	Les normes Euro ont donné l'exemple au monde entier. L'industrie est poussée à innover. L'efficacité énergétique s'est accrue, améliorant la sécurité énergétique et réduisant les émissions de GES. Certaines politiques nationales prévoyant des incitations à l'achat de véhicules diesel ont entraîné des hausses des émissions de dioxyde d'azote (NO ₂). Les subventions octroyées au secteur des transports peuvent compenser la réduction des émissions.	Franco <i>et al.</i> , 2014 ; Commission européenne, 2015 ; AEE, 2015
Effets transfrontières	La pénétration progressive des normes Euro sur le marché international des véhicules d'occasion a contribué à réduire les émissions des véhicules dans des pays n'ayant pas de réglementation similaire.	
Pistes d'amélioration	Réduire les marges d'incertitude technique dans les essais, éliminer les assouplissements des essais et accroître les contrôles des émissions des voitures en circulation.	

L'objectif principal des normes européennes initiales était de réduire les émissions de NO_x, de monoxyde de carbone (CO), de MP_{2,5} et de composés organiques volatils (COV), ainsi que de CO₂ et d'autres polluants, et des modifications subséquentes ont instauré d'autres limites. En outre, les normes Euro de plus en plus strictes exigent des essences et des carburants diesel plus propres (dont la directive 2003/17/CE régit la qualité, par exemple une faible teneur en soufre), ce qui entraîne, par exemple, une baisse des émissions de matières particulaires. Ces règlements ont été motivés principalement par les effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine et, dans une moindre mesure, sur les écosystèmes naturels et semi-naturels, en plus du changement climatique. Ces normes d'émission de plus en plus strictes ont produit des résultats positifs. En effet, elles ont favorisé la mise au point de nouvelles technologies automobiles, qui ont permis de réduire considérablement les émissions des véhicules au cours des dernières décennies en Europe. Par exemple, la dernière norme (Euro VI) applicable aux voitures diesel exige une réduction de près de 97 % des émissions de matières particulaires par rapport à la norme Euro I, qui s'applique aux véhicules de plus de 20 ans.

Les normes Euro ont permis de réduire les émissions de polluants atmosphériques et de GES par unité de déplacement, ainsi que les émissions globales des transports, même si l'activité de transport a augmenté (AEE, 2015, p. 25, 30, 32, 33, 37, 38, 46 ; AEE, 2017, p. 19). Elles ont également entraîné une diminution mesurable des concentrations de pollution atmosphérique, en particulier à proximité des routes (AEE, 2016b, p. 31, 43, 77-79, 82). Toutefois, ces réductions sont en deçà des objectifs énoncés dans la politique, en raison des écarts entre le comportement réel et les émissions dans des conditions d'essais en laboratoire (AEE, 2015, p. 46 ; AEE, 2016a, p. 27-37). Ces écarts ont considérablement augmenté depuis 2000, notamment en ce qui concerne les émissions de CO₂ et de NO_x des voitures diesel, principalement en raison des facteurs suivants :

- i) la procédure d'essai, qui ne reflétait pas les conditions réelles de conduite ;
- ii) les assouplissements des procédures, qui permettaient aux constructeurs d'obtenir des valeurs de consommation de carburant et d'émissions plus faibles pendant les essais ;
- iii) divers facteurs d'utilisation, tels que le style de conduite et les conditions environnementales ;
- iv) l'utilisation de « dispositifs de mise en échec » conçus pour réduire les émissions mesurées lors de l'essai du véhicule en laboratoire, mais pas sur la route.

Il a fallu le scandale du « Dieselgate » en 2015 (Hotten, 2015) pour que la sensibilisation et la volonté politiques soient suffisantes pour modifier le cycle d'essai en laboratoire afin de mieux refléter les émissions réelles (Union européenne, 2016).

Au vu des lacunes des normes mises en œuvre, les cycles d'essai ont été revus et de nouveaux essais d'émissions plus fiables, en situation réelle de conduite, ainsi que des essais en laboratoire améliorés, ont été mis en place pour les nouveaux modèles de voitures vendus en Europe en 2017. En outre, la Commission européenne a présenté en 2018 une nouvelle proposition visant à réduire les marges d'incertitude technique dans les essais, à éliminer les assouplissements en matière d'essais et à multiplier les contrôles des émissions des voitures en circulation.

12.2.3 Les interventions sur le marché

En guise de solution de rechange potentielle à l'imposition de modes de vie et de technologies, les pouvoirs publics peuvent également orienter le mode de vie et les choix en mettant en place des mesures économiques d'incitation (subventions, crédits d'impôt, prêts ou prix garantis) ou de dissuasion (tarifs ou taxes) sur les marchés existants ou en créant de nouveaux marchés pour les droits ou les marchandises qui n'ont pas été échangés (par

exemple, des crédits à la réduction d'émissions ou des crédits d'énergie renouvelable). Tous ces types d'interventions sur le marché ont été mis en œuvre dans une certaine mesure pour atténuer la pollution atmosphérique, le changement climatique et les émissions de SACO ou de substances PBT.

Dans le cadre Forces motrices–Pressions–État–Impact–Réponse (DPSIR) (figure 1.2, chapitre 1), les interventions sur le marché influent sur les « forces motrices » des questions environnementales, qui à leur tour agissent sur les « pressions » et sur l'« état » de l'environnement.

Bien que les interventions sur le marché ne réduisent pas directement les émissions ou les concentrations de fond, elles donnent une certaine souplesse aux personnes et aux entreprises réglementées et peuvent les inciter à améliorer leurs performances et à réduire leurs coûts. Ainsi, une intervention sur le marché bien conçue et ajustée peut produire une réduction des émissions plus efficacement que les approches contraignantes.

Les marchés subissent l'influence de nombreux facteurs qui échappent au contrôle des pouvoirs publics. Par conséquent, les interventions sur le marché doivent être rajustées périodiquement pour refléter l'évolution des conditions. Il est utile d'effectuer ces ajustements dans le contexte d'un régime de planification (voir la section 11.3), pour que l'évolution vers un état souhaité puisse faire l'objet d'une évaluation et d'un suivi.

Dans certains cas, les pouvoirs publics doivent intervenir pour introduire de nouvelles technologies sur un marché donné. Une fois que la technologie est introduite sur le marché et qu'elle a pris pied, par exemple grâce à des subventions ou à des prêts initiaux, elle doit être en mesure de concurrencer d'autres technologies sans aide de l'État. L'étude de cas suivante porte sur la façon dont le Gouvernement du Kenya a aidé à mettre en marché des foyers et combustibles améliorés afin de réduire la pollution de l'air à l'intérieur des habitations.

Étude de cas : les foyers améliorés au Kenya

La pollution atmosphérique à l'intérieur des habitations résultant du recours aux sources de combustibles traditionnelles (le bois, le fumier et le charbon de bois) pour la cuisine est l'un des principaux facteurs contribuant à la charge mondiale de morbidité (Lim *et al.*, 2012 ; Cepeda *et al.*, 2017 ; Landrigan, 2017 ; voir la section 5.2.4). Un éventail de maladies chroniques telles que les cataractes, le cancer du poumon et la bronchite sont associées à la fumée de cuisine, les femmes et les enfants étant les plus touchés (Cepeda *et al.*, 2017). Au-delà de ce qui précède, le carbone noir (un polluant de l'air des habitations) a été identifié comme la deuxième en importance des émissions anthropiques et affecte significativement le climat mondial (Bond *et al.*, 2013 ; Myhre *et al.*, 2013).

Les effets néfastes de la dépendance du monde en développement à l'égard des énergies renouvelables traditionnelles pour la cuisson ont nécessité l'intervention rapide de l'Alliance mondiale pour les foyers améliorés, un partenariat public-privé visant à ouvrir un marché mondial aux solutions de cuisson domestique améliorées, propres et efficaces afin de réduire l'empreinte carbone des foyers traditionnels très polluants. Mise sur pied en 2010, l'Alliance s'est dotée d'un ambitieux programme décennal visant à favoriser l'adoption de foyers et de combustibles propres dans 100 millions de ménages à l'horizon 2020. Elle s'est associée avec des ONG, des fondations, des coopératives de femmes, des associations commerciales, des établissements universitaires, des investisseurs et des entrepreneurs afin d'élargir les marchés des foyers propres. Vu l'utilisation massive de bois de chauffage non transformé, en particulier dans les zones rurales d'Afrique subsaharienne, l'Alliance est opérationnelle dans plusieurs pays de cette région, notamment au Kenya, où 84 % de la population utilise des



combustibles solides pour la cuisson et 16 500 décès par an ont été attribués à l'exposition aux polluants de l'air des habitations (Alliance mondiale pour les foyers améliorés, 2012a).

Le Kenya est le plus avancé des pays d'Afrique subsaharienne pour le développement, la commercialisation et la distribution de foyers améliorés, qui ont vu le jour au cours des années 1980 avec le développement du poêle Kenya Ceramic Jiko (Agence des États-Unis pour le développement international et Winrock International, 2011). Pourtant, en 2007, le taux de pénétration du marché kenyan des foyers était d'environ 36 %, et le taux d'adoption était très faible dans les zones rurales. Depuis lors, l'Alliance a réalisé des percées notables sur le marché kenyan des foyers grâce à son partenariat avec la Clean Cookstoves Association of Kenya (CCAK) afin d'encourager les fonctionnaires à adopter des stimulants à la commercialisation, par exemple en supprimant ou en réduisant au minimum les taxes et les droits de douane qui entravent la croissance du secteur de la cuisson propre. Une réalisation notable a été la réduction des droits d'importation sur les foyers efficaces de 25 à 10 % par le Gouvernement kenyan en 2016. L'Alliance a également octroyé des subventions pour stimuler les efforts de valorisation de la marque et de commercialisation et a apporté un

appui à deux entreprises détenues par des femmes par l'entremise de son fonds pour l'autonomisation des femmes (Women's Empowerment Fund).

En plus de s'avérer bénéfique pour les Kenyans, les crédits carbone associés aux foyers améliorés ont permis à des sociétés internationales de réaliser leurs objectifs de réduction des émissions grâce à l'échange de droits d'émission, qui leur permet d'utiliser des crédits carbone pour se conformer aux obligations de réduction des émissions dans le cadre de systèmes de plafonnement et d'échange ou de programmes de réduction volontaire (Lambe *et al.*, 2015).

Une évaluation de six types de foyers fonctionnant à la biomasse a fait ressortir la nécessité de s'attaquer aux facteurs clés qui contribuent à la réduction des émissions, à savoir : la conception et le rendement des fourneaux, les autres sources potentielles d'émissions, la disponibilité et le coût des fourneaux, la ventilation, ainsi que les stratégies visant à garantir l'adoption et l'utilisation de foyers propres (Pilishvili *et al.*, 2016). Les résultats de l'évaluation ont montré que les foyers à biomasse réduisaient bel et bien les émissions comparativement aux données de référence sur les

Tableau 12.4 : Résumé des critères d'évaluation – Les foyers améliorés au Kenya

Critère	Description	Référence
Succès ou échec	Environ 37 % des ménages (3,5 millions de ménages) utilisent des foyers améliorés à biomasse, tandis que plus de 50 % (environ cinq millions de ménages) utilisent encore des foyers traditionnels alimentés à la biomasse. Entre 240 000 et 300 000 foyers améliorés à biomasse sont vendus à de nouveaux clients chaque année. Le gouvernement kenyan vise à atteindre 50 % du potentiel de réduction (c'est-à-dire environ 2,6 mégatonnes d'équivalent CO ₂ (Mt éq CO ₂)) d'ici à 2030.	Kenya, ministère de l'Énergie, du Pétrole et de l'Énergie durable pour tous, 2016 ; Kenya, ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles, 2017
Indépendance de l'évaluation	Le Fonds vert pour le climat, un mécanisme de financement de la CCNUCC.	
Acteurs clés	Plus de 80 % de la part de marché des foyers améliorés à biomasse est accaparée par les foyers fabriqués de façon artisanale.	Fonds vert pour le climat, 2018
Données de référence	Le projet a démarré en 2010, et dès avril 2016, l'Alliance mondiale pour les foyers améliorés avait déjà vendu environ 251 000 foyers au Kenya.	Natural Capital Partners, 2018
Délai d'exécution	Objectif d'atténuation des émissions de GES de 30 % d'ici à 2030 par rapport au scénario tendanciel de 143 t éq CO ₂ . Sur ce total, les interventions en matière de foyers améliorés à biomasse sont réputées avoir un potentiel de réduction de 5,6 t éq CO ₂ en 2030.	Alliance mondiale pour les foyers améliorés, 2014 ; Fonds vert pour le climat, 2018
Facteurs contraignants	Le sous-développement de la chaîne d'approvisionnement en foyers améliorés à biomasse ; les communautés qui collectent le bois gratuitement ; les coûts et risques associés à l'investissement nécessaire pour couvrir les zones rurales éloignées ; le faible niveau de sensibilisation des consommateurs ; les contraintes réglementaires (droits d'importation, taxes et subventions mal ciblées) ; une capacité limitée d'essai des produits pour faire appliquer les normes ; l'insuffisance des investissements dans l'amélioration des produits.	Alliance mondiale pour les foyers améliorés, 2012b ; Fonds vert pour le climat, 2018
Facteurs habilitants	Le Kenya a supprimé la taxe sur la valeur ajoutée (TVA) de 16 % sur le gaz de pétrole liquéfié, réduit les droits d'importation sur les foyers efficaces de 25 % à 10 % et appliqué une TVA à taux zéro sur les foyers améliorés, les matières premières et leurs accessoires.	Alliance mondiale pour les foyers améliorés, 2016
Coût-efficacité	La conception des foyers n'offre pas tous les avantages des économies de combustible et de la réduction des émissions, et les foyers de qualité supérieure ne se distinguent pas facilement de leurs concurrents.	
Équité	Les ménages du quintile le plus pauvre, les jeunes femmes et les personnes vivant en région éloignée sont moins susceptibles d'adopter et d'installer des foyers améliorés.	Silk <i>et al.</i> , 2012 ; Kapfudzaruwa, Fay et Hart, 2017
Avantages connexes	Amélioration des moyens de subsistance, impacts sociaux (y compris le genre), réduction des co-polluants (dommages causés aux cultures par l'ozone), entre autres.	
Effets transfrontières	Les enseignements tirés peuvent s'appliquer aux autres pays d'Afrique subsaharienne.	
Pistes d'amélioration	Des études de segmentation de la clientèle sont nécessaires pour comprendre les besoins de la clientèle et pour concevoir des produits financiers sur mesure pour les acheteurs. Il faut utiliser les réseaux existants de distribution et de vente en gros de produits autres que les foyers afin d'améliorer l'accessibilité et l'abordabilité de ces produits pour les consommateurs.	Alliance mondiale pour les foyers améliorés, 2013 ; Kenya, ministère de l'Énergie et du Pétrole, 2015

foyers traditionnels à trois pierres. Toutefois, la réduction des émissions n'a pas atteint les seuils permettant de maximiser les avantages pour la santé publique.

Dans l'ensemble, le marché kenyan des foyers améliorés est prometteur, mais une forte intervention politique est nécessaire dans les zones rurales pour accroître le taux d'adoption et d'utilisation des foyers. À l'avenir, on pourrait mieux intégrer la santé humaine à cette politique en définissant clairement les indicateurs de santé d'importance locale et mondiale à surveiller périodiquement pour suivre efficacement les progrès des avantages pour la santé dans l'espace et dans le temps.

12.2.4 Les politiques d'information

En plus d'avoir recours à des mandats réglementaires et à des stimulants à la commercialisation, les pouvoirs publics peuvent parfois se donner pour objectif de soutenir un changement de mode de vie afin de réduire soit les émissions, soit l'exposition à des niveaux nocifs de pollution atmosphérique, en informant mieux le public. Cette stratégie va dans le sens de la compréhension accrue des dangers et des risques de l'exposition à la pollution atmosphérique observée depuis quelques années (Kelly et Fussel, 2015), bien que l'importance de l'éducation du public pour la lutte contre la pollution atmosphérique ait été relevée il y a plus de 50 ans par Auerbach et Flieger (1967). Un exemple d'une telle approche est la production d'observations et de prévisions de la qualité atmosphérique en temps quasi réel. L'affichage en ligne de données sur la qualité de l'air en temps quasi réel est de plus en plus courant dans de nombreux pays et grandes villes du monde entier. Certaines localités fournissent également des prévisions de la qualité de l'air pour le ou les prochains jours. Cette information est souvent reprise dans d'autres sites Web, dans les médias sociaux, les applications pour smartphone, les journaux, la radio locale et la télévision. Ces médias dynamiques peuvent être complétés par des affiches et des brochures éducatives. L'objectif de la production de cette information est d'encourager les citoyens à changer leur mode de vie afin de réduire :

- ❖ leur exposition à la pollution et, par conséquent, le risque d'effets néfastes sur la santé (par exemple, éviter de faire de l'exercice à l'extérieur ou, pour les personnes particulièrement vulnérables, rester à l'intérieur des habitations, lorsque les concentrations atteignent leur maximum ;
- ❖ leurs émissions (par exemple, utiliser les transports en commun plutôt que les modes de transport individuel, ou éviter de brûler du bois ou d'autres formes de biomasse lorsqu'un épisode de pollution est prévu).

Les prévisions et les valeurs en temps réel de la qualité de l'air peuvent compléter d'autres politiques de lutte contre la pollution atmosphérique. Par exemple, certaines localités des États-Unis imposent des restrictions sur la combustion de bois lorsqu'une alerte d'épisode de pollution a été émise, tandis qu'en Europe, plusieurs grandes villes, comme Paris, ont émis des restrictions sur l'utilisation des voitures particulières lors d'épisodes de concentration élevée de polluants ces dernières années. Lors d'épisodes particulièrement graves, les pouvoirs publics peuvent fermer des usines et annuler d'autres activités non essentielles. En Chine, plusieurs villes interdisent la circulation des camions et des autres véhicules à fortes émissions pendant la journée afin de gérer la qualité de l'air.

L'étiquetage et la stratégie de marque sont d'autres exemples d'informations destinées à guider les comportements. Dans ce contexte, l'étiquetage consiste à fournir des informations concernant les impacts environnementaux d'un produit, telles ses émissions relatives ou sa consommation d'énergie, afin d'éclairer les choix des consommateurs. Ces étiquettes peuvent être exigées par une réglementation gouvernementale (aux États-Unis, par exemple, une estimation des émissions et de la consommation

de carburant doit figurer sur les étiquettes des nouvelles voitures) ou fournies volontairement par le fabricant. Quant à la stratégie de marque, elle consiste à associer un logo ou un symbole à un produit ou un service afin d'indiquer aux consommateurs que celui-ci répond à certains critères de performance environnementale (par exemple, Energy Star). Ces marques établies par des gouvernements, des associations industrielles ou des groupes de défense du public dans le cadre de programmes volontaires impliquent souvent des tests indépendants.

Ces approches doivent atteindre un seuil de sensibilisation et de reconnaissance au sein de leur population cible pour produire un effet notable sur les pressions environnementales (la consommation et d'autres comportements générateurs d'émissions) et les impacts (les comportements liés à l'exposition). Toutefois, une fois le seuil atteint, les citoyens et les consommateurs commenceront peut-être à s'attendre à recevoir de telles informations et à les exiger. En outre, une sensibilisation accrue aux sources et aux effets de la pollution peut amener le public à exiger davantage un air plus pur, des produits et des services à faible taux d'émissions et des politiques plus strictes.

L'accès à l'information favorise également l'innovation. Par le passé, la plupart des informations sur la qualité de l'air ambiant provenaient d'organismes de réglementation. La curiosité du public quant à la qualité de l'air ambiant et à ses liens avec la santé humaine a fait émerger un nouveau marché de contrôleurs de la qualité de l'air indépendants de la réglementation, qui fournissent les mêmes informations que les contrôleurs réglementaires, à moindre coût. Si la qualité des données produites par les capteurs de qualité de l'air (souvent désignés comme étant « à faible coût ») pour la production participative de l'information sur la qualité de l'air est parfois sujette à caution (Lewis et Edwards, 2016 ; Thompson, 2016), il ne faut pas sous-estimer l'effet mobilisateur qu'a sur les citoyens la possibilité de s'approprier les données environnementales (voir la section 25.2). La société dispose ainsi d'informations et le public peut prendre des décisions éclairées sur le meilleur moment pour sortir et passer du temps dehors. En outre, cette appropriation est soutenue par des activités visant à rendre les informations sur la qualité de l'air ouvertement disponibles et faciles d'accès, par exemple par le biais de l'initiative OpenAQ (<https://openaq.org>), qui vise à « faciliter une activité scientifique impossible auparavant, à influencer sur les politiques et à donner au public des moyens de lutter contre la pollution atmosphérique grâce à des données ouvertes, à des outils à accès libre et à la coopération ».

Le besoin d'informations supplémentaires a conduit à la création d'organisations privées ainsi que d'agences de réglementation chargées d'expérimenter de nouvelles façons de produire des données mieux adaptées à la consommation. L'expérimentation en vue d'une expansion est faisable, et les organes de réglementation disposent d'une marge de manœuvre pour intervenir et approuver les technologies émergentes en vue d'une expansion ultérieure.

Grâce à l'adoption généralisée du smartphone et des applications ouvertes, ces informations sont désormais accessibles à tous, en plus des canaux de diffusion traditionnels. L'utilisation généralisée des applications mobiles accroît rapidement la sensibilisation des citoyens et leur accès à l'information. En conséquence, le public génère une demande de changement. La disponibilité d'informations ciblées permet aux particuliers de mieux se préparer et de gérer les risques sanitaires en réponse aux dangers environnementaux, comme l'illustrent, par exemple, le système d'information Know and Respond en Écosse, ou les prévisions de pollution atmosphérique à la grandeur du Royaume-Uni (Royaume-Uni, ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales, 2018). Le système Know and Respond est un service offert gratuitement en Écosse, qui envoie aux abonnés un message d'alerte si l'on prévoit que le niveau de pollution de l'air sera modéré, élevé ou très élevé dans leur région (Air Quality in Scotland, 2018).



Étude de cas : les données et prévisions en temps réel sur la qualité de l'air d'AirNow

En 1995, l'American Lung Association of Maryland, un groupe de pression non gouvernemental, a amorcé la création d'une carte quotidienne des observations de l'ozone à partir des moniteurs exploités par l'État du Maryland (aux États-Unis, l'exploitation des stations de surveillance de la qualité de l'air relève des gouvernements des États et des administrations locales). En 1997, les cartes quotidiennes de l'ozone ont été étendues à 14 États du Nord-Est. En 1998, l'EPA a pris en charge l'exploitation du système central de données, ajouté sept autres États et baptisé le système AirNow (<http://airnow.gov/>).

Au cours des dix années qui ont suivi, AirNow s'est développé à mesure que les États et agences locales lui fournissaient leurs données. Dès 2008, les agences des 50 États des États-Unis, de quatre provinces et du gouvernement fédéral du Canada ainsi que de deux États du Mexique soumettaient des données. Au fil du temps, le système de données et la livraison des produits se sont progressivement améliorés, en expérimentant de nouveaux produits et services. En 2009, l'architecture du système et les outils logiciels ont été remaniés pour permettre le déploiement du logiciel dans différents contextes. Le nouveau logiciel, baptisé AirNow-International, a été déployé à Shanghai, en Chine, pour l'Exposition mondiale de 2010, et à Monterrey, au Mexique, en 2012.

AirNow collecte et distribue actuellement des observations et prévisions provenant de plus de 130 agences fédérales,

étatiques et locales. Les données des États-Unis sont fournies au public et aux médias sous la forme d'un indice de la qualité de l'air, une échelle chromocodée et numérique basée sur les normes nationales de qualité de l'air ambiant en vigueur aux États-Unis. Une interface de programmation d'applications a ouvert le système de données aux applications pour smartphone, qui sont en pleine expansion. AirNow-International a élargi sa portée géographique, et le Département d'État des États-Unis a commencé à fournir des observations sur la qualité de l'air à partir de certains consulats et ambassades des États-Unis à l'étranger.

En tant que politique d'information, le programme AirNow de l'EPA constitue un exemple de programme à faible coût, mais offrant un grand avantage. En s'appuyant sur des structures existantes telles que les réseaux de surveillance et les agences étatiques ou locales de surveillance de la qualité de l'air, ce programme tire parti des infrastructures d'une nouvelle manière. Le principal avantage de cette politique d'information tient au fait qu'elle aide les particuliers à réduire ou éviter leur exposition à des niveaux élevés de pollution. Des informations en temps opportun encouragent les citoyens à prendre des mesures d'atténuation afin de réduire leur apport à la pollution. En outre, la production d'informations crée une prise de conscience de la pollution atmosphérique, une demande d'air plus pur et une meilleure acceptation d'autres politiques réglementaires et commerciales visant à réduire la pollution. Bien qu'il n'existe aucune évaluation officielle du programme, diverses études montrent que l'information sur la qualité de l'air a une incidence sur la sensibilisation et le mode de vie.

Tableau 12.5 : Résumé des critères d'évaluation – Les données et prévisions en temps réel sur la qualité de l'air d'AirNow

Critère	Évaluation	Référence
Succès ou échec	Des études ont démontré une sensibilisation accrue grâce aux alertes, mais les changements de mode de vie (baisse de l'utilisation de l'automobile ou de la consommation d'énergie) sont plus difficiles à quantifier.	Blanken, Dillon et Wisman, 2001 ; Henry et Gordon, 2003 ; Mansfield et Corey, 2003 ; Kansas, ministère de la Santé et de l'Environnement, 2006 ; Mansfield, Johnson et von Houtven, 2006 ; McDermott, Srivastava et Croskell, 2006 ; Semenza <i>et al.</i> , 2008 ; Mansfield, Sinha et Henrion, 2009 ; Neidell, 2008
Indépendance de l'évaluation	Diverses études.	
Acteurs clés	Administrations nationales, étatiques, provinciales et locales.	
Données de référence	Variation selon le territoire.	
Délai d'exécution	Entre 1995 et 2008, le système est passé d'un effort d'un seul État à un système impliquant des organismes de l'ensemble des 50 États des États-Unis, de quatre provinces et du gouvernement fédéral du Canada, et de deux États du Mexique. Actuellement, plus de 130 agences fédérales, étatiques et locales participent à cette initiative.	
Facteurs contraignants	L'information sur la qualité de l'air peut provoquer de l'anxiété quant aux effets potentiels sur la santé et encourager certaines personnes à demander des soins médicaux sans raison. De même, la mise à disposition gratuite de l'information peut donner lieu à diverses utilisations qui n'avaient pas été envisagées lors de la création du système. Les politiques et attitudes concernant la transparence et l'ouverture des données peuvent constituer des contraintes importantes.	
Facteurs habilitants	Une infrastructure de surveillance efficace de la qualité de l'air et un programme de collecte et de diffusion des données sont des conditions préalables.	
Coût-efficacité	Les coûts supplémentaires de la gestion et de la diffusion des données sont faibles par rapport aux coûts de l'activité de suivi et à la valeur de la couverture médiatique.	
Équité	L'accès à l'information sur la qualité de l'air n'est pas uniforme. Les personnes peu instruites ou sans accès à Internet risquent d'être exclues.	
Avantages connexes	Accroît la demande de qualité de l'air et l'acceptation des politiques de gestion de la qualité de l'air.	
Effets transfrontières	Le programme se développe à l'international sous les auspices du Groupe sur l'observation de la Terre.	
Pistes d'amélioration	À mesure que l'accès à divers types d'information s'élargit, les attentes en matière d'accès à l'information sur la qualité de l'air augmentent également.	



12.2.5 La coopération internationale

Nul ne peut vivre sans air, et la qualité de l'air est indispensable. Cependant, 90 % de la population mondiale est désormais contrainte de vivre dans un air malsain, en particulier en Asie et en Afrique (OMS, 2018). La pollution atmosphérique et les substances PBT sont particulièrement préoccupantes, dans la mesure où elles se déplacent à l'échelle locale, internationale, régionale et mondiale. La coopération internationale joue un rôle important lorsque la pollution de l'air traverse les frontières où il faut s'y attaquer par-delà les frontières.

La coopération internationale peut revêtir des formes multiples : diplomatie officielle ou informelle, bilatérale ou multilatérale. Les gouvernements sont des acteurs clés à qui il incombe d'harmoniser leurs actions – de négocier et de conclure des accords multilatéraux sur l'environnement (AME) dans un enchevêtrement d'intérêts nationaux, de fournir une assistance internationale, de mener des activités de renforcement des capacités ou d'assistance technique dans le cadre d'un accord ou au-delà de celui-ci, de surveiller et modéliser la pollution atmosphérique en vue d'améliorer les connaissances scientifiques avec l'aide d'une communauté d'experts, de communiquer des informations au public, de faire de la sensibilisation et de multiplier les efforts volontaires de coopération en vue de réduire la pollution atmosphérique. Les activités de formation officielle, de démonstration de technologies et de recherche et d'évaluation concertées offrent des possibilités plus efficaces d'échanger des connaissances et de renforcer les capacités. Ces activités peuvent exercer une très forte influence à long terme sur les effets environnementaux, mais leur impact immédiat est difficile à quantifier. Les administrations locales sont des acteurs majeurs de la mise en œuvre des politiques environnementales nationales. La coopération des entreprises et de l'industrie est essentielle pour accroître l'efficacité des politiques. Des progrès considérables ont été réalisés en matière de coopération stratégique, de contrôle et d'établissement de rapports sur les émissions et de restauration des écosystèmes dans le cadre des huit protocoles juridiquement contraignants de la CPATLD. L'application du concept de seuil critique axé sur les effets avec une minimisation régionale du coût des mesures d'atténuation fondées sur la science, tant techniques que structurelles, a offert aux pays participants un moyen perfectionné, mais efficace d'aller de l'avant.

Une approche relativement récente de la coopération internationale sur les questions liées à l'air a consisté à élaborer des initiatives public-privé, telles que le Partenariat pour des carburants et des véhicules propres, l'Alliance mondiale pour les foyers améliorés (voir la section 12.2.3), l'Alliance mondiale de recherche sur les gaz à effet de serre en agriculture et la Coalition pour le climat et l'air pur visant à réduire les polluants de courte durée de vie ayant un effet sur le climat (CCAP). Ces initiatives rassemblent des gouvernements nationaux, des organisations intergouvernementales, des entreprises du secteur privé, des organisations de la société civile et des fondations philanthropiques qui s'intéressent à la promotion d'efforts spécifiques d'atténuation de la pollution. Par exemple, la CCAP a été fondée en 2012 par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et les gouvernements du Bangladesh, du Canada, du Ghana, du Mexique, de la Suède et des États-Unis, afin de catalyser les mesures visant à réduire les émissions de carbone noir, de méthane et d'hydrofluorocarbures. La CCAP compte désormais plus de 100 organisations partenaires étatiques et non étatiques, qui participent à 11 initiatives différentes. Cette large adhésion pourrait contribuer à l'adoption de combustibles et de technologies plus propres dans les foyers de trois milliards de personnes vulnérables souffrant de la pollution de l'air à l'intérieur des habitations (Apte et Salvi, 2016).

Les institutions financières internationales telles que la Banque mondiale, la Banque asiatique de développement, la Banque africaine de développement, le Fonds pour l'environnement mondial et le Fonds vert pour le climat jouent un rôle important dans le financement des projets. L'aide financière et la mise en œuvre concertée des mesures de contrôle peuvent avoir un impact clair et démontrable sur la baisse des émissions à court terme, mais les effets à long terme pourraient être beaucoup plus importants si les mesures de contrôle sont reproduites.

Les organisations régionales peuvent fonctionner de deux façons. D'une part, une organisation telle que l'UE peut jouer le rôle principal dans les négociations en tant qu'acteur mondial et un rôle croissant dans la politique environnementale ; d'autre part, un regroupement comme l'Association des nations de l'Asie du Sud-Est (ASEAN) fonctionne comme un forum international. Ces deux modes offrent des occasions de créer des programmes régionaux, d'acquérir des connaissances et de nouvelles perspectives, d'échanger des informations et de discuter de problèmes communs. Les secrétariats des traités pourraient influencer sur le processus de négociation entre les États dans le cadre des accords. Les groupes d'intérêts communs, les alliances et les amis des présidents pourraient également diriger, médier ou ralentir les négociations. Certains de ces processus de coopération pourraient également être activés par des ONG de l'environnement, par des partis et citoyens écologistes, ainsi que par des organisations internationales telles que l'OMS, l'Organisation mondiale de la météorologie (OMM), l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), l'AIE, l'Organisation maritime internationale (OMI), l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et le PNUE, en aidant à établir le plan d'action environnemental, en recentrant les plans environnementaux ou en fournissant des ressources pour la coopération internationale.

Comme il a été présenté dans la section 5.5, les AME mondiaux qui ont des liens avec la pollution atmosphérique sont ceux qui visent le changement climatique (CCNUCC), l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique (Convention de Vienne et Protocole de Montréal), le mercure (Convention de Minamata) et les polluants organiques persistants (Convention de Stockholm). Bien qu'il n'existe pas de convention mondiale sur la pollution atmosphérique, il existe plusieurs AME régionaux et des accords bilatéraux. L'un des plus anciens AME régionaux est la CPATLD de 1979, négociée sous les auspices de la CEE-ONU. Des progrès considérables ont été accomplis en matière de coopération politique, de suivi et modélisation, de contrôle et notification des émissions et de restauration des écosystèmes dans le cadre des huit protocoles juridiquement contraignants de la CPATLD.

Il est difficile d'évaluer l'impact des accords internationaux. On peut évaluer le respect des engagements juridiques, mais il n'est pas toujours évident de savoir si les réductions d'émissions observées résultent d'un accord international ou si elles se seraient produites en l'absence de cet accord. De même, une conformité parfaite peut indiquer que les cibles sont peu ambitieuses et ne nécessitent guère plus qu'un effort de maintien du statu quo.

Aucun des AME susmentionnés ne dispose d'un mécanisme international d'application efficace. Selon les lois du pays, un gouvernement national peut être poursuivi en justice dans son propre pays pour ne pas avoir respecté ses traités internationaux. Cependant, ce genre d'action est rare, et le respect des engagements internationaux repose essentiellement sur la pression diplomatique ou celle des pairs.

L'étude de cas suivante porte sur les progrès réalisés dans le cadre de l'accord régional sur les nuages de pollution transfrontières négocié sous l'égide de l'ASEAN en 2002. Cette étude de cas fournit des enseignements précieux sur les défis auxquels se heurte la coopération internationale.



Étude de cas : l'Accord de l'ASEAN sur les nuages de pollution transfrontières

La brume sèche – ou brumasse de fumée – est synonyme de pollution de l'air par les terres, les feux de terre et de forêt et l'incinération de déchets agricoles par les populations rurales. Les nuages de pollution transfrontières sont une forme de pollution par la brume dont l'origine physique se situe, en totalité ou en partie, dans une zone relevant de la compétence nationale d'un pays et qui est transportée dans une zone relevant de la

compétence d'un autre pays (Accord de l'ASEAN sur les nuages de pollution transfrontières). Les pires épisodes de brume sèche se produisent les années où agissent simultanément les anomalies climatologiques d'El Niño – Oscillation australe et du dipôle de l'océan Indien. L'événement de brume sèche le plus grave survenu en 2015 a été causé en partie par la sécheresse déclenchée par ces deux anomalies dans la région, en particulier sur les îles indonésiennes de Sumatra et de Kalimantan (Koplitz *et al.*, 2016).

Tableau 12.6 : Résumé des critères d'évaluation – L'Accord de l'ASEAN sur les nuages de pollution transfrontières

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Opinions mitigées sur l'efficacité et la réalisation des objectifs.	
Indépendance de l'évaluation	Absence de consensus dans les évaluations.	
Acteurs clés	Les gouvernements, le Secrétariat de l'ASEAN et ses agences, les ONG, les gouvernements étrangers, les industries et les organisations internationales et régionales.	
Données de référence	L'Accord ne fournit pas de données de référence précises.	
Délai d'exécution	L'Accord devrait rester en vigueur à perpétuité, avec la participation active de tous les États membres de l'ASEAN, l'objectif étant de parvenir à une ASEAN sans brume sèche d'ici à 2020.	Haze Action Online, 2018
Facteurs contraignants	L'exploitation forestière et le défrichement des terres par brûlis créent des emplois pour les personnes les moins nanties, le nombre d'emplois dans les autres secteurs étant limité. Les industries du palmier à huile et du bois à pâte ont donc largement prospéré face à une faible application de la loi par les autorités locales. Après le défrichage par brûlis pour faire place à des plantations, des feux de tourbe ont tendance à couver sous terre pendant des semaines, même après que les feux de surface ont été complètement éteints.	
Facteurs habilitants	De 2007 à 2011, Singapour a collaboré avec la ville de Jambi, en Indonésie, pour la mise en œuvre de programmes d'action visant à prévenir et atténuer les feux de terre et de forêt. La Malaisie a coopéré avec une ONG, le Global Environmental Centre, afin de réduire les risques liés aux feux de tourbière. Le projet d'ensemencement des nuages de 2005 à Riau et au Kalimantan occidental mené par l'Indonésie, la Malaisie et Singapour est un signe de coopération. Un partenariat environnemental entre Singapour et l'Indonésie de 2009 à 2011 permet la gestion et l'extinction des feux à Riau. Les arrangements et collaborations interinstitutionnels ont été d'importants facteurs habilitants, tout comme la volonté des Parties de commencer à agir avant même la ratification de l'Accord par l'Indonésie. Les programmes d'amélioration de la gestion des tourbières et de lutte contre la pollution par les nuages de brume ont été bien accueillis par les États membres.	Haze Action Online, 2017
Coût-efficacité	Le projet des forêts de tourbières de l'ASEAN 2010-2014 a coûté 5,9 millions de \$-U. Il a permis d'intensifier la gestion et la réhabilitation de sites critiques aux Philippines et au Vietnam. Le coût de la lutte contre la brume sèche indonésienne est estimé à 5,7 milliards de dollars \$-U. et un autre programme de lutte contre les feux de forêt est estimé à 1,2 milliard de dollars \$-U. mais ce montant n'intègre pas les pertes dues à l'incendie des tourbières, que la Banque mondiale évalue à 16 milliards de dollars \$-U. rien que pour les feux de 2015.	Banque mondiale, 2016 ; Nazeer et Furuoka, 2017 ; Hans, 2018
Équité	La brume sèche est la cause de difficultés respiratoires et d'autres maladies, en particulier chez les enfants et les personnes démunies.	Malaysian Nature Society Science and Conservation Unit, 1997 ; Gordon, Mackay et Rehfuess, 2004
Avantages connexes	La brume occasionne des impacts connexes tels que des émissions de CO ₂ , la perte de faune, de flore et d'avantages potentiels de la préservation de la nature et de la biodiversité ; les impacts ont notamment des liens avec les ODD 3, 11 et 12. La stratégie de gestion des tourbières de l'ASEAN et le projet d'évaluation environnementale stratégique sur la tourbe contribuent à l'atténuation du changement climatique (2006-2020). L'Accord est pertinent pour la réalisation des cibles nationales de qualité de l'air. Par exemple, à Singapour, où des cibles pour 2020 ont été adoptées, la gestion efficace des tourbières et la lutte contre la pollution par la brume sèche dans les pays voisins ont un impact direct sur la qualité de l'air.	Partenariat Asie-Pacifique pour la pureté de l'air [APCAP], 2015, p. 2 ; Fonds mondial pour la nature, 2018
Effets transfrontières	La fumée résultant des feux de forêt et de la combustion de déchets agricoles se déplace vers d'autres pays, où elle a des effets négatifs.	
Améliorations possibles	Élaboration d'une politique de brûlage zéro, réalisation de la vision communautaire de l'ASEAN 2025, renforcement de la volonté politique de poursuivre la coopération ; possibilité de tirer un avantage potentiel de la collaboration avec d'autres initiatives telles que le Réseau de surveillance des dépôts acides en Asie orientale, la CCAP et l'Asian Co-benefits Partnership.	

La brume sèche est un enjeu sanitaire qui aggrave les affections cardiaques et pulmonaires existantes (OMS, 2016). Elle a causé des infections respiratoires aiguës chez plus de 500 000 personnes et 19 décès en 2015. Son coût économique, estimé à 16 milliards de dollars É.-U., affecte les secteurs du transport (372 milliards de dollars É.-U.), du tourisme (399 milliards de dollars É.-U.), du commerce (1,3 milliards de dollars É.-U.), de la fabrication et des mines, et de l'éducation de masse (Banque mondiale, 2016, p. 1-2 et 4-8). Les émissions provenant de la combustion de tourbières contenaient 90 gaz ayant des niveaux de toxicité élevés tels le formaldéhyde, l'acroléine, le benzène, le monoxyde de carbone et le dioxyde d'azote (Stockwell *et al.*, 2016).

Le premier épisode grave de brume sèche, survenu en 1997-1998, a nécessité une action régionale. À la suite de l'évaluation des dommages majeurs effectuée par la Banque asiatique de développement (Qadri, 2001), l'Accord de l'ASEAN sur les nuages de pollution transfrontières a été adopté en 2002 et est entré en vigueur en 2003 (Haze Action Online, 2018 ; PNUE, 2010).

L'Accord tente de modifier les modalités de gouvernance en vue d'éliminer la brume sèche dans la région de l'ASEAN par la prévention et le suivi de la pollution transfrontalière par la brume sèche et par l'atténuation des feux de terre et de forêt grâce à des efforts nationaux concertés et une coopération régionale et internationale intensifiée (Accord de l'ASEAN sur les nuages de pollution transfrontières). Le Centre météorologique spécialisé de l'ASEAN a reçu le mandat, à titre de centre régional, de surveiller et d'évaluer les conditions météorologiques et le phénomène de la brumasse de fumée et de lancer des alertes précoces lors de l'apparition de nuages de pollution transfrontières. Le Service météorologique de la Malaisie fournit des informations sur les risques d'incendie au moyen d'un système d'évaluation des dangers d'incendie. Des centres nationaux de surveillance sont désignés dans chaque pays pour assurer le suivi de la situation des incendies et de la brume sèche à l'échelon local (Velasco et Rastan, 2015).

Les avis sont partagés quant à l'efficacité de l'Accord à réaliser ses objectifs. En 2003, celui-ci est devenu le premier accord régional sur l'environnement dans le cadre de l'ASEAN à entrer en vigueur, mais il n'a été ratifié par tous les pays de l'ASEAN qu'en 2014. Des activités de coopération internationale et des politiques nationales ont été lancées après l'entrée en vigueur de l'Accord, mais d'importants épisodes de brume sèche ont continué à se produire, notamment en 2013 et 2015. À l'instar de nombreux AME, l'Accord ne prévoit aucune sanction en cas de manquement aux obligations stipulées.

Certains progrès ont été observés depuis 2015. Le Brunei a mis au point son propre système de prévision des nuages de pollution

transfrontières. Singapour a promulgué une loi visant à renforcer la capacité du pays à faire face aux nuages de pollution transfrontières en tenant les sociétés responsables de la pollution par la brume sèche à Singapour causée par des activités menées à l'intérieur ou à l'extérieur de Singapour. L'Indonésie a pris un règlement sur la protection des forêts primaires et des tourbières, en s'appuyant sur un moratoire sur les nouvelles concessions instauré en 2011. Cette politique devrait permettre d'éviter 7,8 Gt d'émissions de CO₂ d'ici à 2030 (République d'Indonésie, 2015, p. 5-6).

Les activités menées dans le cadre de l'Accord peuvent également appuyer d'autres formes de coopération dans la région, notamment la coordination des réseaux de surveillance, par exemple dans le cadre de l'APCAP, qui regroupe l'Accord de l'ASEAN sur les nuages de pollution transfrontières, la Déclaration de Malé, le Réseau de surveillance des dépôts acides en Asie orientale et les initiatives sur le « nuage brun atmosphérique ».

12.3 Les indicateurs

Comme on l'a vu au chapitre 5, le changement atmosphérique (y compris la pollution atmosphérique, le changement climatique, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique et la pollution par les substances PBT) a des liens directs ou indirects avec chacun des ODD (figure 5.2). Ces questions sont également abordées dans un ensemble d'AME mondiaux et régionaux, ainsi que dans des politiques nationales, provinciales et municipales. Afin d'évaluer l'efficacité ou la suffisance d'une politique ou d'un train de mesures, il est essentiel de disposer d'indicateurs mesurables. Idéalement, ces indicateurs devraient être sensibles aux changements d'intérêt des politiques, mais pas aux autres facteurs d'influence. Cependant, chaque indicateur doit également se rattacher aux impacts du changement de politique que la société valorise. Ces deux objectifs renvoient aux deux extrémités du cadre DPSIR (figure 1.2) utilisé dans les chapitres précédents, ce qui donne à penser que le choix du meilleur indicateur est souvent un compromis. Ce compromis pourrait être différent selon que l'intention est d'évaluer l'efficacité d'une politique donnée (comme dans les études de cas ci-dessus) ou la suffisance d'une série de politiques (y compris à différentes échelles géographiques).

Dans la présente section, nous décrivons trois indicateurs de changement atmosphérique qui visent à suivre les progrès réalisés en vue de la réalisation des ODD et nous comparons l'adéquation des politiques existantes à l'échelle nationale. Les indicateurs choisis portent sur la pollution atmosphérique, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique et le changement climatique. Les données disponibles sur les émissions et les concentrations de substances PBT ne sont pas suffisantes pour évaluer l'efficacité

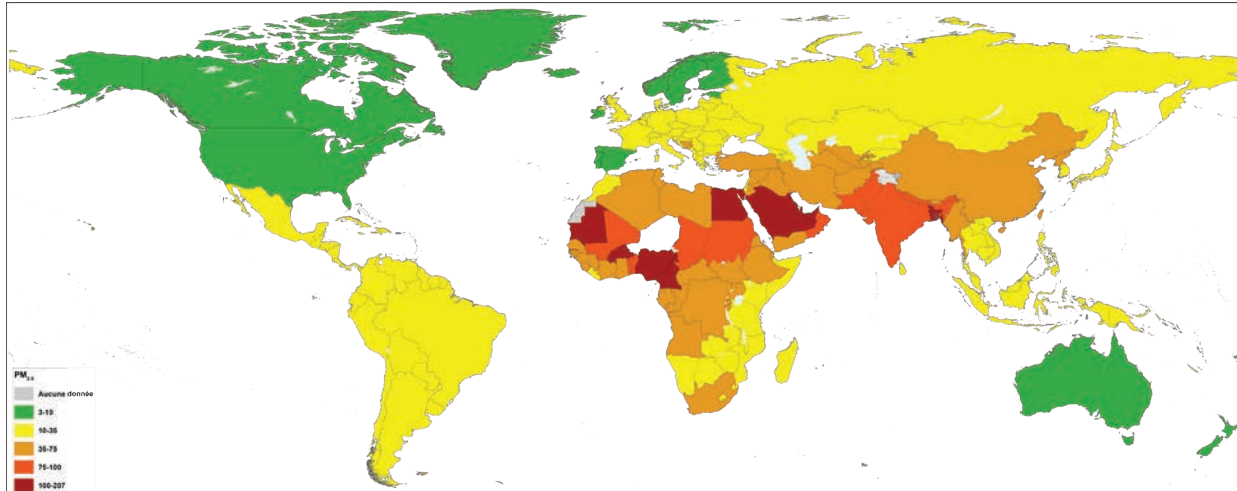


© Shutterstock/Anton Herrington



des politiques à l'échelle mondiale ou nationale.

Figure 12.2 : Concentration moyenne annuelle de $MP_{2,5}$ par pays, pondérée en fonction de la population, 2016



Cette carte combine des données provenant d'observations satellitaires, de moniteurs de surface et d'un modèle de chimie et de transport atmosphérique.

Source : Adapté de Health Effects Institute (2017); Shaddick *et al.* (2018).

12.3.1 Indicateur 1 : Concentration moyenne annuelle de $MP_{2,5}$ pondérée en fonction de la population

Pertinence stratégique et chaîne causale

Les concentrations de $MP_{2,5}$ sont des variables d'état qui sont déterminées par les émissions de polluants, mais également par la météorologie et le climat. Les $MP_{2,5}$ sont émises directement, mais il s'en forme aussi dans l'atmosphère à partir des émissions de gaz précurseurs. Les politiques ont une incidence sur les concentrations de $MP_{2,5}$ en modifiant les émissions et, à long terme, le climat. Les concentrations de $MP_{2,5}$ ont des liens avec l'exposition et les impacts sur la santé humaine, les écosystèmes, la visibilité et le forçage climatique à court terme.

Les concentrations de $MP_{2,5}$ dans l'air ambiant peuvent faire l'objet d'une surveillance au sol ; on peut également les estimer à l'aide d'instruments satellitaires. La meilleure caractérisation de la répartition des concentrations de $MP_{2,5}$ consiste à combiner des informations provenant d'observations au sol, d'observations satellitaires et de modèles informatiques. Le champ de concentration résultant peut être combiné à la répartition de la population pour estimer la moyenne annuelle pondérée en fonction de la population.

L'exposition à des concentrations de $MP_{2,5}$ entraîne divers effets sur la santé humaine, notamment une mortalité prématurée. La pondération de la concentration moyenne selon la répartition de la population crée un indicateur axé sur les concentrations auxquelles les populations sont exposées.

Les émissions de $MP_{2,5}$ et de ses précurseurs proviennent d'une grande variété de sources anthropiques, y compris la production d'électricité, le transport, la combustion provenant des ménages, les procédés industriels et le brûlage agricole. Un large éventail de moyens d'intervention permet de gérer ces sources.

Autres facteurs

Les concentrations de $MP_{2,5}$ dépendent également des conditions météorologiques, des feux de forêt, de la poussière souflée par

le vent et des volcans. Les conditions météorologiques sont sujettes à une importante variabilité interannuelle, à des cycles décennaux et à des tendances à long terme. L'apport des feux de forêt, de la poussière souflée par le vent et des volcans varie également d'une année sur l'autre. Ces influences doivent être prises en compte lorsqu'on attribue les tendances observées à l'impact des politiques de contrôle.

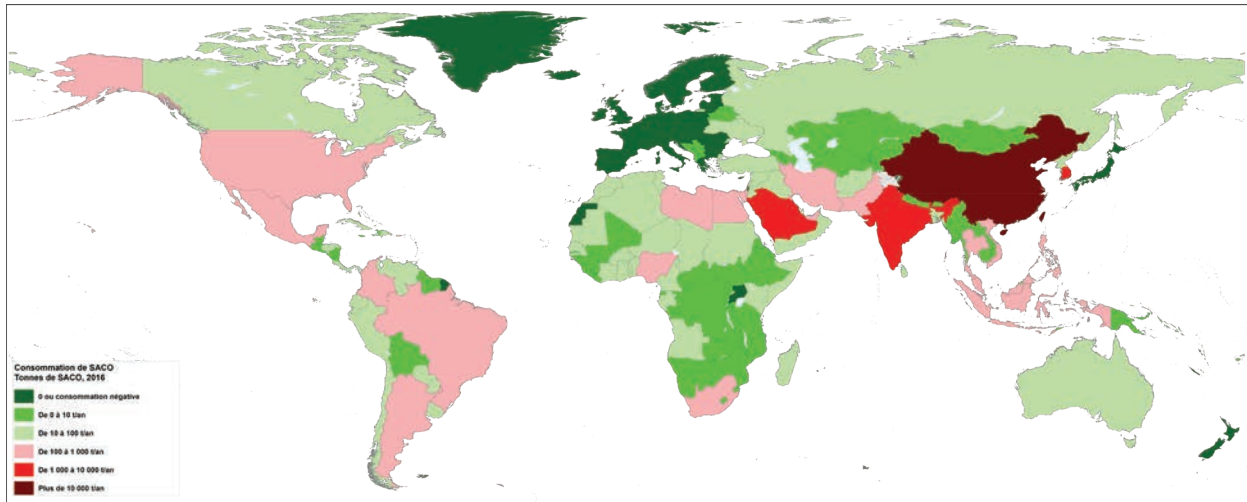
Les tendances observées peuvent être attribuées quantitativement à l'évolution des émissions anthropiques, des émissions naturelles et des phénomènes météorologiques, à l'aide de modèles informatiques de la chimie et de la dynamique de l'atmosphère. Toutefois, l'incertitude des estimations par modélisation peut être aussi grande que l'impact d'un changement de politique.

Autres indicateurs possibles

Les concentrations de $MP_{2,5}$ sont des indicateurs bien acceptés de la pollution atmosphérique. L'OMS a établi une valeur indicative et des cibles intermédiaires pour les concentrations moyennes annuelles maximales de $MP_{2,5}$. Dans le cadre des ODD, la concentration moyenne annuelle de $MP_{2,5}$ et de MP_{10} , pondérée en fonction de la population, a été choisie comme indicateur de progrès vers des villes durables. La pondération des concentrations en fonction de la population exposée met l'accent de l'indicateur sur l'impact global sur la population. Cependant, une moyenne pondérée en fonction de la population peut occulter le nombre de personnes exposées à des niveaux extrêmes de pollution atmosphérique. Ainsi, les concentrations absolues constituent un autre indicateur possible.

Les émissions directes de $MP_{2,5}$ et de ses précurseurs gazeux (notamment le SO_2 , les NO_x et le NH_3) sont des indicateurs de substitution. Les émissions sont plus directement touchées par les changements de politique, mais elles ont des liens plus ténus avec les effets sur la santé. D'après plusieurs sources, la mesure des émissions est impraticable et les estimations sont très incertaines.

Figure 12.3: Consommation de substances appauvrissant la couche d'ozone, en tonnes d'appauvrissement de la couche d'ozone, 2016



Source : PNUE (2017).

Pertinence stratégique et chaîne causale

La fabrication et l'utilisation des SACO entraînent des émissions qui influent sur la concentration d'ozone dans la stratosphère et, par conséquent, sur le niveau de rayonnement ultraviolet (UV) atteignant la surface de la Terre. La hausse de l'exposition aux rayons UV a des effets néfastes sur la santé humaine et les écosystèmes. Les SACO ont un effet d'appauvrissement variable sur l'ozone stratosphérique. On peut mesurer l'efficacité des politiques visant à limiter la fabrication et l'utilisation des SACO à l'aide d'estimations des émissions de SACO pondérées par le potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone (PACO) de chaque composé (2014). Les émissions de SACO pondérées par le PACO sont portées à l'attention du Secrétariat de la Convention de Vienne et du Protocole de Montréal.

Autres facteurs

Les émissions de SACO ont un lien direct avec l'efficacité des politiques visant à stopper leur fabrication, leur utilisation et leur élimination inadéquate.

On peut estimer la relation entre les émissions de SACO, les concentrations d'ozone stratosphérique, l'exposition aux rayons

UV et les effets sanitaires à l'aide de modèles qui tiennent compte de la chimie et de la dynamique de l'atmosphère, des comportements d'exposition et des caractéristiques de la population. On peut évaluer ces estimations du modèle en les comparant aux observations sur les concentrations d'ozone, l'intensité du rayonnement UV et le taux d'incidence des maladies.

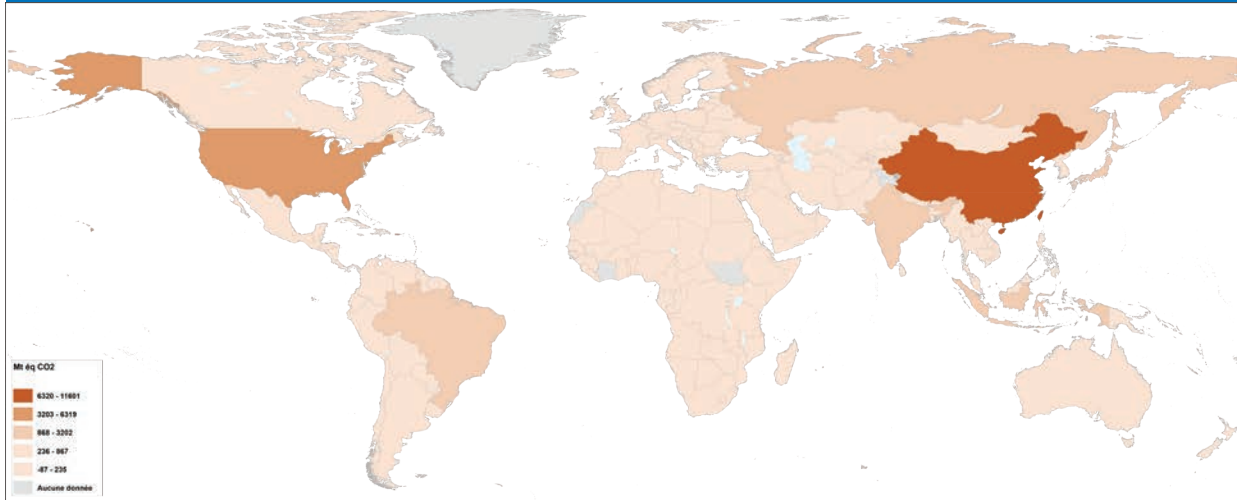
Autres indicateurs possibles

D'autres mesures servent à évaluer le succès des efforts déployés pour protéger l'ozone stratosphérique, notamment la concentration minimale d'ozone stratosphérique observée, les variations d'intensité du rayonnement UV et l'étendue spatiale du « trou » dans la couche d'ozone de l'Antarctique. Ces indicateurs subissent l'influence des politiques relatives aux SACO à long terme, mais également celle de la variabilité interannuelle, des cycles climatiques décennaux et du changement climatique à long terme.

Les émissions de SACO pourraient être comparées par habitant ou par unité de PIB, chacune de ces deux bases impliquant une hypothèse différente sur ce qui constitue une répartition équitable du fardeau des contrôles supplémentaires.



Figure 12.4 : Émissions nationales de GES, y compris les changements d'affectation des terres et les sources et puits forestiers, 2014



Source : Institut des ressources mondiales (2017). Il est à noter que ces données proviennent de plusieurs sources, dont: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2016); AIE (2016); CCNUCC (2017b).

Pertinence pour les politiques et chaîne causale

Le changement climatique à long terme est principalement dû aux émissions de GES, notamment le CO₂, le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O) et les gaz fluorés. L'apport de chacun de ces polluants au changement climatique peut être comparé en termes d'équivalents de dioxyde de carbone (éq CO₂) en utilisant l'indice du potentiel de réchauffement planétaire (PRP), lequel tient compte de la durée de vie de chaque polluant dans l'atmosphère. Les PRP sont calculés pour un horizon temporel précis, 100 ans étant la période la plus courante pour comparer l'impact des GES à longue durée de vie.

Les émissions anthropiques de GES proviennent d'un large éventail de sources, mais elles sont principalement liées à la production et à la consommation d'énergie, au changement d'affectation des terres et à la déforestation. Les différents types de politiques peuvent influencer directement ou indirectement sur les comportements et les technologies de production et de consommation d'énergie et, par conséquent, sur la production des émissions de GES. Les émissions anthropiques sont quantifiées à l'échelle nationale et déclarées à la CCNUCC, ce qui donne un indicateur global de l'efficacité des politiques. Les données sur les émissions annuelles de 1990 à ce jour sont disponibles auprès de la CCNUCC pour les pays industrialisés ou les économies en transition (les Parties à l'annexe I de la Convention). En vertu de l'Accord de Paris, tous les pays sont tenus de soumettre un inventaire d'émissions tous les deux ans.

Autres facteurs

Outre les politiques, les tendances économiques, sociales et technologiques influent aussi sur les émissions de GES anthropiques. Il existe aussi des sources naturelles d'émissions de GES. Les sources naturelles et anthropiques sont toutes deux affectées par la variabilité météorologique et climatique naturelle.

Il est possible d'estimer la relation entre les émissions de GES, le forçage radiatif, le changement climatique et la variabilité du climat, et les impacts en aval sur la santé de l'homme, les écosystèmes et les infrastructures à l'aide de modèles du système terrestre qui doivent tenir compte d'un grand nombre de processus et de rétroactions.

Il est possible de comparer les estimations des émissions de GES aux observations des concentrations de GES provenant de mesures *in situ* et d'instruments satellitaires, bien qu'il soit parfois difficile d'attribuer les petits changements intervenus dans certaines sources anthropiques à des changements dans la répartition observée.

Autres indicateurs possibles

Les émissions de GES à long terme pondérées en fonction du PRP sont des mesures bien acceptées de l'efficacité des politiques du climat dans le cadre de la CCNUCC.

Il existe de longs décalages entre l'évolution des émissions et celle des concentrations atmosphériques, du forçage radiatif ou des variables d'état du climat (températures, précipitations, etc.), ce qui rend ces variables d'état moins utiles pour évaluer l'efficacité des politiques.

On pourrait inclure les émissions de polluants climatiques à courte durée de vie (tels que le carbone noir et les hydrofluorocarbures) dans l'agrégation, et on pourrait utiliser d'autres indices (tels que le potentiel de température globale ou le PRP sur un horizon de 20 ans) pour pondérer l'apport des différents polluants.

On pourrait comparer les émissions de GES par habitant ou par unité de PIB, chacune de ces bases impliquant une hypothèse différente sur ce qui constitue une répartition équitable du fardeau des contrôles supplémentaires.



12.4 Discussion et conclusions

Une grande variété de moyens d'intervention, y compris, mais sans s'y limiter, les régimes de planification, les normes d'émission et technologiques, les interventions sur le marché, l'information du public et la coopération internationale, ont été appliqués aux problèmes de la pollution atmosphérique, du changement climatique, des SACO et des substances PBT. Pour chaque type d'intervention, on peut tirer des enseignements de leurs applications à ces quatre problèmes à différentes échelles géographiques.

Une leçon à retenir est que chaque intervention doit être adaptée à son contexte. Il n'existe pas de modèle de politique universel qui convienne à tous les contextes. Les pays à revenu élevé s'appuient sur des régimes de planification et des approches réglementaires riches en informations, soutenus par la capacité d'application des gouvernements. Ces approches ne sont peut-être pas les plus appropriées pour les contextes où l'information est très lacunaire et où les capacités d'application de la loi font défaut. Dans de tels contextes, les normes volontaires, les interventions sur le marché et l'information du public

peuvent s'avérer plus efficaces pour réduire les émissions et les expositions aux substances nuisibles. Pour améliorer l'efficacité de ces tentatives visant à renforcer le financement de la lutte contre le changement climatique et à réduire la pollution atmosphérique, l'aide au développement jouera un rôle crucial dans le renforcement des capacités et le développement de l'économie verte. Le renforcement des capacités devrait mettre l'accent sur les capacités techniques et de planification aux échelons local et national qui sont les plus pertinentes pour anticiper les effets potentiels du changement climatique et élaborer des réponses stratégiques appropriées. Les mesures relatives à la qualité de l'air doivent être combinées aux mesures touchant le climat et l'énergie, à la politique agricole, à la politique des transports et de l'urbanisme, en mettant l'accent sur l'amélioration de la santé et la biodiversité. Un message clé et un défi consistent à s'assurer que les politiques climatiques n'accroissent pas les risques pour la santé (résultant par exemple de la combustion de la biomasse et du diesel) et que la politique de qualité de l'air soit neutre sur le plan climatique. De même, il est impératif de consolider une approche de gouvernance à plusieurs échelons qui harmonise les mesures internationales, nationales et locales (Maas et Grennfelt, 2016).



Références

- Air Quality in Scotland (2018). *Know & respond - Scotland, the free air pollution alert messaging system*. <http://www.scottishairquality.co.uk/know-and-respond/> (consulté le 4 novembre 2018).
- Apte, K. et Salvia, S. (2016). Household air pollution and its effects on health. *F1000Research* 5(2593). <https://doi.org/10.12688/f1000research.7552.1>
- Asia Pacific Clean Air Partnership (2015). *Asia Pacific Clean Air Partnership: Promoting Better Air Quality in Asia Pacific*. <http://staging.unep.org/documents/APCAP%20Brochure%208%20October%202015.pdf>
- Åström, S., Yaramenka, K., Winnes, H., Fridell, E. et Holland, M. (2018). The costs and benefits of a nitrogen emission control area in the Baltic and North Seas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 59, 223-236. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.014>
- Auerbach, I.L. et Flieger, K. (1967). The importance of public education in air pollution control. *Journal of the Air Pollution Control Association* 17(2), 102-104. <https://doi.org/10.1080/00022470.1967.10468947>
- Blanken, P.D., Dillon, J. et Wismann, G. (2001). The impact of an air quality advisory program on voluntary mobile source air pollution reduction. *Atmospheric Environment* 35(13), 2417-2421. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(00\)00523-9](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(00)00523-9)
- Bond, T.C., Doherty, S.J., Fahey, D.W., Forster, P.M., Bernsten, T., DeAngelo, B.J. et al. (2013). Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. 118(11), 5380-5552. <https://doi.org/10.1002/jgrd.50171>
- Carbon Market Data (2018). *World carbon market database: A unique data platform covering the world's carbon trading markets*. <https://www.carbonmarketdata.com/en/products/world-ets-database/presentation> (consulté le 4 novembre 2018).
- Cepeda, M., Schoufour, J., Freak-Poli, R., Koolhaas, C.M., Dhana, K., Brammer, W.M. et al. (2017). Levels of ambient air pollution according to mode of transport: A systematic review. *The Lancet Public Health* 2(10), e23-e34. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(16\)30021-4](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(16)30021-4)
- European Commission (2015a). *Cost-benefit analysis of the CAFE programme*. <http://ec.europa.eu/environment/archives/cape/activities/cba.htm> (consulté le 4 novembre 2018).
- European Commission (2015b). *Evaluation of Regulations 443/2009 and 510/2011 on CO₂ Emissions from Light-Duty Vehicles: Final Report*. https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/evaluation_ldv_co2_regs_en.pdf
- European Commission (2018a). *EU emissions trading system (EU ETS)*. https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en (consulté le 10 octobre 2018).
- European Commission (2018b). *The industrial emissions directive: Summary of directive 2010/75/EU on industrial emissions (integrated pollution prevention and control)*. <http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/ied/legislation.htm> (consulté le 4 novembre 2018).
- European Environment Agency (2015). *Evaluating 15 Years of Transport and Environmental Policy Integration Term 2015: Transport Indicators Tracking Progress Towards Environmental Targets in Europe*. Copenhagen. <https://www.eea.europa.eu/publications/term-report-2015/download>
- European Environment Agency (2016a). *Air Quality in Europe: 2016 Report*. Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at_download/file
- European Environment Agency (2016b). *Explaining Road Transport Emissions: A Non-Technical Guide*. Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/explaining-road-transport-emissions/at_download/file
- European Environment Agency (2017). *Air quality in Europe: 2017 report*. Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017/at_download/file
- European Union 2015/1185 (2015). Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to Ecodesign Requirements for Solid Fuel Local Space Heaters Union, E., 1-19 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1185&from=EN>
- European Union (2016). Commission Regulation (EU) 2016/427 of 10 March 2016 amending Regulation (EC) No 692/2008 as regards Emissions from Light Passenger and Commercial Vehicles (Euro 6) (Text with EEA relevance). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:3A32016R0427>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *FAOSTAT: Food and Agriculture Data*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Franco, V., Sánchez, F.P., German, J. et Mock, P. (2014). *Real-World Exhaust Emissions from Modern Diesel Cars - A Meta-Analysis of PEMS Emissions Data from EU (Euro 6) and US (Tier 2 Bin 5/ULEV II) Diesel Passenger Cars. Part 1: Aggregated Results*. Berlin: International Council on Clean Transportation. https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_PEMS-study-diesel-cars_20141010.pdf
- Gignac, R. et Matthews, H.D. (2015). Allocating a 2 °C cumulative carbon budget to countries. *Environmental Research Letters* 10(7), 075004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/7/075004>
- Global Alliance for Clean Cookstoves (2012a). *East Africa Regional Analysis*. Washington, D.C: Global Alliance for Clean Cookstoves. <http://cleancookstoves.org/resources/data/RESOURCE/file/000/000/158-1.pdf>
- Global Alliance for Clean Cookstoves (2012b). *Global Alliance for Clean Cookstoves: Kenya Market Assessment. Sector Mapping*. <http://cleancookstoves.org/resources/files/kenya-market-assessment-mapping.pdf>
- Global Alliance for Clean Cookstoves (2013). *Kenya Country Action Plan (CAP) 2013*. <http://cleancookstoves.org/resources/files/kenya-country-action-plan.pdf>
- Global Alliance for Clean Cookstoves (2016). *Kenya: Overview and country statistics*. <http://cleancookstoves.org/country-profiles/focus-countries/4-kenya.html> (consulté le 4 novembre 2018).
- Global Commons Institute (2018). *Contraction and convergence: Climate truth and reconciliation*. http://www.gci.org.uk/endorsements_UK_Climate_Act.html (consulté le 10 octobre 2018).
- Gordon, B.A., Mackay, R. et Rehfuess, E. (2004). *Inheriting the World: The Atlas of Children's Health and the Environment*. Geneva: World Health Organization. <http://www.who.int/ceh/publications/en/atlas.pdf?ua=1>
- Green Climate Fund (2018). *Concept Note: Promotion of Climate-Friendly Cooking: Bangladesh, Kenya and Senegal*. <https://www.greenclimatefund.org/documents/20182/B93456/19770 - Promotion of Climate-Friendly Cooking Bangladesh Kenya and Senegal.pdf>
- Grice, S., Stedman, J., Kent, A., Hobson, M., Norris, J., Abbott, J. et al. (2009). Recent trends and projections of primary NO_x emissions in Europe. *Atmospheric Environment* 43(13), 2154-2167. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.01.019>
- Guerreiro, C., Horálek, J., de Leeuw, F., Hak, C., Nagl, C., Kurfürst, P. et al. (2010). *Status and Trends of NO_x Ambient Concentrations in Europe*. ETC/ACC Technical Paper. Bilthoven: European Topic Centre on Air and Climate Change. https://www.researchgate.net/profile/Cristina_Guerreiro/publication/260600537_Status_and_trends_of_NO2_ambient_concentrations_in_Europe/links/5433a1070cf22395f29e1e57/Status-and-trends-of-NO2-ambient-concentrations-in-Europe.pdf
- Hans, N.J. (2018). *Study on economic loss from Indonesia's peat policies criticized*. Mongabay <https://news.mongabay.com/2018/01/study-on-economic-loss-from-indonesias-peat-policies-criticized/> (consulté le 4 novembre 2018).
- Haze Action Online (2017). *Information on fire and haze*. Association of South East Asian Nations <http://haze.asean.org/%20about-us/information-on-fire-and-haze/> (consulté le 4 novembre 2018).
- Haze Action Online (2018). *Haze hotspot map today*. Association of South East Asian Nations <https://haze.asean.org/> (consulté le 4 novembre 2018).
- Health Effects Institute (2017). *State of Global Air 2017: A Special Report on Global Exposure to Air Pollution and its Disease Burden*. Boston, MA. https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/SoGA2017_report.pdf
- Henry, G.T. et Gordon, C.S. (2003). Driving less for better air: Impacts of a public information campaign. *Journal of Policy Analysis and Management* 22(1), 45-63. <https://doi.org/10.1002/pam.10095>
- Hotten, R. (2015). Volkswagen: The scandal explained. British Broadcasting Corporation <https://www.bbc.com/news/business-34324772>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Pachauri, R.K., Meyer, L.A. Geneva. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf
- International Energy Agency (2016). *CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2016*. Paris. https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/co2_fuel_2016-en.pdf?expires=1541330155&id=id&accname=ocid19577&checksum=B4C10B7629C8B96202B183CE7A93E533
- International Energy Agency (2017). *Energy Balances of OECD Countries*. <https://www.iea.org/statistics/related-databases/energy-balances-of-oecd-countries/>
- International Maritime Organization (2018). *Prevention of Air Pollution from Ships*. <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx> (consulté le 4 novembre 2018).
- Kansas Department of Health and Environment (2006). *Environmental Factors, Outdoor Air Quality, and Activity Level: Results from 2005 Kansas Behavioral Risk Factor Surveillance System*. Topeka, KS. http://www.kdheks.gov/bfss/PDF/cste_report_final.pdf
- Kapfudzaruwa, F., Fay, J. et Hart, T. (2017). Improved cookstoves in Africa: Explaining adoption patterns. *Development Southern Africa* 34(5), 548-563. <https://doi.org/10.1080/10376835X2017.1335592>
- Kelly, F.J. et Fussell, J.C. (2015). Air pollution and public health: Emerging hazards and improved understanding of risk. *Environmental geochemistry and health* 37(4), 631-649. <https://doi.org/10.1007/s10653-015-9720-1>
- Kenya, Ministry of Environment and Natural Resources. (2017). *Nationally Determined Contribution Sector Analysis Report: Evidence Base for Updating Kenya's National Climate Change Action Plan*. Nairobi: Ministry of Environment and Natural Resources. <http://www.starckplus.com/documents/ta/ndc/NDCC%20Sector%20Analysis%20Report%202017.pdf>
- Kenya, Ministry of Energy and Petroleum and Sustainable Energy for All (2016). *Kenya Action Agenda*. https://www.seforall.org/sites/default/files/Kenya_AA_EN_Released.pdf
- Kenya, Ministry of Energy and Petroleum (2015). *Draft Strategy and Action Plan for Bioenergy and LPG Development in Kenya*. Nairobi. <https://kepsa.or.ke/download/draft-strategy-and-action-plan-for-bioenergy-and-lpg-development-in-kenya/?wpdmdl=12841>
- Kopitz, S.N., Mickley, L.J., Marier, M.E., Buonocore, J.J., Kim, P.S., Liu, T. et al. (2016). Public health impacts of the severe haze in Equatorial Asia in September-October 2015: Demonstration of a new framework for informing fire management strategies to reduce downward smoke exposure. *Environmental Research Letters* 11(9). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/9/094023>
- Lambe, F., Jürisoo, M., Lee, C. et Johnson, O. (2015). Can carbon finance transform household energy markets? A review of cookstove projects and programs in Kenya. *Energy Research & Social Science* 5, 55-66. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.12.012>
- Landrigan, P.J. (2017). Air pollution and health. *The Lancet Public Health* 2(1), e4-e5. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(16\)30023-8](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(16)30023-8)
- Lewis, A. et Edwards, P. (2016). Validate personal air-pollution sensors. *Nature* 535(7610). <https://doi.org/10.1038/535029a>
- Lim, S.S., Vos, T., Flaxman, A.D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H. et al. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: A systematic analysis for the global burden of disease study 2010. *The Lancet* 380(9859), 2224-2260. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61766-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8)
- Lovell, H., Bulkeley, H. et Owens, S. (2009). Converging agendas? Energy and climate change policies in the UK. *Environment and Planning C: Government and Policy* 27(1), 90-109. <https://doi.org/10.1068/c0797j>
- Maas, R. et Grennfelt, P. (2016). *Towards Cleaner Air. Scientific Assessment Report 2016. EMEP Steering Body and Working Group on Effects of the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*. Oslo. http://www.unepce.org/fileadmin/DAM/env/documents/2016/AIR/Publications/CLRTAP_Scientific_Assessment_Report_-_Final_20-5-2016.pdf
- Malaysian Nature Society Science and Conservation Unit (1997). The haze thing. *Malaysian Naturalist* 51(2), 18-21.
- Mansfield, C. et Corey, C. (2003). *Task 4: Analysis of Survey Data on Ozone Alert Days: Final Report*. Research Triangle Park, NC: United States Environmental Protection Agency. <https://www.rti.org/sites/default/files/resources/rti-publication-file-83190b2b-f906-414b-9709-8bf84f88b367.pdf>
- Mansfield, C., Johnson, F.R. et van Houtven, G. (2006). The missing piece: Valuing averting behavior for children's ozone exposures. *Resource and Energy Economics* 28(3), 215-228. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2006.02.002>
- Mansfield, C., Sinha, P. et Henrion, M. (2009). *Influence Analysis in Support of Characterizing Uncertainty in Human Health Benefits Analysis*. United States Environmental Protection Agency. https://www3.epa.gov/ttnecas1/regdata/Benefits/influence_analysis_final_report_psg.pdf



- McDermott, M., Srivastava, R. et Croskell, S. (2006). Awareness of and compliance with air pollution advisories: A comparison of parents of asthmatics with other parents. *Journal of Asthma* 43(3), 235-239. <https://doi.org/10.1080/02770900600567114>.
- Melamed, J.R., Riley, R.S., Valcourt, D.M. et Day, E.S. (2016). Using gold nanoparticles to disrupt the tumor microenvironment: An emerging therapeutic strategy. *ACS Nano* 10(12), 10631-10635. <https://doi.org/10.1021/acsnano.6b07673>.
- Myhre, G., Samset, B.H., Schulz, M., Balkanski, Y., Bauer, S., Bernsten, T.K. et al. (2013). Radiative forcing of the direct aerosol effect from AeroCom Phase II simulations. *Atmospheric Chemistry and Physics* 13, 1853–1877. <https://doi.org/10.5194/acp-13-1853-2013>.
- Natural Capital Partners (2018). *Kenya improved cookstoves*. Natural Capital Partners <https://www.naturalcapitalpartners.com/projects/project/kenya-improved-cookstoves> (Accessed: 1 May 2018).
- Nazeer, N. et Furuoka, F. (2017). Overview of ASEAN environment transboundary haze pollution agreement and public health. *International Journal of Asia Pacific Studies* 13(1), 73-94. <https://doi.org/10.21315/ijaps2017.13.1.4>.
- Neidell, M.J. (2008). *Information, Avoidance Behavior, and Health: The Effect of Ozone on Asthma hospitalizations*. Cambridge, MA National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w14209.pdf>.
- Pilishvili, T., Loo, J.D., Schrag, S., Stanistreet, D., Christensen, B., Yip, F. et al. (2016). Effectiveness of six improved cookstoves in reducing household air pollution and their acceptability in rural Western Kenya. *PLoS one* 11(11), e0165529. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165529>.
- Qadri, S.T. (dir.) (2001). *Fire, Smoke, and Haze: The ASEAN Response Strategy*. Manila: Asian Development Bank. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/28035/fire-smoke-haze.pdf>.
- Republic of Indonesia (2015). *Intended Nationally Determined Contribution: Republic of Indonesia*. Jakarta. http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC/Published%20Documents/Indonesia/1/INDC_REPUBLIC%20OF%20INDONESIA.pdf.
- Sermeza, J.C., Hall, D.E., Wilson, D.J., Bontempo, B.D., Sailor, D.J. et George, L.A. (2008). Public perception of climate change. *American Journal of Preventive Medicine* 35(5), 479-487. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.08.020>.
- Shaddick, G., Thomas, M.L., Green, A., Brauer, M., Donkelaar, A., Burnett, R. et al. (2018). Data integration model for air quality: A hierarchical approach to the global estimation of exposures to ambient air pollution. *Journal of the Royal Statistical Society* 67(1), 231-253. <http://doi.org/10.1111/rssc.12227>.
- Silk, B.J., Sadumah, I., Patel, M.K., Were, V., Person, B., Harris, J. et al. (2012). A strategy to increase adoption of locally-produced, ceramic cookstoves in rural Kenyan households. *BMC Public Health* 12(359), 1-10. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-359>.
- Stockwell, C.E., Jayaratne, T., Cochrane, M.A., Ryan, K.C., Putra, E.I., Saharjo, B.H. et al. (2016). Field measurements of trace gases and aerosols emitted by peat fires in central Kalimantan, Indonesia. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16, 11711-11732. <https://doi.org/10.5194/acp-16-11711-2016>.
- Sutton, M., Reis, S. et Baker, S. (dir.) (2009). *Atmospheric Ammonia: Detecting Emission Changes and Environmental Impacts. Results of an Expert Workshop Under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*. 1st edn: Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9781402091209>.
- Thompson, J.E. (2016). Crowd-sourced air quality studies: A review of the literature & portable sensors. *Trends in Environmental Analytical Chemistry* 11, 23-34. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2016.06.001>.
- United Kingdom, Department of Trade and Industry, (2007). *Meeting the Energy Challenge: A White Paper on Energy*. London. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/243268/7124.pdf.
- United Kingdom, Department for Business Energy & Industrial Strategy, (2016). *Guidance: Carbon budgets*. <https://www.gov.uk/guidance/carbon-budgets> (consulté le 4 novembre 2018).
- United Kingdom, Committee on Climate Change, (2017). *Meeting Carbon Budgets: Closing the Policy Gap. 2017 Report to Parliament*. London. <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2017/06/2017-Report-to-Parliament-Meeting-Carbon-Budgets-Closing-the-policy-gap.pdf>.
- United Kingdom, Department of Environment Food and Environmental Affairs, (2018). *Pollution forecast*. <https://uk-air.defra.gov.uk/forecasting/> (consulté le 5 novembre 2018).
- United Kingdom Government (2008a). *Carbon Plan*. London. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/47621/1358-the-carbon-plan.pdf.
- United Kingdom Government (2008b). *Climate Change Act 2008*. 108 1 http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2008/27/pdfs/ukpga_20080027_en.pdf.
- United Nations (2015). *Sustainable development goals: 17 goals to transform our world*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/home/> (consulté le 4 novembre 2018).
- United Nations Economic Commission for Europe (2018). *Gothenburg protocol: Guidance documents and other methodological materials for the implementation of the 1999 protocol to abate acidification, eutrophication and ground-level ozone*. <http://www.unece.org/environmental-policy/conventions/en/rtap/welcome/guidance-documents-and-other-methodological-materials/gothenburg-protocol.html> (consulté le 4 novembre 2018).
- United Nations Environment Programme (2010). *Air Pollution: Promoting Regional Cooperation*. Nairobi. http://www.ricap.ait.asia/Publications/Air_pollution_book.pdf.
- United Nations Environment Programme (2017). *Ozone-Depleting Substance Consumption: Country Data*. Ozone Secretariat, Nairobi. <http://ozone.unep.org/countries/data>.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (2017a). *China to launch world's largest emissions trading system*. <https://unfccc.int/news/china-to-launch-world-s-largest-emissions-trading-system> (consulté le 10 octobre 2018).
- United Nations Framework Convention on Climate Change (2017b). *GHG data from UNFCCC*. <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/ghg-data-unfccc> (consulté le 4 novembre 2018).
- United States Agency for International Development and Winrock International (2011). *Clean and Efficient Cooking Technologies and Fuels: The Fuel-Efficient Cookstoves and Clean Fuels Sector is Evolving Rapidly, Enabling Cross-Cutting Solutions that can Achieve Greater Development Impacts*. United States Agency for International Development and Winrock International. https://www.winrock.org/wp-content/uploads/2017/09/Winrock_Cookstove_final_reduced.pdf.
- United States Environmental Protection Agency (2016). *NAAQS table*. <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table> (consulté le 10 octobre 2018).
- United States Environmental Protection Agency (2017). *RACT/BACT/LAER clearinghouse (RBLCL)*. <https://cfpub.epa.gov/RBLCL/> (consulté le 10 octobre 2018).
- Velasco, E. et Rastan, S. (2015). Air quality in Singapore during the 2013 smoke-haze episode over the strait of Malacca: Lessons learned *Sustainable Cities and Society* 17, 122-131. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.04.006>.
- World Bank (2016). *The Cost of Fire: An Economic Analysis of Indonesia's 2015 Fire Crisis*. Washington, D.C. <http://documents.worldbank.org/curated/en/776101467990969768/pdf/103668BRI-Cost-of-Fires-Knowledge-Note-PUBLIC-ADD-NEW-SERIES-Indonesia-Sustainable-Landscapes-Knowledge-Note.pdf>.
- World Health Organization (2016). *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease*. Geneva. <http://www.who.int/iris/bitstream/10665/250141/1/9789241511353-eng.pdf?ua=1>.
- World Health Organization (2018). *WHO outdoor air quality guidelines*. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/policy/who-outdoor-air-quality-guidelines> (consulté le 10 octobre 2018).
- World Resources Institute (2017). *Climate analysis indicators tool: WRI's climate data explorer*. [http://cait.wri.org/historical/Country%20GHG%20Emissions?indicator\]=Total%20GHG%20Emissions%20Excluding%20Land-Use%20Change%20and%20Forestry&indicator\]=Total%20GHG%20Emissions%20Including%20Land-Use%20Change%20and%20Forestry&year\]=2014&sortidx=NaN&chartType=geo](http://cait.wri.org/historical/Country%20GHG%20Emissions?indicator]=Total%20GHG%20Emissions%20Excluding%20Land-Use%20Change%20and%20Forestry&indicator]=Total%20GHG%20Emissions%20Including%20Land-Use%20Change%20and%20Forestry&year]=2014&sortidx=NaN&chartType=geo) (consulté le 4 novembre 2018).
- World Wide Fund for Nature (2018). *Forests and Sustainable Development: The Role of SDG 15 in Delivering the 2030 Agenda*. Gland. http://d2cuyv59p0d6f6k.cloudfront.net/downloads/wwf_forest_practice_report_hlpf_2018_forests_and_sustainable_development_the_role_of_pdf.





Les politiques de la biodiversité



© Dr. Nibedita Mukherjee

Auteure coordonnatrice : Diana Mangalagu (université d'Oxford et Neoma Business School)

Auteurs principaux : Nibedita Mukherjee (université de Cambridge et université d'Exeter), Dolors Armenteras Pascual (université nationale de Colombie), Jonathan Davies (université de la Colombie-Britannique), Leandra Regina Gonçalves (université de Campinas), Jeremy Hills (université du Pacifique Sud), Louise McRae (Société zoologique de Londres) et Peter Stoett (Institut de technologie de l'université de l'Ontario)

Auteurs collaborateurs : Irene Dankelman (université Radboud), Souhir Hammami (université libre de Berlin), Caradee Wright (Conseil de recherche médical d'Afrique du Sud) et Carol Zastavniouk (Golder Associates)



Synthèse

La biodiversité est une composante clé du projet « Une planète saine pour des populations en bonne santé » *(bien établi)*.

Malgré l'accumulation notable de données probantes attestant de l'importance de la biodiversité pour la production économique, la santé et la sécurité depuis vingt ans, il est incontestable que les mesures existantes pour assurer la conservation et la gestion durables de la biodiversité sont inadéquates. {Encadré 13.1, sections 6.1, 13.1}

Les moyens d'intervention mobilisés de façon cloisonnée ne suffisent pas à enrayer la perte de biodiversité *(bien établi)*. Il est essentiel de les remplacer par des approches multifformes qui englobent une diversité de mesures et d'échelles, y compris des plateformes d'incitation au changement de comportement. {13.1, 13.2.3}

Le coût (sociétal et économique) de l'inaction pour la conservation et la restauration de la biodiversité est extrêmement élevé, car la perte de biodiversité est en grande partie irréversible *(établi, mais incomplet)*. {13.1, 13.2.1, 13.2.4}

Il est urgent de renforcer activement les réponses stratégiques visant à garantir la conservation de la biodiversité et d'investir dans le renforcement des capacités et l'infrastructure institutionnelle pour réaliser les Objectifs d'Aichi et les objectifs de développement durable (ODD) *(bien établi)*. {13.3, 13.4.2}

Les méthodes employées actuellement n'évaluent pas à leur juste mesure les effets négatifs de la perte de biodiversité *(bien établi)*. Il est urgent d'élaborer des modalités de mesure et des méthodes d'évaluation appropriées afin de rendre compte des multiples valeurs de la biodiversité (par exemple, la comptabilisation du capital naturel), intelligibles pour les décideurs. Ces techniques d'évaluation devraient prendre en compte la valeur totale du capital naturel d'un pays et l'intégrer au plan d'action stratégique national sur la biodiversité. {13.2.4}

Toutes les parties prenantes, y compris les gouvernements et le secteur privé, devraient encourager l'intégration du thème de la biodiversité dans les secteurs liés à la santé, à l'agriculture, à la sécurité sociale, au commerce et à l'éducation *(bien établi)*. {13.2.2, 13.2.3, 13.2.4}

L'absence de données de référence empêche de mesurer les résultats (positifs ou négatifs) de la plupart des interventions en matière de politique et de gouvernance de la biodiversité *(bien établi)*. Il serait utile d'investir dans des programmes de recherche à long terme, en particulier dans les pays en développement riches en biodiversité, afin d'établir des référents fiables. En outre, un calendrier précis pour traduire les objectifs en actions sera très probablement utile à une mise en œuvre efficace des politiques de conservation. {13.2}

Investir dans un suivi indépendant et une analyse coûts-avantages peut aider à mesurer l'efficacité des politiques *(bien établi)*. Les pays pourraient intégrer un suivi et une évaluation autonomes dans la mise en œuvre de leurs programmes afin d'en améliorer l'efficacité. Pour commencer, la constitution d'une base de données probantes sur les interventions qui fonctionnent en matière de conservation pourrait être érigée en tant que priorité nationale. {13.2}

Les problèmes liés à la conservation exigent des solutions à long terme, tandis que le financement de la conservation et de la recherche s'opère généralement à court terme *(bien établi)*. Il est urgent de remédier à ce **décalage d'échelle temporelle** lors de la phase de conception des mesures d'intervention. {13.2.3}

Il est nécessaire de mettre en place des politiques et des mécanismes de soutien aux mesures innovantes visant à renforcer la protection de la biodiversité. À titre d'exemple, les approches conventionnelles telles que celle des aires protégées sont la norme pour garantir la sécurité d'occupation des terres, mais d'autres dispositifs tels que les aires protégées communautaires (par exemple, les aires marines gérées localement) sont un complément nécessaire aux aires protégées, afin de conserver la biodiversité sur le long terme. {13.1}

Le développement économique est généralement perçu comme une menace pour la conservation de la biodiversité, mais la croissance durable et le développement de l'économie verte (sobriété en carbone, économie en ressources et socialement inclusive) peuvent également promouvoir et améliorer la biodiversité *(bien établi)*. {13.2.3, 13.2.5}

Lors de la phase de conception des politiques, il est nécessaire d'accorder une attention toute particulière aux aspects liés à l'équité, au genre et à la santé *(bien établi)*. Pour générer les corrélations positives souhaitées entre l'amélioration de la biodiversité et d'autres objectifs environnementaux et sociétaux, il y a lieu de généraliser et de transformer de façon innovante l'approche de gestion de la biodiversité. Ces progrès aideraient également d'autres secteurs à réaliser leurs objectifs dans le cadre de la conservation de la biodiversité, conformément à l'esprit de l'ODD 17, qui appelle à la création de partenariats pour réaliser les ODD. {4.2, 13.1, 13.2.4}

L'extraordinaire richesse de la biodiversité que nous partageons collectivement nous est prêtée par les générations futures. Pour bâtir l'avenir que nous appelons de nos vœux, les États membres, les organisations communautaires, les organisations non gouvernementales et les entreprises sont invités à mettre en place des incitations financières et sociales qui permettent aux particuliers et aux décideurs de faire des choix favorisant la protection et la promotion de la biodiversité. {13.2.2, 13.2.3, 13.2.4}

13.1 Introduction

La biodiversité est une composante indissociable de notre aspiration à une planète saine et au bien-être humain (Cardinale *et al.*, 2012 ; Organisation mondiale de la Santé [OMS] et Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique [SCDB], 2015). Or, le rythme de la perte de biodiversité ne faiblit pas, et il est désormais avéré que le risque d'extinction d'espèces augmente avec le temps (voir la section 6.1). Le coût annuel estimatif, pour l'économie mondiale, de la perte de biodiversité et des fonctions des écosystèmes s'élèvera à 14 milliards d'euros à l'horizon 2050, ce qui équivaut à 7 % du produit intérieur brut (PIB) mondial prévu (Braat et ten Brink [dir.], 2008). Selon une autre estimation, la perte mondiale de services écosystémiques due uniquement au changement d'affectation des terres a coûté entre 4,3 et 20,2 milliards de dollars des États-Unis (de 2007) par an entre 1997 et 2011 (Costanza *et al.*, 2014). Bien qu'il soit impossible de donner des chiffres précis, les ébauches de quantification des coûts de l'inaction justifient la prise de mesures politiques (Braat et ten Brink, 2008 ; Oliver *et al.*, 2015). En outre, l'importance de la biodiversité pour toutes les dimensions de la santé (OMS et SCDB, 2015) transparaît dans des initiatives telles que les approches écosystémiques de la santé, l'écosanté, *One Health* et la santé planétaire (voir la section 4.2.1). On met de plus en plus l'accent sur les corrélations entre la santé des humains, des animaux domestiques, des animaux sauvages ainsi que d'autres espèces dans le contexte de systèmes socio-écologiques complexes (Charron, 2012; Wilcox, Aguirre et Horwitz, 2012 ; OMS et SCDB, 2015) (**encadré 13.1**).

La perte de la biodiversité est un problème complexe (voir la section 6.1), et la conservation de la biodiversité repose sur des stratégies faisant appel à un large éventail d'approches, notamment la réglementation contraignante, les incitations économiques, le soutien aux investissements, la promotion de l'innovation, l'habilitation des acteurs concernés, le renforcement des capacités et la fixation d'objectifs. Les principales réponses en matière de politique et de gouvernance sont la Convention sur la diversité biologique (CDB, 1992), la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) ainsi que la constitution d'aires protégées (voir la section 6.7). Certes, il y a des variations dans l'efficacité et la légitimité perçue des accords internationaux sur l'environnement (AIE) et des accords multilatéraux sur l'environnement (AME) (la liste des AME relatifs à la biodiversité est donnée à l'annexe 6-1, à la fin du présent document), mais ils forment le socle de la



Encadré 13.1: La reconnaissance mondiale du lien entre la santé humaine et la biodiversité



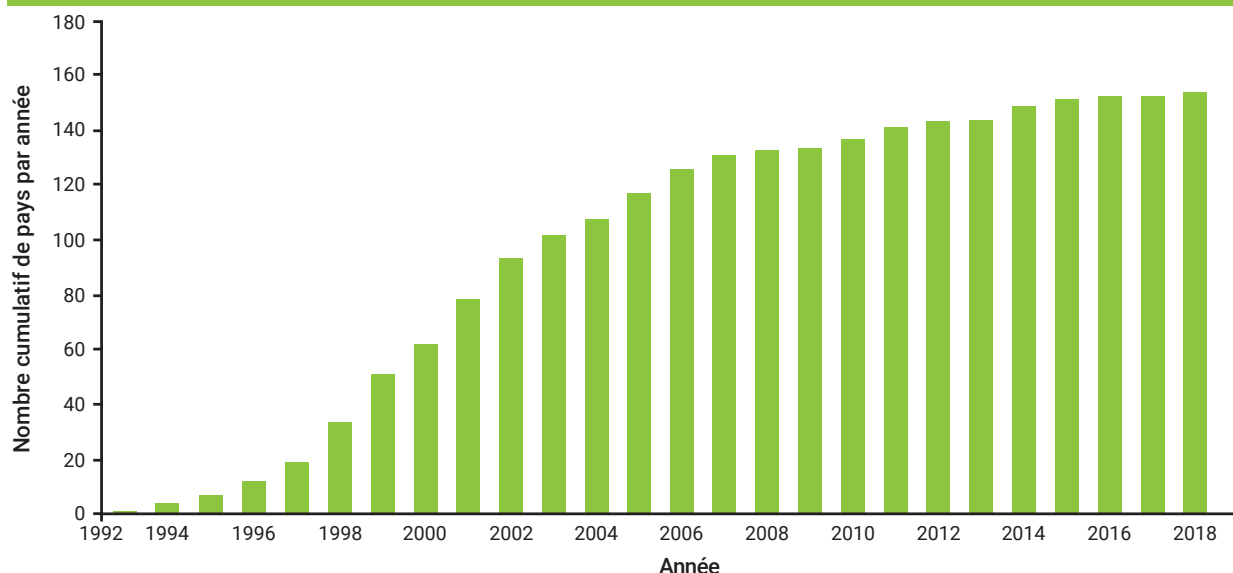
Un programme de travail conjoint de la CDB et de l'OMS a été officiellement mis en place en 2012 (CDB, 2012, Décision XI/6). Lors de la 13e Conférence des Parties (COP) à la CDB, qui s'est tenue au Mexique en décembre 2016 (CDB, 2016a), la santé a été reconnue comme un secteur prioritaire s'agissant des politiques d'extension à mener ; une décision globale visant à généraliser les liens entre la biodiversité et la santé dans les politiques nationales a également été adoptée dans ce cadre (CDB, 2016b, Décision XIII/6). Le rapport GEO-6 du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), Une planète saine pour des populations en bonne santé, et l'état des connaissances publié conjointement par l'OMS et la CDB sous le titre Connecting Global Priorities (OMS et SCDB, 2015) reconnaissent les liens étroits entre santé humaine et biodiversité. Lors de la 71e Assemblée mondiale de la santé en 2018, de nombreux États membres ont reconnu que la perte de la biodiversité était un problème de santé humaine majeur. De plus en plus, les acteurs de la médecine, de la santé publique, de la conservation de la biodiversité et de l'élaboration de politiques forment de nouveaux réseaux et abattent les cloisons habituelles, donnant toute leur pertinence à l'approche One Health et aux concepts d'écosanté et de santé planétaire.

gouvernance mondiale de l'environnement et continuent d'influencer le comportement et les attentes des gouvernements (Stoett, 2012). La biodiversité a fait l'objet de plus d'AME que les autres domaines de la politique environnementale (voir l'annexe 13.1).

Au cours des dix dernières années, notamment depuis la publication du dernier Rapport GEO, la prise de conscience de la perte de biodiversité s'est considérablement amplifiée, se reflétant dans les discours portant sur les politiques générales, la santé et l'économie à l'échelle internationale (OMS et SCDB, 2015 ; Jabbour et Flaschland, 2017 ; Forum économique mondial, 2018). Les évolutions les plus récentes dans le paysage mondial des politiques et de la gouvernance en matière de biodiversité sont décrites à l'annexe 13.2, à la fin du présent document.

Les 196 États Parties à la CDB sont tenus d'élaborer des stratégies et plans d'action nationaux pour la biodiversité (SPANB) conformément à l'article 6. À ce jour, 190 (96 %) des 196 États se sont pliés à cette exigence (SCDB, 2018a) (**figure 13.1**).

Figure 13.1 : Nombre cumulé de pays ayant adopté des stratégies et plans d'action nationaux pour la diversité en date de 2018



Source : SCDB (2018a).



De plus, comme pour d'autres questions environnementales, la conservation et la restauration de la biodiversité exigent la participation d'un éventail de parties prenantes différentes ayant des positionnements souvent contradictoires (Mukherjee *et al.*, 2018). On reconnaît avec de plus en plus d'acuité les dimensions de genre et d'équité liées aux politiques de conservation et à leur mise en œuvre (**encadré 13.2**).

Le présent chapitre se conforme au double cadre (descendant et ascendant) d'évaluation de l'efficacité des politiques décrit au chapitre 10.

Les principales politiques et approches de gouvernance (évaluation descendante) : un ensemble de domaines de politiques et cinq mesures d'intervention spécifiques relatives à ces domaines ont été élaborés. Cinq études de cas sont présentées à titre d'exemples de ces moyens d'intervention (**tableau 13.1**). Les études de cas ne se veulent aucunement représentatives. Elles ont été choisies pour couvrir les trois dimensions de la biodiversité (écosystèmes, espèces et génétique) et illustrer un éventail d'approches au sein de la typologie, la diversité géographique et la variabilité des degrés de réussite (voir la section 10.6). Les études de cas proviennent d'Amérique du Nord, d'Asie du Sud, d'Europe, de la zone Pacifique et d'Afrique.



Encadré 13.2 : Points saillants des dimensions du genre et de l'équité dans les politiques de la biodiversité

Le paragraphe 13 du Préambule de la CDB reconnaît l'existence d'enjeux sexospécifiques dans la conservation, et l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique (SBSTA) mentionne les pratiques et les connaissances des femmes ainsi que les rôles des hommes et des femmes dans la production alimentaire (SCDB, 2018b). La CDB souligne la nécessité d'une participation pleine et entière des parties prenantes, notamment des communautés autochtones et locales, des jeunes, des organisations non gouvernementales (ONG), des femmes et des milieux d'affaires.

- ❖ Le Protocole de Nagoya sur l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation a institué un cadre international qui prévoit des mesures, des règles et des procédures concrètes.
- ❖ Sur les 254 rapports ayant trait aux stratégies et plans d'action nationaux pour la diversité (SPANB) de 174 pays, 143 rapports (soit 56 % de l'ensemble des documents) produits par 107 pays (soit 61 % de tous les pays visés) contiennent au moins un mot clé relatif au genre ; 145 pays sur 174 (soit 83 %) font figurer l'égalité des sexes au nombre des principes directeurs, et 12 % ont comme objectif ou but affiché l'égalité des sexes ou l'autonomisation des femmes (Union internationale pour la conservation de la nature [UICN], 2016; SCDB et UICN, 2018).

Le type de politique « habilitation des acteurs » est présenté dans deux exemples différents de moyens d'intervention associés.

Les indicateurs (évaluation ascendante) : Les études de cas sont suivies de l'examen de trois indicateurs pertinents pour les politiques (voir la section 10.7), qui décrivent les progrès accomplis vers la réalisation des objectifs et cibles convenus au niveau international, en complément des approches de politique et de gouvernance ci-dessus.

13.2 Les principales politiques et approches de gouvernance

13.2.1 L'habilitation des acteurs: la conservation communautaire

La mobilisation des parties prenantes locales par le biais de la conservation communautaire est un pilier central des nombreux efforts de préservation de la biodiversité et de gestion des ressources naturelles à l'échelle mondiale visant à accroître l'efficacité de la conservation. Dans le cadre Forces motrices–Pressions–État–Impact–Réponse (DPSIR) (voir la figure 1.2, chapitre 1), la conservation communautaire en tant que moyen d'intervention intervient au niveau des forces motrices, faisant contrepoids aux utilisateurs externes de ressources, qui n'ont pas le même attachement culturel et historique à la région concernée.

Les aires protégées constituent un outil essentiel à la conservation de la biodiversité. Depuis quelques décennies, cependant, l'approche adoptée a délaissé les aires protégées exclusives, où les humains n'étaient pas les bienvenus, au profit i) d'une conservation plus axée sur les individus ou la communauté (Brown, 2003; Oldekop *et al.*, 2015) et ii) d'une stratégie de gestion intégrée du paysage (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2018). Une compréhension nuancée de la gouvernance et du contexte socioculturel joue un rôle important dans tous les types d'efforts de mobilisation des parties prenantes en faveur de la conservation de la biodiversité (Bennett *et al.*, 2017 ; Mukherjee *et al.*, 2018) et donne davantage de légitimité, de visibilité, de viabilité et d'efficacité à ces efforts (Sterling *et al.*, 2017).

Les communautés sont les principaux acteurs de la prise de décision dans les aires du patrimoine autochtone et communautaire (APAC). Les APAC jouent un rôle clé dans la conservation des connaissances environnementales, des cultures et des langues traditionnelles, qui nourrissent souvent des liens inextricables avec la conservation de la biodiversité (Corrigan et Hay-Edie, 2013). Ce rôle permet de réaliser l'Objectif 18 d'Aichi pour la biodiversité de la CDB, qui vise à respecter les connaissances traditionnelles, innovations et pratiques des communautés autochtones et locales et à les intégrer dans les interventions de conservation de la biodiversité (ICCA Registry, 2018).

Tableau 13.1 : Typologie des politiques et approches de gouvernance décrites dans le présent chapitre

Type de politique ou d'approche de gouvernance	Moyen d'intervention	Étude de cas	Échelle spatiale
Habilitation des acteurs	Conservation communautaire	Aires marines gérées localement, Fidji	Nationale
Politiques contraignantes	Contrôle du commerce illégal d'espèces sauvages	Trafic d'espèces sauvages et Projet Predator, Asie du Sud	Régionale
Programmes d'incitation économique	Paiement des services écosystémiques	Programme Working for Water, Afrique du Sud	Infranationale
Soutien à l'investissement	Banques de matériel génétique	Réserve mondiale de semences du Svalbard, Norvège	Mondiale
Habilitation des acteurs ¹	Planification environnementale stratégique	Biodiversité urbaine d'Edmonton, Canada	Municipale

¹ Le type de politique « habilitation des acteurs » est présenté dans deux exemples différents de moyens d'intervention associés.



L'étude de cas ci-dessous, qui porte sur les aires marines gérées localement (AMGL), décrit un exemple de ce type de gestion communautaire durable dans le milieu marin.

Étude de cas : les aires marines gérées localement des îles Fidji

Les AMGL des îles Fidji sont définies comme des « zones d'eaux littorales et de ressources côtières principalement gérées à l'échelon local par des communautés côtières, des groupes de propriétaires terriens, des organisations partenaires ou des fonctionnaires collaborateurs qui résident dans les environs immédiats ou y sont basés » (figure 13.2). Elles s'étendent sur 145 zones de pêche dont les frontières sont définies par les lois traditionnelles (79 % des zones de pêche côtière des Fidji) ; les zones restantes permettent de comparer l'efficacité de l'approche des AMGL. Celle-ci est mise en œuvre par des acteurs locaux habilités agissant pour assurer une gestion durable des ressources côtières dans le but de garantir un bénéfice mutuel à l'échelle de la communauté, le plus souvent en procédant à des fermetures périodiques de la pêche (Jupiter *et al.*, 2017). Après avoir gagné en popularité aux Fidji, cette approche a été étendue à la Mélanésie et à la Polynésie, ainsi qu'à l'Asie, par le biais du réseau des AMGL.

Les approches communautaires ont reçu des appuis du fait de leur adaptabilité à différents contextes et de l'accent mis sur des objectifs identifiés localement, négociés et mis en œuvre par les parties prenantes. Plutôt que de promouvoir des visions renouvelées et novatrices pour répondre aux besoins humains à court terme, les approches communautaires telles que l'approche des AMGL reposent sur la régénération et la redynamisation de systèmes traditionnels existant de longue date. Toutefois, la nature non prescriptive de ces approches donne lieu à des objectifs multiples qui confondent le simple état des lieux des ressources naturelles et les résultats en matière de biodiversité (Jupiter *et al.*, 2014). La santé humaine pourrait en bénéficier grâce à l'amélioration de la sécurité alimentaire et nutritionnelle et de la préservation de l'intégrité des communautés, bien qu'il n'existe encore aucune littérature corroborant cette hypothèse.

L'expansion organique des approches de substitution est une indication révélatrice de leur efficacité. Certaines modalités de gestion utilisées dans le cadre de l'approche des AMGL, telles

que les fermetures périodiques de la pêche, ne sont pas toujours efficaces pour l'obtention de résultats relatifs à la biomasse et à la biodiversité des poissons (Jupiter *et al.*, 2017). Certes, l'approche a été considérablement étendue géographiquement en l'absence d'options de rechange et est actuellement privilégiée pour obtenir des résultats dans les domaines de la conservation et de la gestion des pêches aux Fidji, mais il n'existe pas à l'heure actuelle de preuves formelles attestant de sa pleine efficacité en termes de résultats biologiques sur site. L'approche recèle un potentiel de transformation par la promotion d'avantages basés sur un système communautaire établi de longue date et renforcé par des méthodes cohérentes de gestion des ressources.

Étant donné que les coûts de l'inaction – et de l'action – sont principalement assumés par la communauté locale, les initiatives de transformation progressive s'avèrent incitatives. Il faut prêter attention au lien de causalité entre les dispositions de gouvernance communautaire et l'efficacité des efforts de conservation (Eklund et Cabeza, 2017). On pourrait consulter les analyses existantes de l'efficacité des politiques, telles que le rapport *Protected Planet* (Bertzky *et al.*, 2012 ; Juffe-Bignoli *et al.*, 2014 ; Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature [UNEP-WCMC] et UICN, 2016) pour relever les écarts entre l'intentionnalité des politiques et l'efficacité à proprement parler de la gouvernance.

13.2.2 Les politiques contraignantes : le contrôle du commerce illégal d'espèces sauvages

Les politiques contraignantes se caractérisent par des structures décisionnelles centralisées, souvent hiérarchiques et bureaucratiques, rattachées à une autorité juridictionnelle prédéfinie et marquées par une rigidité dans la mise en œuvre, notamment lorsqu'on les compare aux politiques d'incitation économique (Cox, 2016). Les politiques contraignantes constituent la forme la plus conventionnelle de mesures réglementaires visant à « contrôler » les activités susceptibles d'avoir des effets négatifs sur la biodiversité en imposant des sanctions, des interdictions, des mesures d'application et des contrôles de la conformité. En général, les administrations nationales ou infranationales sont les autorités décisionnelles qui instaurent les règles et décident comment, quand et par qui elles seront appliquées (Holling et Meffe, 1996). Du fait de la structure centralisée des politiques contraignantes et du soutien institutionnel dont elles bénéficient, il est plus facile d'évaluer leur efficacité, surtout lorsqu'elles ont des objectifs et des échéances clairement définis (Gunningham et Young, 1997). Par conséquent, elles conviennent bien aux questions complexes et non linéaires telles que la perte de la biodiversité (par exemple, en raison de l'atteinte d'un point de bascule écologique). Toutefois, les approches descendantes peuvent également poser des problèmes de légitimité, d'équité et de durabilité aux communautés locales (Redpath *et al.*, 2017).

L'intégration des points de vue des parties prenantes locales dans les phases de prise de décision et de mise en œuvre est souvent garante de la réussite des politiques contraignantes (Mukherjee *et al.*, 2018). À titre d'exemple, bien que la Directive « Oiseaux » 79/409/CEE (Conseil européen, 1979) et la Directive « Habitats » 92/43/CEE (Conseil européen, 1992) de l'Union européenne (UE) aient mobilisé plusieurs acteurs dans la phase de conception des politiques, elles sont souvent appliquées de manière draconienne à l'échelon national dans les États membres de l'UE (Primmer *et al.*, 2014). En Grèce, les communautés locales ont rarement été impliquées dans la mise en œuvre et l'application efficaces des Directives de l'UE ; il en a résulté une faible représentation des espèces endémiques de la Grèce dans les annexes de Natura 2000, ainsi que des réponses inadéquates (Apostolopoulou et Pantis, 2009) et des conflits, sans oublier une forme de défiance (Primmer *et al.*, 2014). De plus, l'efficacité des politiques contraignantes (par exemple, les aires protégées) est directement proportionnelle à la capacité et aux ressources de gestion disponibles (Geldmann *et al.*, 2018).

Figure 13.2 : La pêche côtière est une source importante de nourriture aux Fidji et les communautés locales occupent nombre de ces zones côtières selon un régime foncier traditionnel



© Jeremy Hills



Tableau 13.2 : Résumé des critères d'évaluation – Étude de cas sur les aires marines gérées localement des îles Fidji

Critère	Description	Références
Succès ou échec	L'approche des AMGL aux Fidji peut permettre d'accroître la taille et la population des poissons et des invertébrés. Trois des huit AMGL à l'étude présentaient des avantages sur le plan de la biomasse des poissons et une autre comportait des avantages sur le plan de la biodiversité. Ces résultats améliorent le potentiel d'utilisation durable des ressources halieutiques côtières et, par conséquent, soutiennent les plans stratégiques nationaux (par exemple, la Feuille de route pour la démocratie et le développement socio-économique durable et le Cadre de croissance verte) tout en honorant les obligations internationales telles que la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (CNUDM) et la CDB.	Jupiter <i>et al.</i> , 2017
Indépendance de l'évaluation	Des évaluations ayant fait appel à des experts ont impliqué plusieurs organisations, notamment l'UNEP-WCMC, le Centre pour le développement durable et l'environnement (CENESTA), l'UICN, le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), le Secrétariat du Programme régional océanique de l'environnement (PROE), la Communauté du Pacifique Sud (CPS), le Fonds mondial pour la nature (WWF), WorldFish et Reefbase.	Govan, 2009 ; Jupiter <i>et al.</i> , 2014 ; Jupiter <i>et al.</i> , 2017
Acteurs clés	Un apport externe encadré par les normes locales est fourni par le secteur des ONG et des organisations à base communautaire. Le gouvernement ne joue aucun rôle direct dans les approches de gestion et ses fonctions administratives restent passives, à l'instar de la collecte des droits de pêche des pêcheries non coutumières (non communautaires), ensuite reversés à la communauté.	
Données de référence	Aucune donnée de référence n'a été recueillie lors de la mise en place des initiatives. La sélection des zones cibles a été déterminée en fonction de l'intérêt de la communauté, plutôt que sur la base d'un statut biologique ou sociétal spécifique.	
Délai d'exécution	Aucun délai n'a été fixé pour l'initiative. Les AMGL ont vu le jour dans les années 1980, alors que les pays ayant des droits fonciers sécurisés et peu de capacité à appliquer les mesures de conservation prenaient conscience de l'inefficacité des approches occidentales en matière de conservation. Les AMGL des Fidji se sont étendues tout au long des décennies 1990 et 2000 et couvrent aujourd'hui 145 zones de pêche traditionnelles, soit 79 % des zones de pêche côtière des Fidji.	
Facteurs contraignants	Bien que la communauté puisse être en mesure de gérer les ressources locales, il faut mettre en œuvre des stratégies qui améliorent la gestion des menaces à plus grande échelle et au-delà des frontières (par exemple, l'échelle provinciale, les interactions terre-mer, le changement climatique).	
Facteurs habilitants	L'approche flexible régissant le réseau fidjien d'AMGL a permis à un large éventail d'entités – notamment des ONG, des universités et des organismes communautaires – de participer à son expansion tout en s'assurant un soutien financier. Le respect des normes socioculturelles existantes a favorisé l'épanouissement de cette approche inclusive et intégrée liant les communautés aux ressources naturelles.	
Coût-efficacité	Aucune évaluation coût-efficacité n'a été effectuée.	
Équité	Les gains en matière d'équité découlant de cette approche sont notamment les suivants : l'augmentation de la taille et de la population des poissons et des invertébrés, ce qui améliore le régime alimentaire ainsi que le potentiel d'utilisation durable des ressources halieutiques côtières lorsqu'elles sont gérées dans le cadre des AMGL. Toutefois, ces apports sur le plan biologique ne sont pas garantis, et il peut y avoir d'autres avantages connexes autrement plus importants, tels que le renforcement du droit coutumier et la consolidation des droits d'accès et fonciers. On suppose qu'il y a une équité relative dans la répartition des gains entre les communautés concernées ; toutefois, certaines franges de la population ne sont pas gouvernées par le droit coutumier traditionnel.	Jupiter <i>et al.</i> , 2014 ; Jupiter <i>et al.</i> , 2017
Avantages connexes	Si l'extension à d'autres pays du Pacifique et d'Asie n'était pas une conséquence prévue initialement, elle peut être perçue comme une externalité positive, en plus de celles identifiées à l'échelle communautaire.	
Effets transfrontaliers	Il n'y a pas d'enjeux transfrontaliers domestiques ou internationaux.	
Pistes d'amélioration	Une collaboration accrue et une harmonisation plus poussée avec les pouvoirs publics s'imposent. La « ratification » et le financement public durable de l'appui aux systèmes coutumiers de gestion des ressources naturelles contribueraient à pérenniser les approches adoptées. Il serait utile de préciser davantage les coûts induits par ces approches et d'améliorer la surveillance afin d'évaluer les résultats de la gestion des ressources et de la biodiversité.	



L'étude de cas ci-après porte sur l'efficacité des politiques contraignantes dans le contexte de la lutte contre le commerce illégal mondial des espèces sauvages. La valeur estimée de ce commerce oscille entre 50 et 150 milliards de dollars É.-U. par an – la valeur de la pêche illégale se situe entre 10 et 23,5 milliards de dollars É.-U., et celle de l'exploitation forestière illégale, entre 30 et 100 milliards de dollars É.-U. (Nellemann et Programme Interpol sur les atteintes à l'environnement, 2012 ; Higgins et White, 2016). Outre le manque chronique de ressources, l'implication de certains fonctionnaires – notamment des douaniers et des membres des forces de police locales – dans des actes de corruption fragilise les mesures de contrôle et d'application de la loi. Même dans les pays dotés d'infrastructures technologiques et anticriminalité relativement avancées, la répression contre les infractions liées aux espèces sauvages accuse un retard par rapport aux autres volets de l'application de la loi (Wellsmith, 2011). Les actes de violence ne sont pas rares non plus, car le braconnage implique des armes, et la lutte contre le braconnage peut se solder par des pertes humaines. Des groupes rebelles armés se servent également de ce commerce pour financer leurs campagnes militaires.

Dans le cadre DPSIR (voir la section 1.6), les politiques contraignantes visent principalement à atténuer la surexploitation, en limitant la perte de biodiversité qui en découle ou en protégeant les espèces endémiques et les pratiques traditionnelles (voir la section 6.4.4). Toutefois, la mise en place de politiques contraignantes efficaces pour limiter les activités humaines préjudiciables exige des efforts importants en matière de renforcement des capacités.

Étude de cas: le projet Predator et le contrôle du commerce illégal mondial des espèces sauvages

Lancé en 2011 à l'occasion de la 80^e Assemblée générale d'INTERPOL à Hanoï (Vietnam), le projet Predator vise à renforcer les capacités en matière d'application de la loi pour la conservation des grands félins d'Asie, et plus particulièrement du tigre. Les populations de tigres sauvages diminuent à un rythme vertigineux, de plus de 100 000 individus au début du XX^e siècle à moins de 4 000 individus

à l'heure actuelle (Goodrich *et al.*, 2015). Certes, la principale menace pour les grands félins tient à la destruction de leur habitat, mais le braconnage demeure un problème majeur dans toute leur aire de répartition. Comme l'indique la Liste rouge de l'UICN, le plus grand marché est celui des os de tigre utilisés dans les médecines traditionnelles asiatiques, mais d'autres marchés illégaux de produits dérivés du tigre, notamment les peaux, les dents et les griffes (notamment à Sumatra), accentuent la pratique du braconnage. Les tigres tués par des agriculteurs ou des villageois qui estiment que le bétail ou les habitants risquent d'être attaqués par ces félins peuvent également alimenter le commerce illégal.

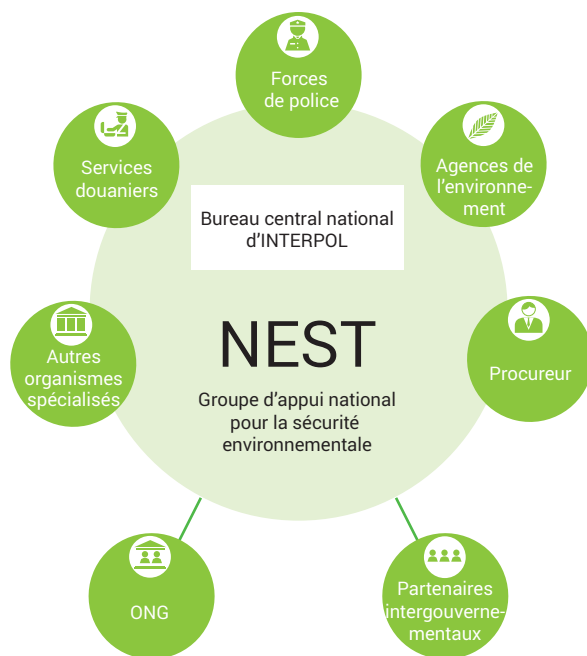
Le projet Predator poursuit les objectifs suivants :

- i) encourager la création de groupes d'appui nationaux pour la sécurité environnementale (**figure 13.3**) et renforcer le Réseau d'application des lois fauniques en Asie du Sud ;
- ii) gérer l'information et le renseignement, et améliorer les compétences d'investigation ;
- iii) le renforcement des capacités et l'intégration internationale ;
- iv) les activités de lutte contre le braconnage à l'appui des services de renseignement.

L'aire de répartition du tigre s'étend sur le Bangladesh, le Bhoutan, le Cambodge, la Chine, l'Inde, l'Indonésie, la Malaisie, le Myanmar, le Népal, la République démocratique populaire lao, la Russie, la Thaïlande et le Vietnam. La collaboration entre INTERPOL, les gouvernements nationaux et les autorités judiciaires – une évolution relativement nouvelle de la gouvernance mondiale de l'environnement – vient en appui à la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) et d'autres conventions internationales. Des programmes similaires visent le commerce de l'ivoire, les déchets dangereux, l'exploitation forestière illégale et la pêche illégale.

Par le passé, les stratégies axées sur la contrainte ont dominé les efforts de promotion de la protection de l'environnement. Toutefois, elles se heurtent à des difficultés telles que le manque

Figure 13.3 : Les Groupes d'appui nationaux pour la sécurité environnementale assurent la liaison directe entre les administrations nationales et le Bureau central national d'INTERPOL ; la photo représente une saisie de 114 kg d'os de tigre



Source : <https://greennews.ie/wanted-wildlife-trafficker-arrested-nepal-this-month/>.



Tableau 13.3 : Résumé des critères d'évaluation – Le projet Predator

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Le succès renvoie à la preuve empirique des membres d'animaux saisis. En 2015, des agents ont organisé l'opération PAWS (Protection des espèces sauvages d'Asie) dans 17 pays. Celle-ci a conduit à l'arrestation de plus de 300 auteurs de crimes fauniques et permis de débusquer quatre fugitifs impliqués dans de tels crimes. Les agents ont saisi six peaux et membres de tigres, plus de 150 peaux et membres de léopards communs et de léopards tachetés, dont 12 peaux de grands félins, plus de neuf tonnes d'ivoire, 37 cornes de rhinocéros, plus de 2 000 tortues et reptiles, 282 pangolins, cinq tonnes de viande de pangolin et 275 kg d'écaillés de pangolins.	INTERPOL, 2015
Indépendance de l'évaluation	À notre connaissance, le projet Predator n'a fait l'objet d'aucune évaluation formelle. Toutefois, une étude récente menée par TRAFFIC, un réseau indépendant de surveillance du commerce des espèces sauvages, souligne la nécessité de partager les renseignements entre les États de l'aire de répartition, ainsi que le rôle potentiellement utile d'INTERPOL.	Stoner <i>et al.</i> , 2016
Acteurs clés	Les principaux bailleurs de fonds du projet Predator sont le Gouvernement du Royaume-Uni, Environnement Canada, le Fonds international pour la protection des animaux (IFAW), le Smithsonian, l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) et l'Initiative pour la sauvegarde des tigres. Cette dernière est une organisation-cadre créée en 2008 par la Banque mondiale, le Fonds pour l'environnement mondial, le Smithsonian et le Save the Tiger Fund. Elle est, dans le même temps, liée à la Coalition internationale sur le tigre, qui comprend une quarantaine d'ONG de 13 pays inclus dans l'aire de répartition du tigre. Le Secrétariat de la CITES est un partenaire officiel.	USAID, 2016
Données de référence	La population de tigres sauvages est passée de plus de 100 000 individus au début du XX ^e siècle à moins de 4 000 individus aujourd'hui.	Goodrich <i>et al.</i> , 2015
Délai d'exécution	L'opération Predator a été lancée en 2011. Le financement devrait se poursuivre au cours de la décennie 2020.	
Facteurs contraignants	La corruption à tous les niveaux continue de poser problème, tout comme l'incapacité de nombreux pays à faire des crimes contre l'environnement des infractions répréhensibles. Les réseaux transnationaux de criminalité de l'environnement impliqués dans le trafic d'espèces sauvages sont puissants, et leurs activités illicites connexes incluraient la traite d'êtres humains, le trafic de drogues et d'armes, le blanchiment d'argent et l'extorsion de fonds.	
Facteurs habilitants	L'indignation internationale face au sort des populations de tigres sauvages et de léopards des neiges – liée à la fascination qu'exercent ces espèces envoûtantes – a été un facteur de motivation. Il est essentiel de mettre en place des contrôles intelligents et d'introduire de nouvelles technologies de localisation. Depuis la création de son Comité sur la criminalité de l'environnement en 1992, INTERPOL est devenu un acteur actif dans les initiatives de réduction et de répression de la criminalité transnationale de l'environnement.	
Coût-efficacité	Analyse à venir.	
Équité	Le problème tient au fait que le modeste braconnier assumera souvent le fardeau des poursuites judiciaires, tandis que l'« intermédiaire » enrichi ou l'acheteur de produits du commerce illicite d'espèces sauvages échapperont à la loi. Certains pays développés – le Royaume-Uni, les États-Unis – continuent à s'adonner au commerce d'espèces sauvages « autorisées » dont les sources sont souvent difficiles à identifier (Neslen, 2017).	
Avantages connexes	Les grands félins sont au cœur des phénomènes de résilience des écosystèmes et de la biodiversité, et leur protection est donc bénéfique pour tous ceux qui sont tributaires des services écosystémiques connexes. L'amélioration des systèmes judiciaires par l'intermédiaire des Groupes d'appui nationaux pour la sécurité environnementale est un autre avantage connexe notable.	Thinley <i>et al.</i> , 2018
Effets transfrontières	Le trafic d'espèces sauvages implique une grande variété d'acteurs internationaux, et INTERPOL n'est pas en mesure de les surveiller dans leur totalité. En fin de compte, le succès des efforts de lutte contre le braconnage dépend de la capacité des gouvernements nationaux à surveiller leurs propres frontières dans un contexte exempt de corruption et à imposer des sanctions sévères aux contrevenants.	
Pistes d'amélioration	Davantage d'informations sur l'impact des interventions d'INTERPOL et des Groupes d'appui nationaux pour la sécurité environnementale seraient utiles, tout comme une localisation plus précise des populations de grands félins dans tous les États de l'aire de répartition. Par ailleurs, une participation accrue des communautés locales serait requise.	

de ressources humaines et de participation locale (Harrington, Morgenstern et Sterner, 2004 ; Laitos et Wolongevicz, 2014). Bien que les politiques contraignantes ne soient pas exemptes d'inconvénients, elles s'avèrent particulièrement pertinentes lorsqu'une espèce ou un habitat gravement menacé est en jeu et que sa disparition est imminente (voir la section 6.4.4). Par exemple, l'assouplissement des règlements sur le défrichement et de leur application a entraîné une augmentation des pertes

forestières, en particulier dans les forêts résiduelles (Marcos-Martinez *et al.*, 2018). Le défi consiste à intégrer davantage les communautés locales, de la conception à la mise en œuvre (Paavola, Gouldson et Kluvánková-Oravská, 2009). Une consultation *ad hoc* et impartiale des différentes parties prenantes au stade de la conception des politiques, ainsi qu'un suivi et une adaptation périodiques, pourrait contribuer à améliorer l'efficacité des politiques contraignantes pour la conservation de la biodiversité. Au Royaume-



Encadré 13.3 : La place centrale des peuples autochtones et des communautés locales

La Résolution 2/14 de l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement appelle à un examen des meilleures pratiques pour impliquer les communautés rurales dans la gestion des espèces sauvages (Cooney et al., 2018), en mettant spécifiquement l'accent sur la participation des peuples autochtones et des communautés locales dans la lutte contre le commerce illicite de la faune et de la flore sauvages. Le rapport préparé par l'UICN et l'Institut international pour l'environnement et le développement (IIED) conclut que les communautés locales doivent être des acteurs centraux dans l'enrayement du commerce illégal et être considérées comme des parties prenantes, et non plus seulement comme des victimes ou des témoins passifs. Bien que les activités de police aient leur importance, elles peuvent aussi être considérées comme des réponses militarisées et aliénantes pour les communautés locales qui ont le plus à gagner d'une meilleure conservation de la biodiversité. Comme l'indique le rapport, en partie « à cause de la militarisation accrue du braconnage, l'intervention [s'est traduite par] la résurgence d'une approche sécuritaire descendante, qui met l'accent sur la construction de clôtures, la répression administrative et l'usage de la force. D'ailleurs, si elle ne s'accompagne pas d'une obligation de reddition de comptes, cette situation peut conduire – cela s'est vu – à des violations des droits de la personne, à la disparition de moyens de subsistance et à des difficultés pour les peuples autochtones et les communautés locales, [ce qui peut entraîner] privation des droits, ressentiment et colère » (Cooney et al., 2018, p. 5).

Les approches communautaires exigent de la patience, car les parties prenantes locales doivent s'organiser et renforcer leurs propres compétences. Il est essentiel de donner aux peuples autochtones et aux communautés locales des occasions réelles de se faire entendre et d'exercer leurs droits à tous les échelons, afin de promouvoir des stratégies de conservation de la faune et de la flore plus efficaces et plus équitables.

Uni, la création des sites Natura 2000 s'est opérée de manière intégrée, favorisant ainsi une plus grande acceptation (Primmer et al., 2014). Si les approches d'INTERPOL décrites ci-dessus s'avèrent efficaces, elles pourraient servir de modèles à d'autres initiatives visant à enrayer la criminalité internationale et la destruction de l'environnement. De plus, la mise en place d'essais contrôlés randomisés ainsi que la mesure et la communication régulières du succès ou de l'échec des interventions de conservation peuvent aider à en vérifier l'efficacité (Schwartz et al., 2017).

13.2.3 Les programmes d'incitation économique : le paiement des services écosystémiques

Comme les programmes d'incitation économique (PIE) et les interventions sur le marché sont sans doute plus souples que les politiques contraignantes et les politiques de réglementation, ils permettent de développer des approches innovantes qui reconfigurent les liens existant entre l'humanité et l'environnement. Les PIE, qui sont généralement des ripostes dans le cadre DPSIR (voir la section 1.6), reposent sur l'hypothèse selon laquelle les incitations économiques peuvent compenser les facteurs extérieurs au marché en facilitant les comportements favorables à la conservation et en décourageant les comportements négatifs. Ces outils économiques peuvent également servir à dédommager les parties prenantes affectées par certaines mesures de conservation de la biodiversité.

Les PIE sont donc en mesure de remédier aux écarts d'échelle en matière de conservation de la biodiversité – par exemple, lorsque les avantages de la conservation se ressentent à l'échelle régionale ou nationale alors que le coût est assumé par les communautés

locales, à une échelle réduite. On peut citer parmi les exemples de PIE les programmes visant la réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts (REDD+), l'amélioration des espèces, l'écocertification, la mise en réserve de terres agricoles ou l'achat de terres publiques ou subventionnées. On peut considérer comme des PIE les servitudes de conservation, les paiements incitatifs pour l'agriculture biologique, les mesures fiscales et le paiement pour services écosystémiques (PSE) (PNUD, 2017). Par exemple, les communes situées dans la zone centrale d'un parc national en France reçoivent désormais des « compensations environnementales » pour la protection de cette zone (Code général des collectivités territoriales, article L2, 334-7). En outre, une réduction de 20 % du taux de l'impôt foncier s'applique à toutes les zones humides du pays (Primmer et al., 2014).

Le PSE intègre plusieurs composantes clés des PIE. En tant que moyen d'intervention, le PSE a été largement mis en œuvre à l'échelle nationale pour la première fois au Costa Rica (Porras et al., 2013), où il est opérationnel depuis 1996. Il s'est étendu depuis lors à de nombreux pays, sous différentes formes. En général, le PSE récompense les gestionnaires locaux d'un écosystème, afin qu'ils préservent les ressources naturelles dont ils dépendent (tout comme, bien souvent, les usagers en aval). On peut par exemple inciter un exploitant agricole dont la terre est en pente raide à reconverter celle-ci en couvert forestier afin de protéger une source d'eau stratégique. Un cas bien documenté nous apprend que la Ville de New York a rétribué des propriétaires terriens des montagnes des Catskills pour protéger le paysage, évitant ainsi les dépenses supplémentaires liées à une nouvelle usine de traitement des eaux (Appleton, 2013). En offrant des incitations économiques pour encourager une meilleure gestion des terres, le PSE permet à de nouveaux acteurs de participer à la conservation de la biodiversité, tout en favorisant une relation plus durable entre les humains et la nature, par la valorisation des services écosystémiques rendus par la biodiversité.

Toutefois, l'efficacité des mécanismes de PSE fait actuellement débat ; et pour cause, il existe peu d'études contrôlées randomisées qui en évaluent le succès (Börner et al., 2017). Une analyse récente de 38 articles évalués par des pairs révèle une insuffisance de données probantes sur leur efficacité (Gaworecki, 2017). La plupart de ces études n'ont pas comparé la zone de mise en œuvre du PSE à une zone témoin hors-PSE (Gaworecki, 2017). Les études les plus rigoureuses concluent, quant à elles, à une réduction de la déforestation d'à peine quelques points de pourcentage. Les paiements sont souvent trop faibles pour compenser le coût d'opportunité d'autres utilisations des terres – par exemple, le développement agricole –, bien que les avantages connexes potentiels ne soient pas pris en compte. L'étude de cas ci-après porte sur un exemple de mécanisme de PSE qui avait le double objectif de freiner la dissémination des espèces envahissantes (l'une des principales pressions sur la biodiversité) et de créer des emplois

Étude de cas : le programme Working for Water en Afrique du Sud

L'Afrique du Sud subit une forte pression exercée sur ses ressources en eau par les végétaux non indigènes, à la fois terrestres (par exemple, les essences *Pinus*, *Acacia* et *Eucalyptus* échappées des cultures commerciales) et aquatiques (par exemple, la jacinthe d'eau [*Eichhornia crassipes*], qui constitue également une menace pour les biomes des Grands Lacs africains) (Chamier et al., 2012). En 1995, le Gouvernement sud-africain a mis en place le programme Working for Water (WfW) afin, d'une part, d'éliminer les espèces envahissantes des bassins versants où l'environnement s'était dégradé et, d'autre part, de s'attaquer aux problèmes d'équité sociale et de chômage chez les personnes peu qualifiées. Le programme WfW s'est concentré principalement sur les femmes, les jeunes et les personnes handicapées vivant en milieu rural, en leur offrant des possibilités d'emploi associées à l'élimination et au contrôle des plantes envahissantes (McQueen, Noemdoe et Jezile, 2001). Le programme WfW constitue l'un des exemples les plus pérennes de l'approche PSE liée à la création d'emplois.





Tableau 13.4 : Résumé des critères d'évaluation – Le programme Working for Water

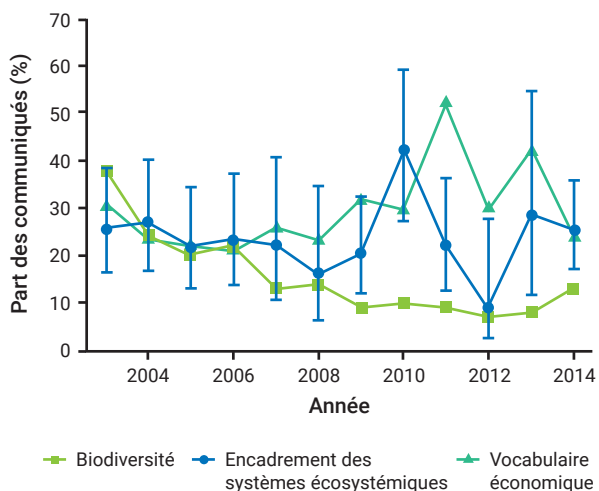
Critère	Description	Références
Succès ou échec	Le programme WfW avait pour buts de renforcer la sécurité hydrique, d'améliorer l'intégrité écologique et de restaurer le potentiel productif des terres, de promouvoir l'utilisation durable des ressources naturelles et d'investir dans les secteurs les plus marginalisés de la société sud-africaine. À ce jour, plus de trois millions d'hectares (30 % de la superficie totale touchée en Afrique du Sud) ont été débarrassés d'espèces allogènes, ce qui représente un certain succès et augure d'un avenir prometteur. Les débits des cours d'eau ont augmenté, bien que les avantages décroissent avec le temps, à mesure que la végétation repousse.	Barnes <i>et al.</i> , 2007 ; Bonnardeaux, 2012 ; Jarman et Meijninger, 2012 ; Le Maitre, Gush et Dziki, 2015 ; Scott-Shaw, Everson et Clulow, 2017
Indépendance de l'évaluation	Évaluation approfondie (littérature scientifique avec comité de lecture).	Hobbs, 2004 ; Turpie, Marais et Blignaut, 2008 ; Buch et Dixon, 2009 ; Meijninger et Jarman, 2014
Acteurs clés	Le cadre du programme WfW regroupe les acteurs suivants : <ul style="list-style-type: none"> ❖ un conseil interministériel (formé de ministres et présidé par le ministre des Eaux et Forêts) ; ❖ un comité directeur interministériel ; ❖ des comités directeurs provinciaux et des comités directeurs du projet des parties prenantes concernées à l'échelon local. 	McQueen, Noemdoe et Jezile, 2001
Données de référence	Le rapport <i>Water for Growth and Development in South Africa, Version 6</i> a servi de référence. On rapporte que 10,1 millions d'hectares (6,8 % de la superficie de l'Afrique du Sud et du Lesotho) ont été envahis par des plantes exotiques en 1997, ce qui a réduit le débit annuel moyen de 3,3 milliards de mètres cubes et entraîné le gaspillage d'environ 7 % de l'eau chaque année en Afrique du Sud.	Barnes <i>et al.</i> , 2007
Délai d'exécution	Le programme WfW est opérationnel depuis plus de vingt ans. Des gains quantifiables pour l'écosystème ont été enregistrés dès les premières années de sa mise en œuvre.	
Facteurs contraignants	Il a été indiqué que les emplois à court terme et les bas salaires offerts par le programme WfW n'apportaient qu'une solution temporaire aux problèmes chroniques du chômage et du déficit de compétences en Afrique du Sud.	Buch et Dixon, 2009
Facteurs habilitants	Au nombre des lois efficaces appliquées dans le cadre du programme figurent l' <i>Agricultural Pests Act</i> (sur les parasites agricoles), la <i>Conservation of Agricultural Resources Act</i> (sur la conservation des ressources agricoles), la <i>National Environmental Management Act</i> (sur la gestion de l'environnement), l' <i>Environment Conservation Act</i> (sur la préservation de l'environnement), la <i>National Water Act</i> (sur l'eau) et la <i>National Veld and Forest Fire Act</i> (sur les incendies de veld et de forêt). Le programme WfW pilote une unité de recherche dans le cadre de son engagement en faveur de la gestion des plantes allogènes envahissantes.	Venter, 2005
Coût-efficacité	Plusieurs analyses coûts-avantages ont été réalisées, avec des résultats contrastés, mais qui tendent globalement à montrer que cette politique présente un bon rapport coût-efficacité. Un aspect important tient au coût élevé de l'inaction. En 1998, le ministère sud-africain des Affaires environnementales a estimé le coût de la lutte contre les plantes envahissantes à 600 millions de rands (soit 100 millions de dollars É.-U. par an sur 20 ans, mais a indiqué que ce coût pourrait doubler en 15 ans faute de mesures appropriées.	South African National Biodiversity Institute, 2008 ; Turpie, Marais et Blignaut, 2008 ; Afrique du Sud, Ministère des Affaires environnementales, 2010 ; Afrique du Sud, Ministère de l'Eau [DWA], 2010a ; DWA, 2010b ; McConnachie <i>et al.</i> , 2012 ; van Wilgen <i>et al.</i> , 2012
Équité	Les propriétaires terriens qui luttent contre les espèces envahissantes dans le cadre du programme WfW ont pu bénéficier d'allègements fiscaux. Les employés qui éradiquent les espèces envahissantes du paysage (principalement des femmes et des personnes défavorisées) sont ceux qui en profitent le plus.	Turpie, Marais et Blignaut, 2008 ; Buch et Dixon, 2009
Avantages connexes	Le programme WfW fournit chaque année plus de 20 000 emplois temporaires aux personnes les plus marginalisées, qui, autrement, n'auraient probablement pas accès au marché du travail (52 % des bénéficiaires sont des femmes), éduque et forme des travailleurs non qualifiés et contribue aux programmes de développement communautaire (https://www.environment.gov.za/projectsprogrammes/wfw). En mettant particulièrement l'accent sur le VIH/sida, le programme WfW visait à fournir un soutien aux personnes séropositives, ainsi qu'une éducation et une formation pour réduire le risque de transmission.	Magadla et Mdzake, 2004
Effets transfrontières	Sans objet.	
Pistes d'amélioration	Les recommandations comprennent : a) des indicateurs écologiques fiables pour évaluer : i) l'étendue de la zone traitée, ii) le niveau de réduction du degré d'envahissement, iii) l'impact sur les ressources en eau, iv) le taux de rétablissement des écosystèmes (Levenda <i>et al.</i> , 2008) ; b) une intégration plus poussée du développement social dans les objectifs environnementaux du programme.	Levenda <i>et al.</i> , 2008



Lorsqu'ils sont bien mis en œuvre, les PIE permettent une intégration intersectorielle (par exemple, faciliter l'autonomisation des femmes tout en luttant contre les espèces envahissantes, comme le montre l'étude de cas sur le programme WfW), une participation accrue des parties prenantes et une gouvernance multipartite. Toutefois, un inconvénient des PIE découle de l'hypothèse voulant que seules des incitations financières amèneraient les acteurs à modifier leur comportement et à adopter une attitude favorable à la conservation. Cette hypothèse peut susciter d'autres questions sur la viabilité de ces politiques une fois le financement épuisé. Il est parfois difficile de trouver le bon point de bascule financier pour prévenir la perte de biodiversité et améliorer le bien-être humain (par exemple, le niveau d'indemnités adéquat) en faisant correspondre les coûts d'opportunité prévus. L'analyse coûts-avantages peut aider à trouver la solution optimale lorsque plusieurs mesures de conservation sont envisageables (Bryan, 2010). Une autre lacune dans la mise en œuvre des PIE réside dans le traitement des propriétaires terriens en tant que décideurs indépendants et individuels (à l'instar de l'expérience finlandaise de PSE en lien avec le commerce de valeurs naturelles [Nature Values Trading]) (Paloniemi et Vilja, 2009). Toutefois, les propriétaires terriens peuvent être influencés dans leur prise de décision par des conseillers professionnels ou la collectivité à bien des égards (Mukherjee *et al.*, 2016). En outre, l'accent devrait porter sur la conservation de la biodiversité plutôt que sur les seuls avantages qui en découlent.

Des progrès considérables ont été réalisés ces dernières années en vue de faire connaître à tous la valeur de la nature (par exemple, IPBES, 2016). Une mise en garde s'impose toutefois : il importe de continuer à mettre l'accent sur la biodiversité. L'essence de la conservation de la biodiversité ne doit pas se diluer dans l'empressement à valoriser ses avantages et ses services, car c'est bien la biodiversité qui est la pierre angulaire de tous les services (voir le **figure 13.4** ci-dessous, tirée de Kusmanoff [2017], qui montre qu'en Australie, si l'usage du vocabulaire économique gagne du terrain, celui du mot « biodiversité » diminue).

Figure 13.4 : Évolution de l'usage des termes et expressions contenant biodiversité (*biodiversité*), *econo* (*écono-*) et *ecosystem services* (*services écosystémiques*) dans les communiqués de presse liés à l'agenda environnemental du Gouvernement australien (n = 3 553). Les barres d'erreur représentent des intervalles de confiance de 95 % basés sur le sous-échantillon portant sur l'encadrement des services écosystémiques (n = 516).



Source : Kusmanoff (2017).

13.2.4 Le soutien à l'investissement : les banques de matériel génétique

Actuellement, seule une infime part (env. 0,002 %) du PIB mondial est investie dans la conservation de la biodiversité (Sumaila *et al.*, 2017). Pourtant, le maintien du capital naturel par la réalisation des Objectifs d'Aichi pour la biodiversité à l'horizon 2020 se traduirait par des gains pécuniaires (et non pécuniaires) qui dépasseraient de loin les coûts de réalisation de ces objectifs (Sumaila *et al.*, 2017).

Malgré la lenteur des progrès, certains gouvernements sont en train d'adhérer à la cause. Par exemple, le Gouvernement de l'État australien de la Nouvelle-Galles-du-Sud a mis en place un fonds en fiducie pour la conservation de la biodiversité, afin d'exécuter un programme complet de conservation sur les terres privées dans le cadre de sa stratégie 2017-2037 (Nouvelle-Galles-du-Sud, Bureau de l'Environnement et du Patrimoine, 2017). Un investissement public à hauteur de 240 millions de dollars australiens sur cinq ans, assorti d'un plan de financement annuel permanent de 70 millions de dollars, a été affecté à ce projet destiné aux propriétaires terriens privés.

L'UE a estimé que le coût de la gestion des sites Natura 2000, son réseau d'aires protégées, s'éleverait à 5,8 milliards d'euros par an pour des gains estimés entre 200 à 300 milliards d'euros par an, avec à la clé la création de 180 000 emplois (Bourguignon, 2015). L'instrument financier pour l'environnement de l'UE (LIFE), lancé en 1992, et le programme LIFE+ qui lui a succédé ont permis de cofinancer la gestion des sites, le renforcement des capacités et les plans d'action par espèce. Entre 2014 et 2020, 2,6 milliards d'euros ont été affectés à la protection de l'environnement dans le cadre du programme LIFE, dont la moitié pour la conservation de la nature et de la biodiversité (Bourguignon, 2015). Le Gouvernement du Royaume-Uni a récemment annoncé la création d'un conseil des entreprises vertes pour soutenir l'entrepreneuriat environnemental dans le cadre de son plan pour l'environnement d'une durée de 25 ans (Royaume-Uni, ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales, 2018, p. 150). Le Royaume-Uni prévoit également de créer un fonds pour limiter les impacts sur l'environnement naturel, destiné à l'octroi de divers prêts et subventions – à des taux inférieures à ceux du marché – qui pourraient être remboursés à long terme. Il s'agit de remédier aux éventuelles défaillances du marché qui tendaient à limiter l'adoption de projets de protection de l'environnement naturel générateurs de revenus (Royaume-Uni, ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales, 2018, p. 149).

Le financement des investissements dans la biodiversité peut provenir de sources diverses (SCDB, 2012), notamment les sources nationales de financement de base de la biodiversité, les gouvernements nationaux, les flux internationaux d'aide publique au développement et le financement multilatéral. En outre, les allègements fiscaux pour les infrastructures vertes, les accords de conservation, les crédits d'émission de carbone, les politiques fiscales vertes et les obligations vertes, ainsi que les investissements du secteur privé et du tiers secteur font également partie des outils dont disposent les décideurs pour faciliter l'investissement en faveur de la conservation de la biodiversité.

Les principes des obligations vertes (*Green Bonds*) de 2016 reconnaissent explicitement la conservation de la biodiversité parmi les catégories admissibles au financement (GreenInvest, 2017). Les obligations vertes constituent l'un des segments du marché des titres à revenu fixe qui croît le plus rapidement (81 milliards de dollars É.-U. en 2016). Les gouvernements et les entreprises pourraient utiliser ces obligations vertes de façon stratégique pour tirer parti des flux de capitaux internationaux dans l'optique de faciliter les investissements dans la conservation de la biodiversité (GreenInvest, 2017). Les obligations vertes pourraient également servir de plateforme intermédiaire entre l'élaboration des politiques financières et celle des politiques d'investissement, qui,



dans certains pays, relèvent bien souvent d'institutions distinctes (GreenInvest 2017, p. 40).

La Réserve mondiale de semences du Svalbard (SGSV), une banque de gènes représentant la plus vaste collection de la diversité des cultures au monde, est un exemple innovant de soutien à l'investissement. Dans le cadre DPSIR (voir la section 1.6), il s'agit là d'une réponse par une politique de conservation *ex situ* des semences, afin d'améliorer la situation des espèces végétales importantes pour l'alimentation et l'agriculture.

Étude de cas : la Réserve mondiale de semences du Svalbard

Selon les estimations de la FAO, la planète a perdu 75 % de sa diversité génétique végétale au cours du siècle dernier (FAO, 2010). La conservation *ex situ* sous la forme d'une banque de gènes (il en existe actuellement plus de 1 750 à travers le monde, qui conservent collectivement environ 7,4 millions d'acquisitions) constitue une forme primordiale de conservation du matériel phylogénétique (FAO, 2010).

La SGSV (figure 13.5) a été fondée en 2008 dans le but principal de constituer une réserve de secours pour les ressources phylogénétiques destinées à l'alimentation et à l'agriculture. L'accent est mis sur la préservation de la diversité intraspécifique des espèces cultivées et des espèces sauvages apparentées. Les risques découlant des catastrophes naturelles, des guerres et de la mauvaise gestion de certaines banques de gènes nationales exigent un stockage de secours pour les cultures d'importance mondiale (Fowler, 2008).

La construction de la SGSV a été financée par le Gouvernement norvégien à hauteur de 8,8 millions de dollars É.-U. (Hopkin, 2008), et ses frais de fonctionnement (environ 300 000 dollars É.-U. par an) sont partagés avec le Fonds fiduciaire mondial pour la diversité des cultures. Ce dernier fournit des subventions à long terme à partir d'un fonds de dotation constitué de dons publics et privés.

Figure 13.5 : La SGSV est située à 100 m à l'intérieur d'une montagne, sur une île isolée de l'archipel du Svalbard, à mi-chemin entre la Norvège continentale et le pôle Nord ; les échantillons sont stockés à -18 °C



Des politiques d'investissement de soutien sont nécessaires de toute urgence pour compléter les politiques contraignantes et les PIE et soutenir les acteurs habilitants afin de juguler les taux de perte de biodiversité (voir la section 6.5). Comme pour les PIE, les politiques d'investissement de soutien sont également plus souples et adaptables dans leur approche. Elles permettent également de mettre en place des solutions uniques et innovantes, comme le montre l'étude de cas sur la SGSV. Les investissements directs étrangers dans les pays tropicaux en développement pourraient être orientés vers la conservation de la biodiversité par le biais d'un appui aux politiques d'investissement telles que les obligations vertes (GreenInvest, 2017). Les initiatives comme la SGSV sont conformes à l'ODD 16 dans la mesure où les résultats des investissements sont transparents, inclusifs et soumis à une reddition de comptes. Des réserves sont néanmoins émises quant à la structure de pouvoir inhérente à la prise de décision et à la mise en œuvre des politiques d'investissement de soutien. L'analyse *ex ante* de ces politiques doit donc déterminer qui sont les investisseurs et les bénéficiaires à long terme.

Pour ce qui est de la conservation de la biodiversité au sens large, la SGSV est un système de réserve ; elle n'a pas pour objet de perpétuer les savoirs traditionnels sur la récolte des cultures susceptibles de disparaître face aux progrès de l'agriculture. La conservation *in situ* pourrait, en revanche, faire perdurer ces compétences tout en favorisant l'adaptation des espèces à l'évolution de leur environnement. La conservation *ex situ* est également confrontée au problème de l'érosion génétique (van de Wouw *et al.*, 2010), pouvant entraîner la fin de la viabilité perpétuelle des semences conservées. La protection des ressources génétiques exige la participation de tout un éventail d'acteurs, compte tenu des défis politiques, éthiques et techniques à relever en matière de conservation des ressources génétiques des cultures (Esquinas-Alcázar, 2005).

En outre, il y a lieu de promouvoir l'apport de la diversité biologique à la sécurité alimentaire. L'Assemblée sur l'adaptation écosystémique au service de la sécurité alimentaire (EBAFOSA), mise sur pied en 2015, vise à concilier la gestion durable des écosystèmes (y compris la conservation de la biodiversité) avec les adaptations au changement climatique afin d'assurer la sécurité alimentaire en Afrique¹.

13.2.5 L'habilitation des acteurs : la planification environnementale stratégique

L'amélioration de la qualité des environnements urbains en vue de générer des avantages écologiques et sociaux est de plus en plus largement reconnue comme une composante essentielle de l'urbanisme. L'Assemblée générale des Nations Unies (A/71/266, 1^{er} août 2016) a examiné le concept de « Terre nourricière » sous la rubrique « Harmonie avec la nature », visant à inspirer les citoyens et les sociétés et à changer leur façon d'interagir avec le monde naturel. Cette démarche est étroitement corrélée aux concepts d'infrastructure verte et d'espaces verts et à la reconnaissance des liens vitaux existant entre les services écosystémiques et la biodiversité. Il s'agit notamment de mettre en exergue les avantages liés à la qualité de l'eau, à l'atténuation des inondations, à l'amélioration de la qualité de l'air, à la santé physique et mentale et à la réduction du bruit – autant de facteurs décisifs pour circonscrire les problèmes urbains (Carrus *et al.*, 2015 ; Ürges-Vorsatz *et al.*, 2018) et contribuer à l'atténuation des effets du changement climatique, ainsi qu'à l'adaptation à ces effets (Rosenzweig *et al.*, 2018). Le rôle de la biodiversité dans les villes a également été reconnu par d'autres forums internationaux tels que la Conférence sur les villes du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (mars 2018) ; il a été prouvé que le maintien de la biodiversité améliorerait la qualité de vie, la santé humaine et la sensibilité aux questions environnementales dans les zones urbaines (OMS et SCDB, 2015 ; Ürges-Vorsatz *et al.*, 2018).

¹ <https://www.ebafosa.org>.



Tableau 13.5 : Résumé des critères d'évaluation – La Réserve mondiale de semences du Svalbard

Critère	Description	Références
Succès ou échec	L'objectif est de conserver 4,5 millions de variétés de cultures, chaque variété ayant en moyenne 500 semences (soit un total de 2,5 milliards de semences). Au cours des cinq premières années de fonctionnement, 53 des banques de gènes du monde y ont déposé une part importante de leurs collections, et la Réserve abrite actuellement plus de 960 000 échantillons.	Westengen, Jeppson et Guarino, 2013 ; Asdal, 2018
Indépendance de l'évaluation	L'évaluation officielle a été publiée dans une revue à comité de lecture.	Westengen, Jeppson et Guarino, 2013 ; Asdal, 2018
Acteurs clés	Au nombre des acteurs figurent la Commission des ressources génétiques de la FAO, le Gouvernement norvégien, le Centre nordique de ressources génétiques, le Fonds fiduciaire mondial pour la diversité des cultures et le Conseil consultatif international (experts techniques et stratégiques représentant la FAO, les banques génétiques nationales, le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale et le Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture).	Westengen, Jeppson et Guarino, 2013 ; Asdal, 2018
Données de référence	Cinq critères de référence ont permis d'évaluer les doublons compris dans la collection de la SGSV. Cette évaluation visait à quantifier l'éloignement de la SGSV par rapport à son objectif, à savoir reproduire à l'échelle mondiale toutes les acquisitions distinctes (échantillons uniques de semences) de ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture conservées sous forme de semences orthodoxes (pouvant survivre au séchage ou à la congélation).	Westengen, Jeppson et Guarino, 2013 ; Asdal 2018
Délai d'exécution	La Réserve a théoriquement une durée de vie illimitée. L'on dénombre actuellement un tiers des acquisitions distinctes au niveau mondial, qui totalisent 156 genres de cultures.	Westengen, Jeppson et Guarino, 2013 ; Asdal, 2018
Facteurs contraignants	La décision de participer ou non au projet a été perçue comme une contrainte (par la Chine et le Japon notamment), bien que de nouveaux échantillons de semences aient été déposés en 2018 par des pays tels que l'Inde, le Pérou et le Kenya. Le changement climatique pourrait être considéré comme une contrainte future pour l'installation des infrastructures.	
Facteurs habilitants	La signature du Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture ; le pergélisol, qui garantit une congélation naturelle en cas de panne des équipements de refroidissement ; la stabilité géopolitique et le soutien du gouvernement local (l'activité militaire est interdite sur le site en vertu du Traité international du Svalbard).	
Coût-efficacité	Aucune analyse coût-efficacité n'a été menée à ce jour.	
Équité	Actuellement, les plantes à usage traditionnel et les pratiques culturelles connexes ne sont pas prioritaires et sont menacées de disparition. Le Fonds fiduciaire mondial pour la diversité des cultures aide financièrement les pays en développement pour les questions logistiques et l'acheminement des acquisitions vers la SGSV.	Eastwood <i>et al.</i> , 2015
Avantages connexes	La SGSV a contribué à sensibiliser le public (en particulier, par le biais des médias) à l'importance de la conservation de la diversité génétique – en particulier des plantes – pour la sécurité alimentaire future.	Friel et Ford, 2015 ; Westengen, Jeppson et Guarino, 2013
Effets transfrontières	Le contrat de dépôt standard de la SGSV garantit que la propriété légale des acquisitions ne saurait être transférée et que celles-ci ne peuvent être restituées qu'aux banques de gènes qui les ont fournies à l'origine.	Westengen, Jeppson et Guarino, 2013
Pistes d'amélioration	1) On constate des lacunes dans les acquisitions auprès d'autres banques de gènes qui n'ont pas de collection de sauvegarde. 2) L'importance de la conservation <i>in situ</i> pour compléter les approches <i>ex situ</i> a également été soulignée, car le matériel génétique stocké est statique du point de vue de l'évolution et ne peut pas s'adapter aux changements de climat et d'habitat. 3) Une autre forme de conservation <i>ex situ</i> – les banques d'ADN – pourrait être une approche complémentaire de la conservation phytogénétique.	Dulloo, 2015; Hopkin, 2008; Hodkinson <i>et al.</i> , 2007



La participation des communautés à l'utilisation et à la gestion efficaces des écosystèmes naturels dans les zones urbaines peut être bénéfique tant pour les résidents que pour la biodiversité et favoriser une gouvernance inclusive des villes. La mobilisation de parties prenantes variées à plusieurs échelons et les partenariats interdisciplinaires de spécialistes (écologistes, urbanistes, architectes paysagistes) sont également considérés comme importants pour la conservation de la biodiversité (Felson et Pickett, 2005 ; Colding, 2007). Les progrès sont mesurables : par exemple, l'Indice de biodiversité des villes « est un outil de suivi qui aide les collectivités locales à évaluer leurs progrès en matière de conservation de la biodiversité urbaine, lesquels pourront d'ailleurs être inscrits dans le rapport national » (SCDB, 2014).

Diverses dispositions et approches institutionnelles tiennent compte de l'importance de la biodiversité des espaces verts. Par exemple, la santé et le bien-être sont des aspects pris en considération en Italie (Carrus *et al.*, 2015), tout comme la restauration de la forêt atlantique – par le biais de plans municipaux – dans les zones urbaines du Brésil (Sansevero *et al.*, 2017) et la préservation des services écosystémiques en Finlande (Niemelä *et al.*, 2010). Le soin porté à la biodiversité passe par le respect des normes et composantes de la biodiversité et de l'environnement dans les politiques sectorielles, garant de la participation des parties prenantes. Dans le cadre de l'approche DPSIR (section 1.6), l'intégration est une réponse apportée par un groupe d'acteurs pour faire face à des pressions et des forces motrices telles que la perte et la fragmentation de l'habitat ou encore la pression démographique (section 2.2). La politique en faveur des réseaux d'aires naturelles (Natural Area Systems Policy) d'Edmonton illustre la façon d'inciter les acteurs locaux à intégrer la biodiversité dans l'environnement urbain.

Étude de cas : la politique en faveur des réseaux d'aires naturelles d'Edmonton

La ville d'Edmonton, au Canada, a fait de la protection de la biodiversité une priorité en intégrant des considérations relatives à la biodiversité à ses plans d'aménagement. En 2006, elle a approuvé une politique verte visant à promouvoir la formation de



© Shutterstock/LisaBourgeault

Figure 13.6 : Edmonton : le réseau de parcs de River Valley, le long de la rivière Saskatchewan Nord, vu du centre-ville



© Carol Zastavniouk

communautés viables sur le plan environnemental. En 2007, la ville a avalisé sa politique en faveur des réseaux d'aires naturelles, laquelle a pour objectif affirmé de « conserver, protéger et restaurer la biodiversité d'Edmonton, et d'établir un équilibre entre les considérations écologiques et environnementales et les dimensions économiques et sociales dans ses processus décisionnels ». Cette politique a débouché sur un plan stratégique pour la conservation et le rétablissement des réseaux naturels d'Edmonton et de la biodiversité qu'ils abritent (**figure 13.6**).

Il a été prouvé dans certains cas que les acteurs habitants et les aménagements institutionnels en matière de conservation de la biodiversité locale et urbaine étaient efficaces lorsque les administrations collaboraient de façon transversale à l'amélioration de la qualité des milieux urbains en vue d'obtenir des avantages écologiques et sociaux. Une participation étendue des parties prenantes à la gestion de l'environnement « peut sembler très risquée, mais il est de plus en plus manifeste que si elle est bien préparée, le risque (potentiel) doit être assumé » (Reed, 2008). Toutefois, l'établissement des priorités budgétaires et fiscales demeure un défi de taille pour l'administration publique.

L'étude de cas d'Edmonton illustre la mise en œuvre réussie de sa politique sur les réseaux d'aires protégées, qui a permis de mettre à l'abri 110 ha/an d'aires naturelles prioritaires. L'empreinte écologique d'Edmonton a diminué, mais elle est encore de 7,45 ha par habitant, soit beaucoup plus que la moyenne mondiale (2,71 ha/habitant) ou l'indicateur de durabilité de la capacité mondiale (4,5 ha/habitant), en grande partie à cause de la consommation de ressources provenant de l'extérieur de la ville.



Tableau 13.6 : Résumé des critères d'évaluation – La politique sur les réseaux d'aires naturelles d'Edmonton

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Le <i>Report on the Environment 2015</i> d'Edmonton comprend plusieurs indicateurs écologiques, notamment la naturalisation des pelouses, la protection des aires naturelles prioritaires, les terres mises à l'abri comme aires naturelles et l'expansion des zones humides, ainsi que le nombre d'arbres gérés et entretenus par le conseil municipal. Dans les données de séries chronologiques, la plupart des indices affichent des tendances positives : le nombre d'arbres entretenus par la ville a augmenté, tout comme la superficie des terres converties en aires naturelles et celle des zones humides reconstituées.	
Indépendance de l'évaluation	Le succès de la politique a fait l'objet d'une autoévaluation supervisée par le comité directeur municipal de la gestion de l'environnement.	
Acteurs clés	Les principaux acteurs sont le conseil municipal d'Edmonton et les services responsables de l'instauration de meilleures pratiques de protection de la biodiversité. Le bureau municipal des aires naturelles (Office of Natural Areas) coordonne les efforts stratégiques de protection du réseau. Les communautés locales participent à des programmes tels que le Master Naturalist, un organisme local qui facilite l'échange de connaissances et met en place des formations pour i) accompagner les bénévoles gérant les aires naturelles, ii) faciliter la surveillance des espèces envahissantes grâce à la science participative, et iii) encourager l'implication dans la gouvernance d'une fiducie foncière à but non lucratif.	
Données de référence	Les conclusions du rapport <i>State of Natural Areas</i> produit en 2006 par la Ville d'Edmonton révèlent que, sans la mise en place de réformes, son utilisation des terres entraînerait, avec le temps, la perte de plus de la moitié de la superficie des réseaux naturels existants sur les plateaux d'Edmonton.	Ville d'Edmonton, 2009
Délai d'exécution	L'énoncé de vision <i>The Way We Green Vision: 2040</i> décrit le plan stratégique pour l'environnement de la Ville d'Edmonton. Douze objectifs ont été définis pour garantir à Edmonton un avenir conjuguant durabilité et résilience, qui sont les maîtres mots de ce plan sur 30 ans.	
Facteurs contraignants	La ville continue de subir d'importantes pertes d'aires naturelles, causées par l'afflux sans précédent de nouveaux résidents venus s'installer à Edmonton. Pour faire face à cette situation, la ville a acheté des terrains stratégiques pour les protéger des pressions de l'urbanisation (voir ci-dessous).	Ville d'Edmonton, 2009
Facteurs habilitants	Le conseil municipal d'Edmonton semble être résolu et bénéficier de précieux appuis dans la conduite de la politique et de sa mise en œuvre. Il a autorisé i) l'affectation de 20 millions de dollars canadiens à un fonds et une fiducie foncière d'emprunt pour acquérir des forêts et des zones humides dans les nouvelles zones et ii) une entente de 1 million de dollars canadiens par an pour l'achat de zones humides, dans le cadre d'une initiative distincte. Le profil et la réputation internationale bien établis de la Ville pourront également aider à s'assurer de la pérennisation des réussites.	Ville d'Edmonton, 2009 ; Local Governments for Sustainability, 2013
Coût-efficacité	La Ville d'Edmonton a évalué les impacts environnementaux, la valeur et la structure de la forêt urbaine d'Edmonton, au regard de trois services écosystémiques : la purification de l'air, la séquestration du carbone et la réduction des eaux pluviales. Le gain moyen enregistré par arbre dans la forêt urbaine d'Edmonton est de 74,73 dollars É.-U., alors que l'entretien de chaque arbre coûte 18,38 dollars É.-U.	Ville d'Edmonton, 2009
Équité	Le projet contribue à l'intégration sociale des immigrants dans la vie urbaine. Les promoteurs immobiliers doivent se conformer à la réglementation environnementale, et les nouvelles zones suburbaines sont dotées d'espaces verts, d'aires naturelles et de parcs au service des communautés. Toutefois, au vu de l'augmentation de la valeur des terrains, le coût d'achat à des fins de conservation est devenu prohibitif pour la fiducie de la ville, a fortiori parce que les propriétaires terriens sont plus réticents à vendre leur bien.	
Avantages connexes	La multiplication des espaces verts en milieu urbain offre des avantages supplémentaires, notamment la réduction du stress, de la criminalité et de la violence, ainsi que le renforcement de la cohésion sociale dans les quartiers. Ces espaces sont bénéfiques à bien des égards, notamment quant à leurs effets sur la santé psychologique, cognitive et physiologique (OMS et SCDB, 2015). Certaines indications laissent, par ailleurs, transparaître un élargissement des perspectives offertes aux entreprises d'énergie renouvelable (Alberta Canada, 2017).	Maas <i>et al.</i> , 2009 ; Garvin, Cannuscio et Branas, 2013 ; Roe <i>et al.</i> , 2013
Effets transfrontières	Rien à signaler dans l'examen des rapports d'étape.	
Pistes d'amélioration	Un suivi à long terme d'un plus large éventail d'avantages sociaux et environnementaux serait utile, de même qu'une évaluation plus formelle par des pairs indépendants. Il est également nécessaire de tenir compte des effets induits, tels que l'augmentation des coûts fonciers, et des conflits de priorités dans une ville qui connaît une croissance démographique soutenue depuis 25 ans.	



13.3 Les indicateurs : les politiques de la biodiversité

Les indicateurs sensibles aux politiques sont un moyen instructif de comprendre la mise en œuvre des politiques (voir le chapitre 10). L'IPBES et la CDB ont toutes deux produit des évaluations mondiales recourant à une grande variété d'indicateurs ; à titre d'exemple, *Perspectives mondiales de la diversité biologique 4* utilise 55 indicateurs de la biodiversité (SCDB, 2014 ; Tittensor *et al.*, 2014). Aux fins de la sixième édition

de *L'avenir de l'environnement mondial* (GEO-6), trois indicateurs mondiaux ont été sélectionnés sur la base de leurs liens avec les ODD, de la désagrégation nationale et de la continuité avec les rapports GEO antérieurs (**tableau 13.7**).

Les indicateurs reflétant précisément les liens entre la biodiversité et la santé humaine font actuellement défaut, bien que des moyens d'améliorer les indicateurs de santé de la biodiversité aient déjà été proposés (Huynen, Martens et De Groot, 2004 ; Hough, 2014 ; Sandifer, Sutton-Grier et Ward, 2015).

Tableau 13.7 : Indicateurs sensibles aux politiques

Indicateur	Justification de la sélection	Abordé dans la partie A	Abordé dans les études de cas	Liens avec les ODD ou les AME	Sources de données
1) Proportion de pays ayant adopté une législation nationale pertinente et allouant des ressources suffisantes à la prévention ou au contrôle des espèces allochtones envahissantes	Liens avec la Convention sur la diversité biologique en tant qu'indicateur de l'Objectif 9 d'Aichi pour la biodiversité. À la fois sensible à la politique adoptée et pertinent, il est conçu comme un indicateur de réponse. Il a été utilisé dans la cinquième édition de <i>L'avenir de l'environnement mondial</i> (GEO-5), et c'est un indicateur des ODD avéré.	Oui : Les espèces envahissantes sont traitées comme l'une des cinq principales pressions sur la biodiversité (section 6.4.2).	Oui : Les espèces envahissantes font l'objet de cas sur le programme WfW d'Afrique du Sud (section 13.2.3), qui utilise le PSE comme moyen de lutte contre les espèces envahissantes.	Objectif 9 d'Aichi pour la biodiversité. C'est également l'indicateur de la cible 15.8 des ODD.	UICN, Commission de sauvegarde des espèces de l'UICN, Groupe de spécialistes sur les espèces envahissantes de l'UICN, Université Monash ; bipindicators.net pour les fiches d'information, graphiques et métadonnées.
2) Indice Liste rouge (impacts de l'utilisation)	Liens avec la CDB en tant qu'indicateur de l'Objectif 4 d'Aichi pour la biodiversité. C'est un indicateur de réponse. Utilisé dans le cadre du rapport GEO-5, il est pertinent au regard des ODD. Il a une couverture mondiale, peut être ventilé, constitue une mesure quantitative basée sur une évaluation scientifique et dispose d'une longue série de données. La Liste rouge (impacts de l'utilisation) a également été choisie pour démontrer dans quelle mesure les espèces ayant un rapport direct avec les moyens de subsistance et la culture des humains réagissent aux mesures visant à assurer leur utilisation durable.	Oui : Les sous-ensembles de la Liste rouge sont utilisés dans tout le chapitre 6, en particulier dans la section 6.5.2. L'Indice Liste rouge est la principale source mondiale sur le niveau d'extinction des espèces.	Non	Objectif 4 d'Aichi pour la biodiversité. Également lié aux Objectifs 3, 6, 7 et 12 d'Aichi, ainsi qu'aux ODD 8.4, 12.2, 14 et 15.	Indice Liste rouge de l'UICN ; bipindicators.net pour les fiches d'information, graphiques et métadonnées.
3) Empreinte environnementale mondiale	Liens avec la CDB en tant qu'indicateur de l'Objectif 4 d'Aichi pour la biodiversité. L'indicateur permet le suivi des pressions à l'œuvre. Utilisé dans le cadre du rapport GEO-5, il est pertinent pour les ODD. Il est mondial, basé sur une longue série de données et peut être ventilé. Cet indicateur a été choisi parce qu'une augmentation de l'empreinte environnementale d'un pays signifierait une augmentation de la pression de sa population sur la biodiversité et un risque accru de perte de biodiversité.	Oui : À la section 6.4.1, comme une des principales forces motrices de la perte de biodiversité.	Oui : L'empreinte environnementale d'Edmonton est citée à la section 13.2.5 de l'évaluation de l'efficacité des politiques.	Objectif 4 d'Aichi pour la biodiversité. Également lié aux cibles 8.4 et 12.2 des ODD.	Global Footprint Network ; bipindicators.net pour les fiches d'information, graphiques et métadonnées.



13.3.1 Indicateur 1 : Proportion de pays ayant adopté une législation nationale pertinente et allouant des ressources suffisantes à la prévention ou au contrôle des espèces allogènes envahissantes (indicateur 15.8.1 des ODD)

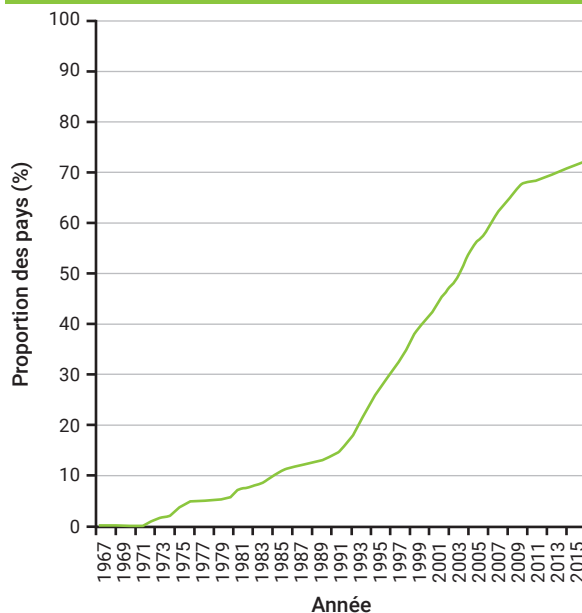
Les espèces allogènes envahissantes (EAE) peuvent menacer la biodiversité locale par la concurrence directe et indirecte, la prédation et la dégradation de l'habitat, mais aussi en tant qu'agents et vecteurs de maladies (Pejchar et Mooney, 2009 ; Strayer, 2010). Elles sont considérées comme la deuxième principale menace pour la biodiversité, après le changement d'affectation des terres et la perte d'habitat (section 6.4.2) (Wilcove *et al.*, 1998 ; Bellard, Cassey et Blackburn, 2016).

Cet indicateur évalue d'une part, les « tendances observées en matière de réponses politiques, de législations et de plans de gestion visant à contrôler et à prévenir la propagation d'espèces allogènes envahissantes » (espèces introduites dans une zone et s'étant propagées au-delà de leur zone d'introduction) et d'autre part, la « proportion de pays ayant adopté une législation nationale pertinente et allouant des ressources suffisantes à la prévention ou au contrôle des espèces allogènes envahissantes » (voir la méthodologie dans Partenariat relatif aux indicateurs de biodiversité, 2018a) (figures 13.7 et 13.8).

Pertinence stratégique

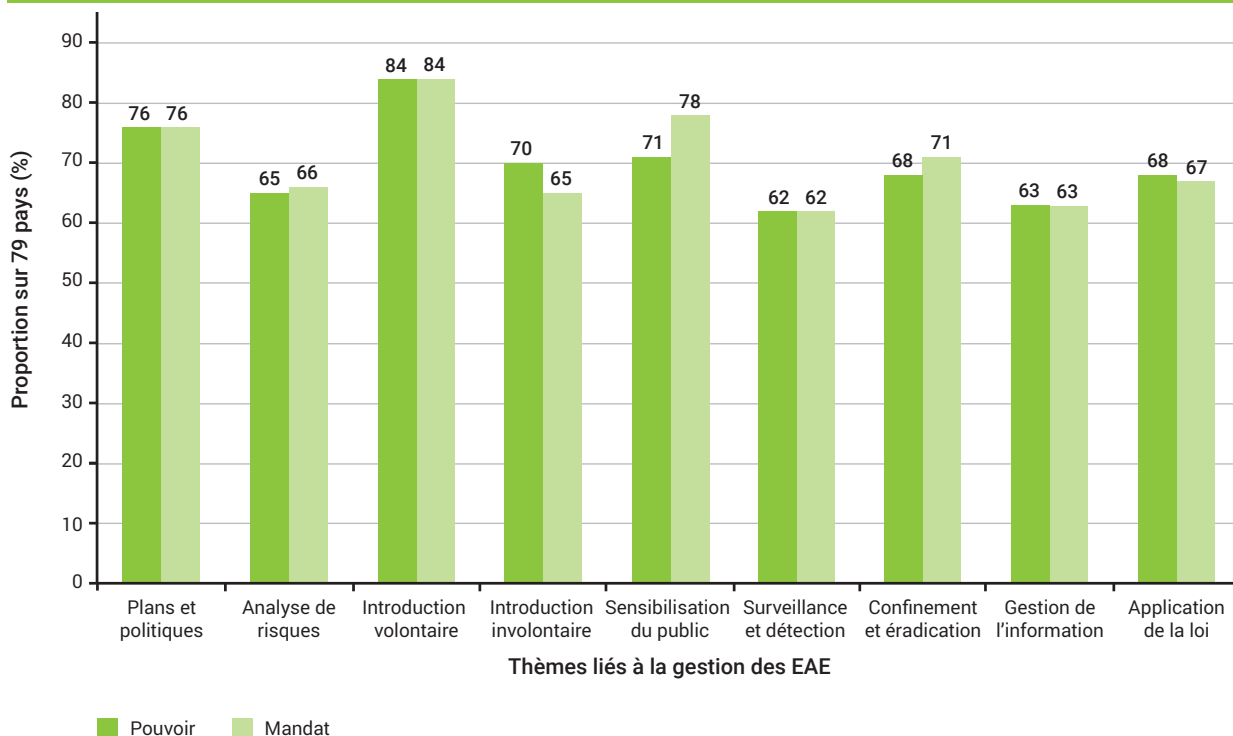
Cet indicateur permet de suivre directement les progrès accomplis dans la mise en œuvre d'accords multilatéraux mondiaux sur l'environnement, et en particulier la réalisation de l'Objectif 9 d'Aichi pour la biodiversité. Il est également pertinent pour les Objectifs 5, 11, 12 et 17 d'Aichi et l'objectif 15 (cible 15.8) des ODD (« Vie terrestre ») (PNUE, 2015).

Figure 13.7 : Tendances de la législation nationale relative à la prévention ou à la lutte contre les espèces allogènes envahissantes pour 196 pays présentant des rapports à la Convention sur la diversité biologique (1967-2016), indiquant particulièrement la proportion de pays ayant adopté à la fois : i) une législation sur les EAE ; ii) les cibles des SPANB en matière d'EAE ; iii) des cibles en matière d'EAE arrimées à l'Objectif 9 d'Aichi



Source : Partenariat relatif aux indicateurs de biodiversité (2018a). Partenaires : UICN, Commission de sauvegarde des espèces de l'UICN, Groupe de spécialistes sur les espèces envahissantes de l'UICN, Université Monash.

Figure 13.8 : Proportion de pays où des institutions disposent d'un mandat explicite ou d'une prérogative légale pour gérer les EAE (les résultats positifs, correspondant à la mention « oui » sont inclus dans le pourcentage global)



Source : Partenariat relatif aux indicateurs de biodiversité (2018a). Partenaires : UICN, Commission de sauvegarde des espèces de l'UICN et Groupe de spécialistes sur les espèces envahissantes de l'UICN, Université Monash.



Relations de causalité

À mesure que sont conclus des accords internationaux multilatéraux sur l'environnement relatifs aux EAE (tels que le Protocole de Carthagène, la Convention internationale pour la protection des végétaux et l'Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires de l'Organisation mondiale du commerce), le niveau d'engagement national à l'égard des politiques connexes augmente. Cette tendance reflète, quant à elle, un engagement mondial plus appuyé en faveur du contrôle des EAE (Partenariat relatif aux indicateurs de biodiversité, 2018a). Les pays qui sont parties à la CDB ont souscrit à l'Objectif 17 d'Aichi, et les politiques relatives au contrôle des EAE devraient être abordées dans leurs SPANB. Il s'agit d'un exemple de catalyseur de politique internationale, témoignant d'une approche descendante menant à la création de règlements nationaux sur les EAE. Une relation causale ascendante (la création d'une politique sur les EAE découlant de leur propagation dans un pays) est plus difficile à vérifier.

Dans le cadre des politiques nationales relatives aux EAE, les pouvoirs publics peuvent utiliser plusieurs moyens d'intervention pour contenir les EAE. Ces réponses peuvent être très variées et spécifiques. Le programme WfW en Afrique du Sud (section 13.2.3) utilise le PSE pour encourager l'élimination des EAE des voies navigables, en octroyant des incitations financières aux communautés locales (Buch et Dixon, 2009). D'autres pays recourent à des politiques contraignantes : c'est le cas du Royaume-Uni et de sa politique phytosanitaire – qui assujettit l'importation et le transport de certains végétaux, semences, matières organiques et produits végétaux à une réglementation stricte et à un processus de certification, afin de prévenir l'introduction et la propagation d'agents pathogènes végétaux nuisibles (Royaume-Uni, ministère des Affaires environnementales et rurales, 2014) –, ainsi que de l'Australie, à l'instar de son plan stratégique de pointe (Australie, Conseil des espèces envahissantes, 2015). En outre, certains pays insulaires ont des politiques plus strictes en matière d'EAE, compte tenu de la forte présence d'espèces endémiques, et certains ports sont soumis à une réglementation plus draconienne, à l'image de la récente politique internationale sur les eaux de ballast et les sédiments des navires (Organisation maritime internationale, 2017).

D'autres politiques internationales et nationales peuvent influencer sur cet indicateur, en particulier les politiques commerciales. Les progrès de la mondialisation et l'ouverture de nouvelles routes commerciales et de nouveaux marchés internationaux multiplient les voies de propagation des espèces allogènes (Meyerson et Mooney, 2007 ; Seebens *et al.*, 2015). Une corrélation directe a été démontrée entre le niveau du commerce international d'un pays et le nombre d'EAE qui s'y propagent (Westphal *et al.*, 2008 ; Hulme, 2009 ; Liebhold *et al.*, 2012 ; Brockerhoff *et al.*, 2014).

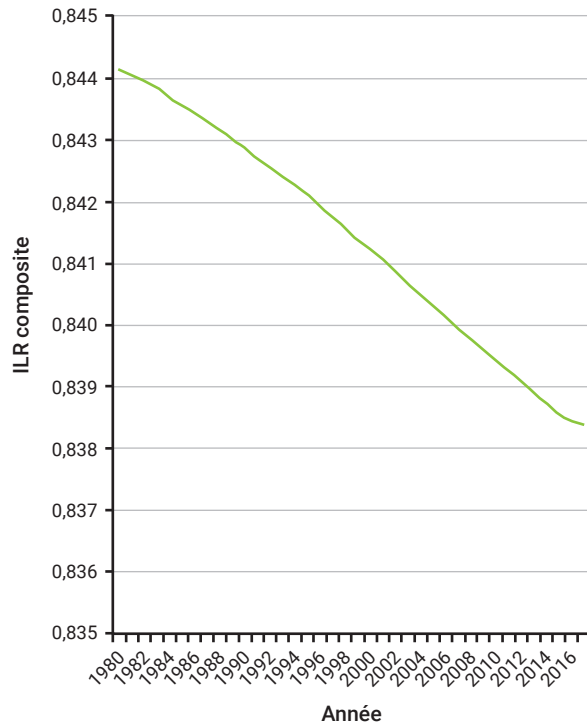
Autres facteurs

Le changement climatique, en particulier dans les régions les plus froides, pose un risque de présence d'EAE, car les nouvelles niches qu'il crée peuvent lever les obstacles à l'établissement desdites EAE (Wolkovich *et al.*, 2013 ; Duffy *et al.*, 2017). Les économies émergentes enregistrant une croissance économique dans les secteurs du tourisme, du commerce des animaux de compagnie exotiques et des projets d'infrastructure sont également plus exposées aux EAE (Hulme, 2015).

13.3.2 Indicateur 2 : Indice Liste rouge (impacts de l'utilisation)

Les humains sont tributaires de la biodiversité et des diverses utilisations des espèces sauvages (par exemple, la chasse, le piégeage et la capture d'oiseaux sauvages pour la nourriture, le sport ou les plumes). L'indice Liste rouge (ILR) (impacts de l'utilisation) montre les tendances observées pour les mammifères, les amphibiens et les oiseaux en fonction de deux facteurs : les impacts négatifs de l'utilisation (c'est-à-dire l'utilisation de la faune entraînant une

Figure 13.9 : L'Indice Liste rouge (ILR) pour 1980-2017 pour les mammifères, les oiseaux et les amphibiens, montrant les tendances qui ne sont motivées que par l'utilisation (en n'incluant que les espèces utilisées)



Source : Partenariat relatif aux indicateurs de biodiversité (2018b). Partenaires : Birdlife International, Kew Gardens, Société zoologique de Londres, UICN.

dégradation de la situation) et les impacts positifs des mesures prises (c'est-à-dire le contrôle ou la valorisation de la faune pour parvenir à la durabilité) (Partenariat sur les indicateurs de la biodiversité, 2018b, voir la section 6.5.2). La **figure 13.9** présente les ILR (impacts de l'utilisation) des oiseaux, des mammifères et des amphibiens de 1980 à 2017.

Portée et mesure

Cet indicateur est déterminé à partir de données au niveau des espèces qui peuvent être analysées à plusieurs échelles (nationale, régionale ou mondiale). La Liste rouge de l'UICN classe les espèces en sept catégories de risque d'extinction relatif (allant d'« Espèce disparue » à « Préoccupation mineure », ou « Données insuffisantes » pour les espèces mal connues). À cet effet, on utilise des critères quantitatifs applicables aux espèces, fondés sur la taille de la population, l'aire de répartition et le taux de déclin (Bubb *et al.*, 2009). Dans sa mise à jour de 2012, la Liste rouge de l'UICN comprenait des évaluations touchant 63 837 espèces, dont 19 817 étaient menacées d'extinction (SCDB et UICN, 2018). Un indice Liste rouge de 1 signifie que toutes les espèces de ce groupe sont classées dans la catégorie « Préoccupation mineure », tandis qu'un indice de 0 signifie que toutes les espèces du groupe sont de la catégorie « Espèce disparue » (Bubb *et al.*, 2009). Actuellement, il est possible de calculer un indice Liste rouge des oiseaux, des mammifères, des amphibiens, des coraux et des gymnospermes. Pour évaluer les groupes taxonomiques mal connus ou comportant un très grand nombre d'espèces, on a élaboré une méthode d'échantillonnage consistant à choisir au hasard 1 500 espèces censées représenter le groupe le plus important (Baillie *et al.*, 2008).

Pour l'Indice Liste rouge (impacts de l'utilisation), seules sont incluses les espèces que les humains utilisent (comme animaux de compagnie, pour l'alimentation ou la médecine, comme



matériaux ou à d'autres fins). Les catégories d'utilisation sont définies par le Système de classification de l'UICN pour l'utilisation et le commerce (version 3.2) (UICN, 2006 ; Almond *et al.*, 2013). La tendance qui en résulte peut indiquer dans quelle mesure i) la consommation est durable, et ii) l'impact de l'utilisation des ressources naturelles se situe dans des limites écologiques sûres. Une tendance baissière indique que l'utilisation actuelle n'est pas durable (impact négatif de l'utilisation), tandis qu'une tendance haussière signifie que l'utilisation humaine de ce groupe d'espèces est durable (impact positif de l'utilisation grâce à des mesures de contrôle ou de gestion durable) (Birdlife International, 2012).

Pertinence stratégique

L'ILR (impacts de l'utilisation) est directement lié à l'Objectif 4 d'Aichi pour la biodiversité. Il est par ailleurs directement corrélé à plusieurs cibles des ODD 8, 12, 14 et 15 (Partenariat relatif aux indicateurs de biodiversité, 2018b ; PNUE, 2015).

Relations de causalité

Les politiques qui limitent l'utilisation des espèces ou en favorisent la gestion durable peuvent avoir une incidence directe sur cet indicateur, bien que les publications démontrant leur efficacité sont rares, voire inexistantes. Le manque de preuves de l'impact des politiques peut s'expliquer en partie par le fait que le délai moyen avant que la catégorie d'une espèce progresse d'un niveau dans la Liste rouge est de 16 ans (Young *et al.*, 2014). Toutefois, cet indicateur devrait être sensible aux changements économiques ou aux politiques qui augmentent ou réduisent le prix d'un produit dérivé d'une espèce. Par exemple, un prix de marché plus élevé incite le fabricant ou le chasseur à exploiter davantage une espèce et, par conséquent, expose ce groupe d'espèces à un risque accru d'extinction, ce qui se traduit par un indice de conservation plus faible (Ayling, 2013). Il a été démontré que les politiques contraignantes, telles que l'interdiction du commerce international et la réglementation de la CITES sur les produits du braconnage d'espèces menacées pouvaient échouer lorsqu'il existe de fortes incitations économiques à poursuivre le braconnage (Rivalan *et al.*, 2007 ; Conrad, 2012). Les politiques qui se concentrent plutôt sur l'incitation et le renforcement des capacités au sein des communautés pour gérer la faune de façon durable (comme le montre par exemple l'étude de cas sur le projet Predator, à la section 13.2.2) peuvent atténuer l'utilisation et la demande à long terme des espèces (Challender et MacMillan, 2014), rehaussant ainsi l'ILR (impacts de l'utilisation) de façon effective. De même, la modélisation a montré qu'une gestion plus efficace des aires protégées (de la conception des aires protégées à l'adéquation et la pertinence de la gestion et à la réalisation des objectifs ; SCDB, 2018c) pouvait avoir un impact plus favorable sur l'ILR que la seule expansion des aires protégées (Costelloe *et al.*, 2016).

Autres facteurs

Parmi les autres facteurs figurent les tendances culturelles et du marché, telles que la réticence de nombreux individus à acheter des vêtements fabriqués à partir de produits d'animaux (fourrure, cuir, duvet de plumes) et la popularité croissante des régimes végétariens et végétaliens dans les pays occidentaux (Newport, 2012 ; Saner, 2016). Ces deux tendances peuvent entraîner une diminution de l'utilisation des espèces et une élévation de l'ILR. Les groupes de défense des intérêts et les politiques de consommation qui poussent à réduire l'utilisation d'espèces menacées influent grandement sur les tendances du marché ; par exemple, les campagnes de sensibilisation des consommateurs, la multiplication des organismes de certification de la durabilité environnementale et les restrictions gouvernementales ont eu pour effet combiné de réduire de façon spectaculaire la consommation d'aïlerons de requins en Chine au cours des dernières années (Fabinyi, 2016).

Mises en garde

Les données empiriques démontrant l'efficacité des politiques font défaut. Une étude atteste que les efforts d'un fonds fiduciaire



© Dr Nibedita Mukherjee

de conservation local ont permis d'améliorer la situation d'un ensemble restreint de 17 espèces de vertébrés menacées au Brésil, en Espagne, en Inde, à Madagascar et à Maurice (Young *et al.*, 2014). Toutefois, d'autres études ont montré que la base de référence de l'ILR était susceptible d'évoluer à long terme. Cela tient au fait que la Liste rouge mesure la réduction de la population de chaque espèce sur une période spécifique, de sorte que si l'effectif se stabilise, l'espèce concernée pourrait réintégrer l'une des catégories à faible risque même si sa population est très restreinte (Costelloe *et al.*, 2016 ; Nicholson, Fulton et Collen, 2017).

13.3.3 Indicateur 3 : Empreinte écologique

L'empreinte écologique – ou comptabilité de l'empreinte écologique – « compare la demande humaine envers la nature à la biocapacité, soit l'offre de la nature », ainsi qu'à sa capacité de régénération (Rees et Wackernagel, 1996). « La demande est mesurée par la zone biologiquement productive qu'une population humaine utilise pour produire les ressources naturelles qu'elle consomme et absorber ses déchets ». La biocapacité se mesure en termes de superficie (Partenariat relatif aux indicateurs de biodiversité, 2018c). L'empreinte écologique se mesure « en prenant en compte la quantité de terre et d'eau biologiquement productive, ou la biocapacité nécessaire pour produire les aliments, les fibres et les matières premières renouvelables qu'un individu, une population ou une activité consomme ». Elle tient également compte des matériaux nécessaires pour absorber les émissions de dioxyde de carbone générées (Global Footprint Network, 2018). L'empreinte écologique s'exprime dans une unité de mesure de surface équivalente, l'hectare global (hag) ; 1 hag représente un hectare biologiquement productif ayant une productivité égale à la moyenne mondiale (Galli, 2015). L'empreinte écologique englobe la production et la consommation, et chacune de ces deux composantes comprend les empreintes des terres cultivées, des pâturages, des produits forestiers, du carbone et du poisson, ainsi



que des terrains bâtis (Global Footprint Network, 2018). Plus la pression exercée par une population sur la biodiversité augmente, plus son empreinte écologique s'accroît (voir l'étude de cas d'Edmonton, à la section 13.2.5). L'empreinte écologique mondiale par composante (type de terre) entre 1961 et 2013 est présentée à la **figure 13.10**.

Pertinence stratégique

L'indicateur de l'empreinte écologique a des liens directs avec l'Objectif 4 d'Aichi pour la biodiversité et plusieurs cibles de l'ODD 8 (8.4) et de l'ODD 12 (12.2).

Relations de causalité

De nombreuses études ont été réalisées sur la comptabilité de l'empreinte écologique et son utilité pour guider l'élaboration de politiques (à titre d'exemple, l'empreinte écologique mondiale a contribué à l'adoption récente d'une stratégie nationale pour le développement durable au Monténégro) (Galli, 2015 ; Galli *et al.*, 2018), mais les exemples empiriques reflétant les effets d'un changement d'orientation sur l'empreinte écologique mondiale ou nationale sont rares. Toute politique qui restreint la consommation des ressources, l'utilisation des terres ou les émissions de carbone (ou encourage la gestion durable de ces dernières) réduit l'empreinte écologique, tandis que les politiques qui favorisent directement ou indirectement la croissance de ces paramètres l'augmentent. Une étude a montré que la mondialisation économique renforçait l'empreinte écologique de la consommation, de la production, des importations et des exportations ; la mondialisation sociale augmenterait, quant à elle, l'empreinte écologique des importations et des exportations, mais réduirait l'empreinte écologique de la consommation et de la production (Rudolph et Figure, 2017).

Autres facteurs

Les autres facteurs susceptibles d'influer sur l'empreinte écologique sont les événements environnementaux qui modifient la biocapacité d'une région (par exemple, le changement climatique qui rend productive une zone jusque-là improdutive, ou vice versa), les progrès technologiques qui accroissent la biocapacité d'une région (par exemple, les cultures génétiquement modifiées résistantes à la chaleur qui stimulent la productivité d'une zone) ou les choix culturels des consommateurs qui font fluctuer la consommation de ressources (par exemple, opter pour les transports en commun, la marche ou le vélo plutôt que le recours à des véhicules motorisés).

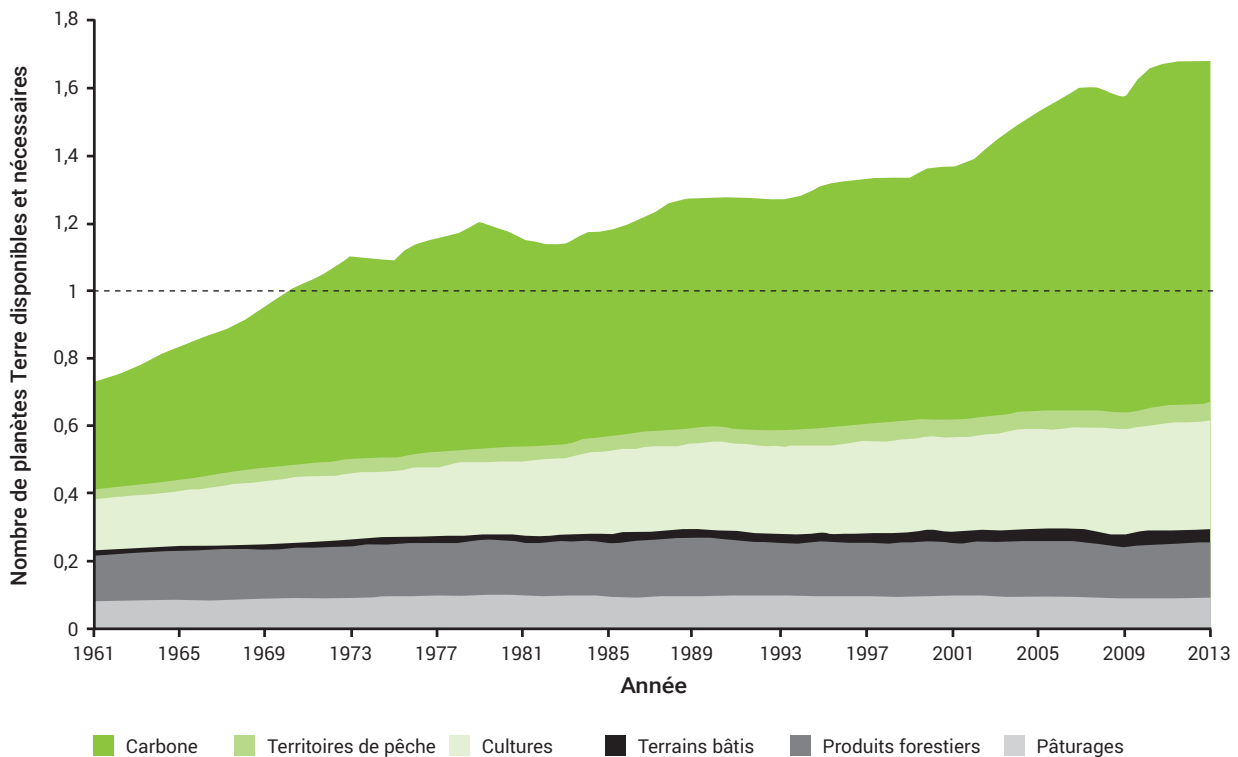
Mise en garde

Bien que le concept d'empreinte écologique ait été largement adopté du fait de sa clarté et sa capacité à sensibiliser les décideurs à la surutilisation des services écosystémiques (Galli, 2015), il a également fait l'objet de critiques parce qu'il ne permet pas de suivre l'épuisement des stocks de capital naturel causé par les humains. Toutefois, le Global Footprint Network s'emploie activement à en améliorer la méthodologie (Mancini *et al.*, 2017).

13.4 Conclusions

Il est formellement établi que la biodiversité est en crise et que les mesures politiques et de gouvernance existantes pour la conserver n'ont pas été à la hauteur de l'enjeu (voir la synthèse au début du chapitre 6). Cela peut s'expliquer par l'incapacité des moyens d'intervention à contrecarrer la croissance des facteurs de perte (SCDB, 2014).

Figure 13.10 : Empreinte écologique mondiale par composante (type de terre), 1961-2013, mesurée en nombre de planètes Terre



Source : Global Footprint Network (2018).

Des données probantes laissent penser que l'inadéquation des incitations économiques et des investissements pour assurer la conformité et l'application effective des instruments juridiques à l'échelle nationale pourrait conduire à l'inefficacité des politiques et de la gouvernance (Ambalam, 2014). Une évaluation qualitative de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification en Afrique relève des difficultés supplémentaires – notamment le manque de données de base adéquates sur la désertification, la piètre qualité des mécanismes de suivi et la définition lacunaire des objectifs stratégiques – autant de facteurs d'entrave à la conformité (Ambalam, 2014). Une analyse des SPANB finlandais révèle qu'il est possible d'établir différentes formes de responsabilisation (les éventualités, la reddition de comptes, la réactivité et les soins) dans différents secteurs d'intervention en intégrant de nouvelles connaissances, en optimisant la conception des processus et en mettant en place des réseaux institutionnels (Sarkki *et al.*, 2016). Toutefois, le dialogue intersectoriel demeure insuffisant malgré les résultats favorables à la biodiversité obtenus dans d'autres secteurs d'intervention ciblés. Par ailleurs, les responsabilités n'ont pas été transférées de l'administration chargée des questions environnementales à d'autres secteurs d'intervention. Comblar ce « déficit de responsabilité » intersectoriel demeure un défi majeur pour garantir l'efficacité des politiques

environnementales (Mukherjee *et al.*, 2015 ; Sarkki *et al.*, 2016). Précisons que les accords internationaux sur l'environnement, en particulier, ne débouchent que rarement sur des résultats distinctifs (Kellenberg et Levinson, 2014). Les formulations vagues conjuguées à l'absence d'objectifs quantitatifs ou mesurables dans de nombreux accords internationaux sur l'environnement peuvent être librement interprétées et laissent une grande marge de manœuvre aux pays signataires, tout en empêchant une évaluation rigoureuse des performances en matière d'amélioration de la qualité des écosystèmes.

Les politiques de conservation de la biodiversité sont intrinsèquement multidimensionnelles ; il est donc plus que jamais essentiel que les praticiens et les pouvoirs publics élargissent la focale. L'intégration des questions touchant au climat, à la santé et à l'équité dans les efforts de sensibilisation à la biodiversité, de même qu'une prise de conscience multisectorielle quant aux engagements stratégiques à honorer sont essentielles à la réalisation globale des ODD. Plusieurs des politiques d'intervention examinées dans le présent chapitre peuvent servir de modèles pour étendre les efforts au niveau mondial et bénéficier d'un soutien tangible et durable des gouvernements.





Références

Afrique du Sud, Ministère de l'Eau (2010a). *Research*. <http://www.dwaf.gov.za/wfw/problemaspx> (consulté le 1^{er} octobre 2017).

Afrique du Sud, Ministère de l'Eau (2010b). *Welcome to the Working for Water Webpage*. <http://www.dwaf.gov.za/wfw/> (consulté le 1^{er} octobre 2017).

Afrique du Sud, Ministère des Affaires environnementales (2010). *Value Added Industries and Wetlands Projects*. https://www.environment.gov.za/projectsprogrammes/wfw/valuedadded_industries_wetlands (consulté le 1^{er} octobre 2017).

Agence des États-Unis pour le développement international (2016). *Protecting Tigers with Project Predator*. Washington. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MFT9.pdf.

Alberta Canada (2017). *Opportunities in Alberta's Renewable Energy Sector*. <https://www.albertacanada.com/business/industries/re-opportunities.aspx> (consulté le 2 février 2018).

Allison, H. et Brown, C. (2017). A review of recent developments in ecosystem assessment and its role in policy evolution. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 29, 57-62. <https://doi.org/10.1016/j.coesust.2017.11.006>.

Almond, R.E.A., Butchart, S.H.M., Oldfield, T.E.E., McRae, L. et de Bie, S. (2013). Exploitation indices: Developing global and national metrics of wildlife use and trade. Dans Collen, B., Petteorelli, N., Baillie, J.E.M. et Durant, S.M. (dir.). *Biodiversity Monitoring and Conservation: Bridging the Gap between Global Commitment and Local Action*. Oxford: Wiley. Chapitre 8. 159-188. <http://doi.org/10.1002/9781118490747.ch8>.

Ambalam, K. (2014). Challenges of compliance with multilateral environmental agreements: The case of the United Nations Convention to Combat Desertification in Africa. *Journal of Sustainable Development Studies* 5(2), 145-168. <http://infinitypress.info/index.php/jdsds/article/download/552/276>.

Apostolopoulou, E. et Pantis, J.D. (2009). Conceptual gaps in the national strategy for the implementation of the European Natura 2000 conservation policy in Greece. *Biological Conservation* 142(1), 221-237. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.021>.

Appleton, A.F. (2013). Case Study: How New York City used an ecosystem services strategy carried out through an urban-rural partnership to preserve the pristine quality of its drinking water and save billions of dollars. *Water Commons, Water Citizenship and Water Security: Revolutionizing Water Management and Governance for Rio + 20 and Beyond*. Minneapolis: Our Water Commons. <http://www.ourwatercommons.org/sites/default/files/New-York-preserving-the-pristine-quality-of-its-drinking-water.pdf>.

Asdal, Å. (2018). *One Million Seed Samples Deposited*. Norwegian Ministry of Agriculture and Food. <https://www.seedvault.no/news/one-million-seed-samples-deposited/>.

Australie, Conseil des espèces envahissantes (2015). *Strategic Plan 2016-2022*. <https://invasives.org.au/wp-content/uploads/2015/02/Strategic-Plan-Report-2016-2022.pdf>.

Ayling, J. (2013). What sustains wildlife crime? Rhino horn trading and the resilience of criminal networks. *Journal of International Wildlife Law & Policy* 16(1), 57-80. <https://doi.org/10.1080/13880292.2013.764776>.

Baillie, J.E.M., Collen, B., Amin, R., Akcakaya, H.R., Butchart, S.H.M., Brummitt, N. et al. (2008). Toward monitoring global biodiversity. *Conservation Letters* 1(1), 18-26. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263x.2008.00009.x>.

Barnes, A., Ebright, M., Gaskin, E. et Strain, W. (2007). *Working for Water: Addressing Social and Environmental Problems with Payments for Ecosystem Services in South Africa*. https://rmpportal.net/library/content/translinks/translinks-2007/earth-institute/WorkingForWaterSouthAfrica_CaseStudy_Translinks_2007.pdf?at_download=file.

Bellard, C., Cassey, P. et Blackburn, T.M. (2016). Alien species as a driver of recent extinctions. *Biology Letters* 12(2). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623>.

Bennett, N.J., Roth, R., Klain, S.C., Chan, K., Christie, P., Clark, D.A. et al. (2017). Conservation social science: Understanding and integrating human dimensions to improve conservation. *Biological Conservation* 205, 93-108. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.006>.

Bertzky, B., Corrigan, C., Kemsey, J., Kenney, S., Ravilious, C., Besançon, C. et al. (2012). *Protected Planet Report 2012: Tracking Progress towards Global Targets for Protected Areas*. Gland : Union internationale pour la conservation de la nature et Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature du Programme des Nations Unies pour l'environnement. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2012-061.pdf>.

BirdLife International (2012). *Developing and Implementing National Biodiversity Strategies and Action Plans: How to Set, Meet and Track the Aichi Biodiversity Targets*. Cambridge. http://www.birdlife.org/datasetzone/userfiles/file/sowb/pubs/NBSAP_booklet_Sep_2012.pdf.

Bonnardeaux, D. (2012). *Linking Biodiversity Conservation and Water, Sanitation, and Hygiene: Experiences from Sub-Saharan Africa*. <https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/abog-ci-linkingbiodiversityconservationwash.pdf>.

Börner, J., Baylis, K., Corbera, E., Ezzine-de-Blas, D., Honey-Rosés, J., Persson, U.M. et al. (2017). The effectiveness of payments for environmental services. *World Development* 96, 359-374. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.03.020>.

Bourguignon, D. (2015). *Safeguarding Biological Diversity: EU Policy and International Agreements*. Bruxelles : Union européenne. [http://www.eurparl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2015/554175/FPRS_IDA\(2015\)554175_EN.pdf](http://www.eurparl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2015/554175/FPRS_IDA(2015)554175_EN.pdf).

Braat, L.C. et ten Brink, P. (2008). *The Cost of Policy Inaction: The Case of Not Meeting the 2010 Biodiversity Target*. Wageningen: Alterra. <http://edepot.wur.nl/152014>.

Brockhoff, E.G., Kimberley, M., Liebhold, A.M., Haack, R.A. et Cavey, J.F. (2014). Predicting how altering propagule pressure changes establishment rates of biological invaders across species pools. *Ecology* 95(3), 594-601. <https://doi.org/10.1890/13.0465.1>.

Brown, K. (2003). Three challenges for a real people-centred conservation. *Global Ecology and Biogeography* 12(2), 89-92. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822x.2003.00327.x>.

Bryan, B.A. (2010). Development and application of a model for robust, cost-effective investment in natural capital and ecosystem services. *Biological Conservation* 143(7), 1737-1750. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.022>.

Bubb, P., Butchart, S.H.M., Collen, B., Dublin, H., Kapos, V., Pollock, C. et al. (2009). *IUCN Red List Index: Guidance for National and Regional Use. Version 1.1*. Gland. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2009-001.pdf>.

Buch, A. et Dixon, A.B. (2009). South Africa's working for water programme: Searching for win-win outcomes for people and the environment. *Sustainable Development* 17(3), 129-141. <https://doi.org/10.1002/sd.370>.

Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., Venail, P. et al. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486(7401), 59-67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>.

Carrus, G., Scopelliti, M., Laforteza, R., Colangelo, G., Ferrini, F., Salbitano, F. et al. (2015). Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. *Landscape and Urban Planning* 134, 221-228. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.022>.

Challender, D.W.S. et MacMillan, D.C. (2014). Poaching is more than an enforcement problem. *Conservation Letters* 7(5), 484-494. <https://doi.org/10.1111/conl.12082>.

Chamier, J., Schachtschneider, K., le Maitre, D.C., Ashton, P.J. et van Wilgen, B.W. (2012). Impacts of invasive alien plants on water quality, with particular emphasis on South Africa. *Water SA* 38(2), 345-356. <https://doi.org/10.4314/wsa.v38i2.19>.

Charron, D.F. (2012). Ecohealth research in practice. Dans Charron, D.F. (dir.). *Ecohealth Research in Practice: Innovative Applications of an Ecosystem Approach to Health*. New York : Springer. 255-271. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0517-7_22.

Colding, J. (2007). «Ecological land-use complementation» for building resilience in urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning* 81(1-2), 46-55. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.10.016>.

Conrad, K. (2012). Trade bans: A perfect storm for poaching? *Tropical Conservation Science* 5(3), 245-254. <https://doi.org/10.1177/19400829120050302>.

Conseil européen (1979). Directive du Conseil du 2 avril 1979 concernant la conservation des oiseaux sauvages (79/409/CEE). *Journal officiel des Communautés européennes*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31979L0409:FR:PDF>.

Conseil européen (1992). Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. *Journal officiel des Communautés européennes*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:31992L0043&from=FR>.

Convention sur la diversité biologique (1992). *Convention sur la diversité biologique*. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf>.

Convention sur la diversité biologique (2012). XI/6. *Cooperation with Other Conventions, International Organizations, and Initiatives. COP 11 Decision XI/6*. <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=13167>.

Convention sur la diversité biologique (2016a). XIII/3. *Mesures stratégiques en vue de la mise en œuvre de la Plan stratégique pour la diversité biologique 2011-2020 et la réalisation des Objectifs d'Aichi pour la biodiversité, notamment en ce qui concerne l'intégration de la biodiversité dans tous les secteurs. Décision adoptée par la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique. CBD/COP/DEC/XIII/3*. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-13/cop-13-dec-03-fr.pdf>.

Convention sur la diversité biologique (2016b). XIII. *Diversité biologique et santé humaine. Décision adoptée par la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique. CBD/COP/13/DEC/XIII/6*. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-13/cop-13-dec-06-fr.pdf>.

Cooney, R., Roe, D., Dublin, H. et Booker, F. (2018). *Wild Life, Wild Livelihoods: Involving Communities in Sustainable Wildlife Management and Combating Illegal Wildlife Trade*. Nairobi : Programme des Nations Unies pour l'environnement. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22864/WLWL_Report_web.pdf.

Corrigan, C. et Hay-Edie, T. (2013). *A Toolkit to Support Conservation by Indigenous Peoples and Local Communities: Building Capacity and Sharing Knowledge for Indigenous Peoples' and Community Conserved Territories and Areas (ICCAs)*. Cambridge : Centre mondial de surveillance de la conservation du Programme des Nations Unies pour l'environnement. https://sgp.unep.org/images/ICCA_toolkit_FINAL_18may2013.pdf.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I. et al. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>.

Costelloe, B., Collen, B., Milner-Gulland, E.J., Craigie, I.D., McRae, L., Rondinini, C. et al. (2016). Global biodiversity indicators reflect the modeled impacts of protected area policy change. *Conservation Letters* 9(1), 14-20. <https://doi.org/10.1111/conl.12163>.

Cox, M. (2016). The pathology of command and control: A formal synthesis. *Ecology and Society* 21(3), 33. <https://doi.org/10.5751/ES-08698-210333>.

Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N. et al. (2015). The IPBES Conceptual Framework - Connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.coesust.2014.11.002>.

Duffy, G.A., Coetzee, B.W.T., Latombe, G., Akerman, A.H., McGeoch, M.A. et Chown, S.L. (2017). Barriers to globally invasive species are weakening across the Antarctic. *Diversity and Distributions* 23(9), 982-996. <https://doi.org/10.1111/ddi.12593>.

Duloo, M.E. (2015). Conservation and availability of plant genetic diversity: Innovative strategies and technologies. *Acta Horticulturae* 1101, 1-8. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1101.1>.

Eastwood, R.J., Cody, S., Westengen, O.T. et von Bothmer, R. (2015). Conservation roles of the Millennium Seed Bank and the Svalbard Global Seed Vault. Dans Redden, R., Yadav, S.S., Maxted, N., Duloo, M.E., Guarino, L. et Smith, P. (dir.). *Crop Wild Relatives and Climate Change*. Wiley. Chapitre 10. 173-186. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/97811118854396.ch10>.

Eklund, J. et Cabeza, M. (2017). Quality of governance and effectiveness of protected areas: Crucial concepts for conservation planning. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1399(1), 27-41. <https://doi.org/10.1111/nyas.13284>.

Esquinas-Alcázar, J. (2005). Protecting crop genetic diversity for food security: Political, ethical and technical challenges. *Nature Reviews Genetics* 6, 946-953. <https://doi.org/10.1038/nrg1729>.

Fabinyi, M. (2016). Sustainable seafood consumption in China. *Marine Policy* 74, 85-87. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.09.020>.

Felson, A.J. et Pickett, S.T.A. (2005). Designed experiments: New approaches to studying urban ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3(10), 549-556. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2005\)03\(0549:DENATSI\)2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2005)03(0549:DENATSI)2.0.CO;2).

Forum économique mondial (2018). *The Global Risks Report 2018: 13th Edition*. Genève. http://www3.weforum.org/docs/WEF_GRR18_Report.pdf.

Fowler, C. (2008). The Svalbard seed vault and crop security. *BioScience* 58(3), 190-191. <https://doi.org/10.1641/B580302>.

Friel, S. et Ford, L. (2015). Systems, food security and human health. *Food Security* 7(2), 437-451. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0433-1>.

Galli, A. (2015). On the rationale and policy usefulness of Ecological Footprint Accounting: The case of Morocco. *Environmental Science & Policy* 48, 210-224. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.01.008>.

Galli, A., Durović, G., Hanscom, L. et Knežević, J. (2018). Think globally, act locally: Implementing the sustainable development goals in Montenegro. *Environmental Science & Policy* 84, 159-169. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.03.012>.



- Garvin, E.C., Cannuscio, C.C. et Branas, C.C. (2013). Greening vacant lots to reduce violent crime: A randomised controlled trial. *Injury Prevention* 19(3), 198. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2012-040439>.
- Gaworecki, M. (2017). Cash for conservation: Do payments for ecosystem services work? *Mongabay Series: Conservation Effectiveness*. Mongabay. <https://news.mongabay.com/2017/10/cash-for-conservation-do-payments-for-ecosystem-services-works/>.
- Geldmann, J., Coad, L., Barnes, M.D., Craigie, I.D., Woodley, S., Balmford, A. et al. (2018). A global analysis of management capacity and ecological outcomes in terrestrial protected areas. *Conservation Letters* 11(3), e12434. <https://doi.org/10.1111/conl.12434>.
- Global Footprint Network (2018). *Ecological Footprint*. <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/> (consulté le 20 mai 2018).
- Goodrich, J., Lynam, A., Miquelle, D., Wibisono, H., Kawanishi, K., Pattanavibool, A. et al. (2015). *Panthera Tigris: The IUCN Red List of Threatened Species*. e.T15955A50659951. Gland :
- Union internationale pour la conservation de la nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015.2.RLTS.T15955A50659951.en>.
- Govan, H. (2009). *Status and Potential of Locally-Managed Marine Areas in the Pacific Island Region: Meeting Nature Conservation and Sustainable Livelihood Targets through Wide-Spread Implementation of LMMAs*. https://mpr.ub.uni-muenchen.de/23828/1/MPPRA_paper_23828.pdf.
- GreenInvest (2017). *Green Foreign Direct Investment in Developing Countries*. Nairobi: Programme des Nations Unies pour l'environnement. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22280/Green_Invst_Dev_Countries.pdf.
- Gunningham, N. et Young, M.D. (1997). Toward optimal environmental policy: The case of biodiversity conservation. *Ecology Law Quarterly* 24(2), 243-298. <https://doi.org/10.15779/7388N7K>.
- Harrington, W., Morgenstern, R.D. et Sterner, T. (2004). Overview: Comparing instrument choices. Dans Harrington, W., Morgenstern, R.D. et Sterner, T. (dir.), *Choosing Environmental Policy: Comparing Instruments and Outcomes in the United States and Europe*. New York : Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781136524943/chapters/10.4324%2F9781136524943.1468-6>.
- Higgins, D. et White, R. (2016). Collaboration at the front line: INTERPOL and NGOs in the same NEST. Dans Pink, G. et White, R. (dir.), *Environmental Crime and Collaborative State Intervention*. Londres : Palgrave Macmillan. Chapitre 6. 101-116. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-137-56257-9_6.
- Hobbs, R.J. (2004). The Working for Water programme in South Africa: The science behind the success. *Diversity and Distributions* 10(5-6), 501-503. <https://doi.org/10.1111/j.1365-9516.2004.00115.x>.
- Hodkinson, T.R., Waldren, S., Parnell, J.A.N., Kelleher, C.T., Salamin, K. et Salamin, N. (2007). DNA banking for plant breeding, biotechnology and biodiversity evaluation. *Journal of Plant Research* 120(1), 17-29. <https://doi.org/10.1007/s10265-006-0059-7>.
- Holling, C.S. et Meffe, G.K. (1996). Command and control and the pathology of natural resource management: Comando-y-control y la patologia del manejo de los recursos naturales. *Conservation Biology* 10(2), 328-337. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10020328.x>.
- Hopkin, M. (2008). Biodiversity: Frozen futures. *Nature* 452, 404-405. <https://doi.org/10.1038/452404a>.
- Hough, R.L. (2014). Biodiversity and human health: Evidence for causality? *Biodiversity and Conservation* 23(2), 267-288. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0614-1>.
- Hulme, P.E. (2009). Trade, transport and trouble: Managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology* 46(1), 10-18. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x>.
- Hulme, P.E. (2015). Invasion pathways at a crossroad: Policy and research challenges for managing alien species introductions. *Journal of Applied Ecology* 52(6), 1418-1424. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12470>.
- Huynen, M.M.T.E., Martens, P. et De Groot, R.S. (2004). Linkages between biodiversity loss and human health: A global indicator analysis. *International Journal of Environmental Health Research* 14(1), 13-30. <https://doi.org/10.1080/09603120310001633895>.
- ICCA Registry (2018). *Conservation et objectifs internationaux*. [Centre mondial de surveillance de la conservation du Programme des Nations Unies pour l'environnement]. <https://www.iccregistry.org/fr/about/international-conservation-and-targets> (consulté le 23 mars 2018).
- Jabbour, J. et Flachsland, C. (2017). 40 years of global environmental assessments: A retrospective analysis. *Environmental Science & Policy* 77, 193-202. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.001>.
- Jarman, C. et Meijninger, W.M.L. (2012). Assessing the impact of invasive alien plants on South African water resources using remote sensing techniques. Dans Neale, C.M.U. et Cosh, M.H. (dir.), *Remote Sensing and Hydrology*. IAHS Press. 388-392. <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/508172>.
- Juffe-Bignoli, D., Burgess, N.D., Bingham, H., Belle, E.M.S., de Lima, M.G., Deguignet, M. et al. (2014). *Protected Planet Report 2014: Tracking Progress towards Global Targets for Protected Areas*. Cambridge : Centre mondial de surveillance de la conservation du Programme des Nations Unies pour l'environnement. https://www.unep-wcmc.org/system/dataset_file_fields/files/000/000/289/original/Protected_Planet_Report_2014_01122014_EN_web.pdf.
- Jupiter, S.D., Cohen, P.J., Weeks, R., Tawake, A. et Govan, H. (2014). Locally-managed marine areas: Multiple objectives and diverse strategies. *Pacific Conservation Biology* 20(2), 165-179. <https://doi.org/10.1071/PC140165>.
- Jupiter, S.D., Epstein, G., Ban, N.C., Mangubhai, S., Fox, M. et Cox, M. (2017). A social-ecological systems approach to assessing conservation and fisheries outcomes in Fijian locally managed marine areas. *Society & Natural Resources* 30(9), 1096-1111. <https://doi.org/10.1080/08941920.2017.1315654>.
- Kellenberg, D. et Levinson, A. (2014). Waste of effort? International environmental agreements. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 11(2), 135-169. <https://doi.org/10.1086/676037>.
- Kusmanoff, A., PhD (2017). *Framing the Conservation Conversation: An Investigation into Framing Techniques for Communicating Biodiversity Conservation*. Université RMIT. https://researchrepository.rmit.edu.au/discoversy/fulldisplay?docid=salma9921863894901341&context=L&id=61RMIT-INST-ResearchRepository&lang=en&search_scope=Research&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=Research&query=any:contains:Kusmanoff&offset=0.
- Laitos, J.G. et Wolongevicz, L.J. (2014). Why Environmental Laws Fail. *William & Mary Environmental Law and Policy Review* 39(1). <https://scholarship.law.wm.edu/wmelpr/vol39/iss1/2>.
- Le Maitre, D.C., Gush, M.B. et Dzikiti, S. (2015). Impacts of invading alien plant species on water flows at stand and catchment scales. *CoB Plants* 7(1), 1-21. <https://doi.org/10.1093/acplpa/phi043>.
- Levenda, M., Le Maitre, D.C., van Wilgen, B.W. et Ntshoto, P. (2008). *The Development of Protocols for the Monitoring and Evaluation of Benefits Arising from the Working for Water Programme*. Monitoring & Evaluation Frameworks. Pretoria : Council for Scientific and Industrial Research. https://www.environment.gov.za/sites/default/files/docs/levendal/leval_protocol_development_wfwbenefits_monitoringevaluation.pdf.
- Liebold, A.M., Brockerhoff, E.G., Garrett, L.J., Parke, J.L. et Britton, K.O. (2012). Live plant imports: The major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(3), 135-143. <https://doi.org/10.1890/110198>.
- Local Governments for Sustainability (2013). *Cities and Biodiversity: Exploring how Edmonton and Montreal are Mainstreaming the Urban Biodiversity Movement*. Toronto. <http://www.biopolis.ca/wp-content/uploads/2013/01/Cities-and-Biodiversity-Exploring-how-Edmonton-and-Montreal-are-Mainstreaming-the-Urban-Biodiversity-Movement.pdf>.
- Maas, J., van Dillen, S.M.E., Verheij, R.A. et Groenewegen, P.P. (2009). Social contacts as a possible mechanism behind the relation between green space and health. *Health & Place* 15(2), 586-595. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2008.09.006>.
- Magadella, D. et Mdzeke, N. (2004). Social benefits in the Working for Water programme as a public works initiative: Working for water. *South African Journal of Science* 100(1-2), 94-96. <https://hdl.handle.net/10520/EJC96206>.
- Mancini, M.S., Galli, A., Niccolucci, V., Lin, D., Hanscom, L., Wackernagel, M. et al. (2017). Stocks and flows of natural capital: Implications for ecological footprint. *Ecological Indicators* 77, 123-128. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.01.033>.
- Marcos-Martinez, R., Bryan, B.A., Schwabe, K.A., Connor, J.D. et Law, E.A. (2018). Forest transition in developed agricultural regions needs efficient regulatory policy. *Forest Policy and Economics* 86, 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.10.021>.
- McConnachie, M.M., Cowling, R.M., van Wilgen, B.W. et McConnachie, D.A. (2012). Evaluating the cost-effectiveness of invasive alien plant clearing: A case study from South Africa. *Biological Conservation* 155, 128-135. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.06.006>.
- McQueen, C., Noemdoe, S. et Jezile, N. (2001). The Working for Water programme. *Land Use and Water Resources Research* 1(4), 1-4. <https://core.ac.uk/download/pdf/6569950.pdf>.
- Meijninger, W.M.L. et Jarman, C. (2014). Satellite-based annual evaporation estimates of invasive alien plant species and native vegetation in South Africa. *Water SA* 40(1), 95-107. <https://doi.org/10.4314/wsa.v40n1.12>.
- Meyerson, L.A. et Mooney, H.A. (2007). Invasive alien species in an era of globalization. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(4), 199-208. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[199:ASIAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[199:ASIAE]2.0.CO;2).
- Mukherjee, N., Dahdouh-Guebais, F., Koedam, N. et Shanker, K. (2015). An interdisciplinary framework to evaluate bioshield plantations: Insights from peninsular India. *Acta Oecologica* 63, 91-100. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2014.01.005>.
- Mukherjee, N., Dicks, L.V., Shackelford, G.E., Vira, B. et Sutherland, W.J. (2016). Comparing groups versus individuals in decision making: A systematic review protocol. *Environmental Evidence* 5(19). <https://doi.org/10.1186/s13750-016-0066-7>.
- Mukherjee, N., Zabela, A., Hoge, J., Nyumba, T.O., Adem Esmail, B. et Sutherland, W.J. (2018). Comparison of techniques for eliciting views and judgements in decision-making. *Methods in Ecology and Evolution* 9(1), 54-63. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12940>.
- Nellemann, C. et Programme Interpol sur les atteintes à l'environnement (dir.) (2012). *Carbone vert, marché noir : exploitation illégale, fraude fiscale et blanchiment dans les forêts tropicales du monde. Une évaluation rapide des réponses à apporter*. Programme des Nations Unies pour l'environnement, GRID-Arendal. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8030/RRALogging_french_scr.pdf.
- Neslen, A. (2017). UK named as world's largest legal ivory exporter. *The Guardian*, 10 août 2017. <https://www.theguardian.com/environment/2017/aug/10/uk-named-as-worlds-largest-legal-ivory-exporter>.
- Newport, F. (2012). In U.S., 5% consider themselves vegetarians: Even smaller 2% say they are vegans. Gallup. <https://news.gallup.com/poll/156215/consider-themselves-vegetarians.aspx>.
- Nicholson, E., Fulton, E.A. et Collen, B. (2017). Linking biodiversity indicators with global conservation policy. Dans Bunnfeld, N., Nicholson, E. et Milner-Gulland, E.J. (dir.), *Decision-Making in Conservation and Natural Resource Management: Models for Interdisciplinary Approaches*. Cambridge : Cambridge University Press. Chapitre 9. 196-212. <https://doi.org/10.1017/9781316135938.009>.
- Niemelä, J., Saarela, S.-R., Söderman, T., Kopperoinen, L., Yli-Pelkonen, V., Väre, S. et al. (2010). Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: A Finland case study. *Biodiversity and Conservation* 19(11), 3225-3243. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9888-8>.
- Nouvelle-Galles-du-Sud, Bureau de l'Environnement et du Patrimoine (2017). *Draft Biodiversity Conservation Investment Strategy 2017-2037: A Strategy to Guide Investment in Private Land Conservation*. Sydney. <http://www.environment.nsw.gov.au/resources/biodiversity/strategy/draft-biodiversity-conservation-investment-strategy-170450.pdf>.
- Oldekop, J.A., Holmes, G., Harris, W.E. et Evans, K.L. (2015). A global assessment of the social and conservation outcomes of protected areas. *Conservation Biology* 30(1), 133-141. <https://doi.org/10.1111/cobi.12568>.
- Oliver, T.H., Heard, M.S., Isaac, N.J.B., Roy, D.B., Procter, D., Eigenbrod, F. et al. (2015). Biodiversity and resilience of ecosystem functions. *Trends in Ecology & Evolution* 30(11), 673-684. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.08.009>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2010). *Le deuxième rapport sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde*. Rome. <http://www.fao.org/3/i1500f/i1500f.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2018). *Integrated Landscape Management*. <http://www.fao.org/land-water/overview/integrated-landscape-management/en/> (consulté le 21 juin 2018).
- Organisation internationale de police criminelle (2015). *Protection of Asian Wildlife Species: Operation PAWS II* (2015). <https://www.cites.org/sites/default/files/eng/com/sc/66/E-SC66-44-01-A3.pdf>.
- Organisation maritime internationale (2017). *International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments (BWM)*. [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx).
- Organisation mondiale de la Santé et Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2015). *Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health: A State of Knowledge Review*. Genève. <http://www.cbd.int/health/SOK-biodiversity-en.pdf>.
- Paavola, J., Gouldson, A. et Klůváňková-Oravská, T. (2009). Interplay of actors, scales, frameworks and regimes in the governance of biodiversity. *Environmental Policy and Governance* 19(3), 148-158. <https://doi.org/10.1002/eet.505>.
- Paloniemi, R. et Vilja, V. (2009). Changing ecological and cultural states and preferences of nature conservation policy: The case of nature values trade in South-Western Finland. *Journal of Rural Studies* 25(1), 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.06.004>.
- Partenariat relatif aux indicateurs de biodiversité (2018a). *Legislation for Prevention and Control of Invasive Alien Species (IAS), Encompassing «Trends in Policy Responses, Legislation and Management*



Plans to Control and Prevent Spread of Invasive Alien Species» and «Proportion of Countries Adopting Relevant National Legislation and Adequately Resourcing the Prevention or Control of Invasive Alien Species». <https://www.biodiversityindicators.net/indicators/adopting-of-national-legislation-relevant-to-the-prevention-or-control-of-invasive-alien-species> (consulté le 2 janvier 2018).

Partenariat relatif aux indicateurs de biodiversité (2018b). *Red List Index (Impacts of Utilisation)*. <https://www.biodiversityindicators.net/indicators/red-list-index/red-list-index-impacts-of-utilisation> (consulté le 5 février 2018).

Partenariat relatif aux indicateurs de biodiversité (2018c). *Ecological Footprint* [Centre mondial de surveillance de la conservation du Programme des Nations Unies pour l'environnement]. <https://www.biodiversityindicators.net/indicators/ecological-footprint> (consulté le 13 février 2018).

Pejchar, L. et Mooney, H.A. (2009). Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends in Ecology & Evolution* 24(9), 497-504. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.016>.

Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2016). *The Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production*. Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V.L. et Ngo, H.T. (dir.). Bonn. <https://ipbes.net/assessment-reports/pollinators>.

Porras, I., Barton, D.N., Chacón-Cascante, A. et Miranda, M. (2013). *Learning from 20 Years of Payments for Ecosystem Services in Costa Rica*. Londres: Institut international pour l'environnement et le développement. <http://pubs.iied.org/pdfs/16514IIEO.pdf>.

Primmer, E., Paloniemi, R., Mathevet, R., Apostolopoulou, E., Tzanopoulos, J., Ring, I. et al. (2014). An approach to analysing scale-sensitivity and scale-effectiveness of governance in biodiversity conservation. Dans Padt, F., Opdam, P., Polman, N. et Termeer, C. (dir.). *Scale-Sensitive Governance of the Environment*. Chapitre 15. <https://online.library.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781118567135.ch15>.

Programme des Nations Unies pour le développement (2017). *Payments for Ecosystem Services*. <http://www.unpd.org/content/sdfinance/en/home/solutions/payments-for-ecosystem-services.html> (consulté le 2 octobre 2017).

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2015). *Annual Report 2015*. Nairobi. http://apps.unep.org/publications/index.php?option=com_publications&view=detail&layout=edit&id=12048.

Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature et l'Union internationale pour la conservation de la nature (2016). *Protected Planet Report 2016: How Protected Areas Contribute to Achieving Global Targets for Biodiversity*. Cambridge : <http://www.wcmc.org/protectedplanetreport-2016>.

Redpath, S.M., Linnell, J.D.C., Festa-Bianchet, M., Boitani, L., Bunnfeld, N., Dickman, A. et al. (2017). Don't forget to look down – Collaborative approaches to predator conservation. *Biological Reviews* 92(4), 2157-2163. <https://doi.org/10.1111/brv.12326>.

Reed, M.S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation* 141(10), 2417-2431. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014>.

Rees, W. et Wackernagel, M. (1996). Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable – And why they are a key to sustainability. *Environmental Impact Assessment Review* 16(4-6), 223-248. [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(96\)00022-4](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(96)00022-4).

Rivalan, P., Delmas, V., Angulo, E., Bull, L.S., Hall, R.J., Courchamp, F. et al. (2007). Can bans stimulate wildlife trade? *Nature* 447, 529-530. <https://doi.org/10.1038/447529a>.

Roe, J.J., Ward Thompson, C., Aspinall, P.A., Brewer, M.J., Duff, E.I., Miller, D. et al. (2013). Green space and stress: Evidence from cortisol measures in deprived urban communities. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 10(9), 4086-4103. <https://doi.org/10.3390/ijerph10094086>.

Rosenzweig, C., Solecki, W.D., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., Bowman, T. et al. (dir.) (2018). *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*. Cambridge, MA : Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316563878.007>.

Royaume-Uni, Ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales (2018). *A Green Future: Our 25 Year Plan to Improve the Environment*. Londres. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/693158/25-year-environment-plan.pdf.

Royaume-Uni, Ministère de l'Environnement et des Affaires rurales (2014). *Protecting Plant Health: A Plant Biosecurity Strategy for Great Britain*. Londres. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/307355/pb14168-plant-health-strategy.pdf.

Rudolph, A. et Figge, L. (2017). Determinants of ecological footprints: What is the role of globalization? *Ecological Indicators* 81, 348-361. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.04.060>.

Sandifer, P.A., Sutton-Grier, A.E. et Ward, B.P. (2015). Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem Services* 12, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.007>.

Saner, E. (2016). Fit, macho, sexy: The reinvention of vegans. *The Guardian*, 18 mai 2016. <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2016/may/18/vegans-veganism-fit-macho-sexy-beyonce-ufc-fighters-wellness-bloggers>.

Sansevero, J.B.B., Prieto, P.V., Sánchez-Tapia, A., Marcelo, Braga, J.M.A. et Rodrigues, P.J.F.P. (2017). Past land-use and ecological resilience in a lowland Brazilian Atlantic forest: Implications for passive restoration. *New Forests* 48(5), 573-586. <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9586-4>.

Sarkki, S., Ficko, A., Grunewald, K. et Nijnik, M. (2016). Benefits from and threats to European treeless ecosystem services: An exploratory study of stakeholders and governance. *Regional Environmental Change* 16(7), 2019-2032. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0812-3>.

Schwartz, M.W., Cook, C.N., Pressey, R.L., Pullin, A.S., Runge, M. C., Salafsky, N. et al. (2017). Decision support frameworks and tools for conservation. *Conservation Letters* 11(2), e12385. <https://doi.org/10.1111/coln.12385>.

Scott-Shaw, B.C., Everson, C.S. et Clulow, A.D. (2017). Water-use dynamics of an alien-invaded riparian forest within the Mediterranean climate zone of the Western Cape, South Africa. *Hydrology and Earth System Sciences* 21(9), 4551-4562. <https://doi.org/10.5194/hess-21-4551-2017>.

Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2012). *Resourcing the Aichi Biodiversity Targets: A First Assessment of the Resources Required for Implementing the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020*. Montréal. <https://www.cbd.int/doc/meetings/fin/hlpgar-sp-01/official/hlpgar-sp-01-01-report-en.pdf>.

Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2014). *Global Biodiversity Outlook 4: A Mid-Term Assessment of Progress towards the Implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020*. Montréal. <https://www.cbd.int/gbo4/gbo4/publication/gbo4-en-hr.pdf>.

Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2018a). *Latest NBSAPs*. <https://www.cbd.int/nbsap/about/latest/default.shtml> (consulté le 6 mai 2018).

Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2018b). *Background: Gender Mainstreaming in International Agreements*. <https://www.cbd.int/gender/background/> (consulté le 28 mars 2018).

Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2018c). *Protected Areas Management Effectiveness*. <https://www.cbd.int/protected-areas/PAME.shtml> (consulté le 2 mai 2018).

Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique et l'Union internationale pour la conservation de la nature (2018). *Gender and Access and Benefit Sharing of Genetic Resources (ABS)*. Gland. https://portals.iucn.org/union/sites/union/files/doc/gender_and_access_and_benefits_sharing_of_genetic_resources.pdf.

Seebens, H., Essl, F., Dawson, W., Fuentes, N., Moser, D., Pergl, J. et al. (2015). Global trade will accelerate plant invasions in emerging economies under climate change. *Global Change Biology* 21(11), 4128-4140. <https://doi.org/10.1111/gcb.13021>.

South African National Biodiversity Institute (2008). *Rietveld Rehabilitation Project Aids in Water Purification*. Le Cap.

Sterling, E.J., Betley, E., Sigouin, A., Gomez, A., Toomey, A., Cullman, G. et al. (2017). Assessing the evidence for stakeholder engagement in biodiversity conservation. *Biological Conservation* 209, 159-171. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.02.008>.

Stoett, P.J. (2012). *Global Ecopolitics: Crisis, Governance, and Justice*. Toronto : University of Toronto Press. <https://books.google.ca/books?id=KyByBgAAQBA&dq=global+ecopolitics+crisis+governance+and+justice&lr=&pg=PA1>.

Stoner, S., Krishnasamy, K., Wittmann, T., Delean, S. et Cassey, P. (2016). *Reduced to Skin and Bones Re-examined: Full Analysis. An Analysis of Tiger Seizures from 13 Range Countries from 2000-2015*. Selangor. TRAFFIC. <https://www.traffic.org/site/assets/files/2350/reduced-to-skin-and-bones-re-examined-full-analysis.pdf>.

Strayer, D.L. (2010). Alien species in fresh waters: Ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. *Freshwater Biology* 55(s1), 152-174. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02380.x>.

Sumaila, U.R., Rodriguez, C.M., Schultz, M., Sharma, R., Tyrrell, T.D., Masundire, H. et al. (2017). Investments to reverse biodiversity loss are economically beneficial. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 29, 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.01.007>.

Thinley, P., Rajaratnam, R., Lassoie, J.P., Morreale, S.J., Curtis, P.D., Vernes, K. et al. (2018). The ecological benefit of tigers (*Panthera tigris*) to farmers in reducing crop and livestock losses in the eastern Himalayas: Implications for conservation of large apex predators. *Biological Conservation* 219, 119-125. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.01.015>.

Tittensor, D.P., Walpole, M., Hill, S.L.L., Boyce, D.G., Britten, G.L., Burgess, N.D. et al. (2014). A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science* 346(6206), 241-244. <https://doi.org/10.1126/science.1257484>.

Turpie, J.K., Marais, C. et Bignault, J.N. (2008). The Working for Water programme: Evolution of a payments for ecosystem services mechanism that addresses both poverty and ecosystem service delivery in South Africa. *Ecological Economics* 65(4), 788-798. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.12.024>.

Union internationale pour la conservation de la nature (2006). *Unified Classification of Conservation Actions: Version 1.0*. Gland. https://cmp-openstandards.org/wp-content/uploads/2010/04/IUCN-CMP-Unified-Actions-Classification-2006_06_01.pdf.

Union internationale pour la conservation de la nature (2016). *Inclusion and Characterization of Women and Gender Equality Considerations in National Biodiversity Strategies and Action Plans (NBSAPs)*. Environment & Gender Information, Washington : Union internationale pour la conservation de la nature. <https://www.cbd.int/gender/doc/gender-nbsaps-factsheet.pdf>.

Union internationale pour la conservation de la nature (2017). *Gender and Biodiversity: Analysis of Women and Gender Equality Considerations in National Biodiversity Strategies and Action Plans (NBSAPs)*. Environment & Gender Information, Washington : Union internationale pour la conservation de la nature. <https://www.cbd.int/gender/doc/gender-biodiversity-nbsaps-report-final.pdf>.

Union internationale pour la conservation de la nature (2018a). *Red List Index*. <https://www.iucnredlist.org/assessment/red-list-index> (consulté le 6 novembre 2018).

Union internationale pour la conservation de la nature (2018b). *About: What is a Protected Area?* <https://www.iucn.org/theme/protected-areas/about> (consulté le 6 novembre 2018).

Urge-Vorsatz, D., Rosenzweig, C., Dawson, R.J., Sanchez Rodriguez, R., Bai, X., Barau, A.S. et al. (2018). Locking in positive climate responses in cities. *Nature Climate Change* 8(3), 174-177. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0100-6>.

van de Wouw, M., Kik, C., van Hintum, T., van Treuren, R. et Visser, B. (2010). Genetic erosion in crops: Concept, research results and challenges. *Plant Genetic Resources* 8(1), 1-15. <https://doi.org/10.1017/S1479262109990062>.

van Wilgen, B.W., Forsyth, G.G., Le Maitre, D.C., Wannenburgh, A., Kotzé, J.D.F., van den Berg, E. et al. (2012). An assessment of the effectiveness of a large, national-scale invasive alien plant control strategy in South Africa. *Biological Conservation* 148(1), 28-38. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.12.035>.

Venter, I. (2005). Back to basics. *Engineering News*, 21 octobre 2005.

Ville d'Edmonton (2009). *Natural Connections: Biodiversity Action Plan 2009*. Edmonton. https://www.edmonton.ca/city_government/documents/PDF/Edmonton_Biodiversity_Action_Plan_Final.PDF.

Wellsmit, M. (2011). Wildlife crime: The problems of enforcement. *European Journal on Criminal Policy and Research* 17(2), 125-148. <https://doi.org/10.1007/s10610-011-9140-4>.

Westengen, O.T., Jeppson, S. et Guarino, L. (2013). Global ex-situ crop diversity conservation and the Svalbard global seed vault: Assessing the current status. *PLoS One* 8(5), e64146. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064146>.

Westphal, M.I., Browne, M., MacKinnon, K. et Noble, I. (2008). The link between international trade and the global distribution of invasive alien species. *Biological Invasions* 10(4), 391-398. <https://doi.org/10.1007/s10530-007-9138-5>.

Wilcove, D.S., Rothstein, D., Dubow, J., Phillips, A. et Losos, E. (1998). Quantifying threats to imperiled species in the United States: Assessing the relative importance of habitat destruction, alien species, pollution, overexploitation, and disease. *BioScience* 48(8), 607-615. <https://doi.org/10.2307/1313420>.

Wilcox, B.A., Aguirre, A.A. et Horwitz, P. (2012). *Ecohealth: Connecting ecology, health and sustainability*. Dans Aguirre, A.A., Ostfield, R.S. et Daszak, P. (dir.). *New Directions in Conservation Medicine: Applied Cases of Ecological Health*. New York : Oxford University Press. 17-32. <https://ro.ecu.edu.au/ecuworks2012/48/>.

Wolkovich, E.M., Davies, T.J., Schaefer, H., Cleland, E.E., Cook, B.I., Travers, S.E. et al. (2013). Temperature-dependent shifts in phenology contribute to the success of exotic species with climate change. *American Journal of Botany* 100(7), 1407-1421. <https://doi.org/10.3732/ajb.1200478>.

Young, R.P., Hudson, M.A., Terry, A.M.R., Jones, C.G., Lewis, R.E., Tatayah, V. et al. (2014). Accounting for conservation: Using the IUCN Red List Index to evaluate the impact of a conservation organization. *Biological Conservation* 180, 84-96. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.09.039>.





Chapitre 14



Les politiques relatives aux océans et aux zones côtières



Auteure coordonnatrice : Diana Mangalagiu (université d'Oxford et Neoma Business School)

Auteurs principaux : Elaine Baker (GRID-Arendal, université de Sydney), Pedro Fidelman (Centre for Policy Futures, université du Queensland), Leandra Regina Gonçalves (université de Campinas), Peter Harris (GRID-Arendal), James Hollway (Institut de hautes études internationales et du développement), Rakhyun E. Kim (université d'Utrecht) et Jake Rice (Pêches et Océans Canada)

Membre honoraire de GEO : AlAnoud Alkhatlan (université du Golfe arabe)



Synthèse

Différents moyens d'intervention et approches de gouvernance sont nécessaires pour faire face aux principales forces motrices et pressions qui agissent sur les océans (par exemple, les changements climatiques, la pollution et la surpêche ; voir le chapitre 7 du présent rapport) (*bien établi*). Ces instruments et approches sont axés sur la contrainte, les partenariats avec les parties prenantes, les incitations économiques et les approches visant à renforcer les capacités des acteurs concernés. {14.2}

Il importe d'assurer la cohérence et l'intégration des politiques pour faire face aux effets cumulatifs des menaces locales et régionales, et soutenir la résilience des écosystèmes marins (tels que les récifs coralliens) aux changements climatiques (*non concluant*). Toutefois, en l'absence de politiques internationales visant à réduire les émissions de carbone, l'efficacité d'une gestion axée sur la résilience risque d'être très limitée, compte tenu de la faible capacité d'adaptation des espèces marines face au réchauffement des eaux océaniques (*bien établi*). {14.2.1}

Les problèmes impliquant une grande diversité d'activités, de secteurs et de sources (les déchets marins, par exemple) peuvent nécessiter des politiques reposant sur des mesures globales et coordonnées (*bien établi, mais incomplet*). Lorsque ces problèmes impliquent plusieurs territoires, il peut être bon de mettre en œuvre une approche de gouvernance visant à impliquer les pays voisins (le Programme pour les mers régionales, par exemple) (*bien établi, mais incomplet*). {14.2.2}

Compte tenu de la diversité des environnements concernés par les problèmes liés à la pêche, la promotion de pratiques plus durables dans ce domaine peut nécessiter plusieurs moyens d'intervention (*bien établi*). Les programmes de droits d'usage territoriaux pour les pêcheurs (DUTP) conviennent bien aux zones de pêche dotées de stocks relativement sédentaires, d'un fort potentiel d'exclusion et d'un gouvernement désireux de déléguer des fonctions de gestion et d'application coûteuses (*bien établi*). Les quotas individuels transférables (QIT) fonctionnent mieux pour les stocks présentant une valeur relativement élevée, à condition d'être encadrés par des quotas solides, indépendants et établis scientifiquement, ainsi que par des processus rigoureux de suivi,

de contrôle et de surveillance. La réglementation des droits d'accès et d'utilisation des ressources peut s'avérer efficace lorsqu'elle s'appuie sur des mécanismes d'application et de conformité opérationnels (*bien établi*). {14.2.3}

Face à certains problèmes, il est préférable de faire appel à des instruments d'intervention fondés sur l'implication de la communauté et des parties prenantes (*bien établi*). Il s'agit notamment de permettre aux communautés locales d'élaborer et d'adopter des mesures adaptées à leur contexte et de nouer des partenariats avec le secteur privé (*bien établi*). {14.2.3}

Des indicateurs tenant compte des politiques en vigueur assurent le suivi des progrès réalisés dans la lutte contre les principales pressions et forces motrices (*bien établi*). Il s'agit notamment d'indicateurs par zone, telle la couverture des aires marines protégées et des écosystèmes marins vulnérables. La mise en place d'aires protégées placées sous juridiction nationale ou situées en haute mer peut être une solution face aux pressions qui s'exercent sur la biodiversité marine, notamment la surpêche et la destruction de l'habitat (*bien établi, mais incomplet*). {14.3.1}

De nombreux indicateurs sont incapables de saisir les pressions et les forces motrices dans leurs multiples dimensions (*bien établi*). Une approche par zone ne garantit pas à elle seule une gestion efficace des zones concernées ni une protection contre l'impact des changements climatiques ou de la pollution (*bien établi*). Il est donc essentiel d'élaborer des méthodes permettant d'évaluer l'efficacité des aires protégées (*bien établi*). {14.3.2}

L'absence de normalisation peut rendre difficile le suivi des progrès réalisés en matière de conservation marine (*bien établi*). C'est notamment le cas des déchets présents sur les plages, utilisés comme indicateur des déchets en milieu marin. Face à l'absence de normalisation et à l'incompatibilité des méthodes utilisées et des résultats obtenus dans le cadre de divers projets inscrits dans une approche ascendante, il est difficile d'évaluer de manière globale l'état des déchets marins sur de vastes zones géographiques. {14.3.2}



14.1 Introduction

L'impact des activités humaines sur les océans a de graves répercussions sociales et économiques qui touchent directement et indirectement la santé et le bien-être des êtres humains. Comme indiqué au chapitre 7 du présent rapport, les impacts les plus préoccupants sont associés aux changements climatiques, à la pollution et à la surpêche. Le blanchissement des coraux est peut-être l'un des effets les plus dramatiques et les plus immédiats des changements climatiques sur les océans ces dernières années ; les déchets marins et la pollution par les matières plastiques sont au premier rang des préoccupations liées à la pollution ; enfin, l'épuisement des stocks halieutiques dû à la surpêche reste un enjeu crucial. En s'inspirant d'une sélection de différents types de politiques et des études de cas correspondantes, le présent chapitre examine les principales approches et mesures mises en œuvre en réponse à ces enjeux (**tableau 14.1**). En outre, les études de cas permettent d'illustrer les réponses adoptées dans différents contextes de gouvernance (infranational, régional et mondial) et environnements géographiques, et mettent en lumière les difficultés et les perspectives associées à la conception et à la mise en œuvre des politiques.

Le présent chapitre fournit également de précieuses indications concernant l'efficacité des politiques régionales et mondiales. Pour cela, il s'appuie sur plusieurs indicateurs tenant compte des politiques en vigueur, tels que la couverture des aires marines protégées, l'évaluation des déchets présents sur les plages et la représentation des écosystèmes marins vulnérables dans les organisations régionales de gestion de la pêche.

14.2 Les principales politiques et approches de gouvernance

14.2.1 La gestion fondée sur la résilience (politique d'adaptation aux changements climatiques)

La gestion fondée sur la résilience (GFR) des récifs coralliens est un concept qui émerge dans un contexte où les solutions sont très peu nombreuses (van Oppen *et al.*, 2015 ; van Oppen *et al.*, 2017), car la cause fondamentale du blanchissement des coraux est l'augmentation des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone (CO₂). La GFR désigne les mesures stratégiques mises en œuvre aux niveaux local et régional pour soutenir la résilience écologique (c'est-à-dire la capacité à résister aux perturbations et à s'en remettre) (Anthony, 2016). On considère qu'elle aide à compenser, dans une certaine mesure, l'impact croissant des changements climatiques (Anthony *et al.*, 2015 ; Anthony, 2016).

La GFR repose sur le présupposé selon lequel il est possible de renforcer la résilience des récifs coralliens en s'attaquant aux impacts cumulatifs des menaces locales et régionales (par exemple, la pollution, la sédimentation et la surpêche) (Marshall et Schuttenberg, 2006 ; Keller *et al.*, 2009 ; Anthony *et al.*, 2015 ; Anthony, 2016). La GFR peut combiner différents moyens d'intervention et mesures de gestion (par exemple, la réglementation, les incitations et l'éducation) (Anthony *et al.*, 2015, p. 53). Ces derniers peuvent notamment porter sur le contrôle de l'utilisation du sol visant à améliorer la qualité de l'eau infiltrée dans le système récifal, ou encore l'aménagement des aires marines protégées, y compris les zones d'interdiction de pêche (Anthony *et al.*, 2015 ; Anthony, 2016). Dans la perspective du cadre Forces motrices–Pressions–État–Impact–Réponse (DPSIR) (section 1.6), la GFR vise à répondre à une série de « pressions » pesant sur les récifs, telles que l'utilisation du sol dans les bassins versants adjacents, l'aménagement du littoral et la pêche.

La GFR demeure un concept émergent, absent de la littérature consacrée aux politiques. Ailleurs, les discussions relatives aux récifs coralliens se contentent d'évoquer la nécessité de mettre en œuvre la GFR et de soutenir les stratégies allant dans ce sens.

À l'échelle internationale, on note un intérêt significatif pour les approches de gestion des récifs coralliens fondées sur la résilience. Par exemple, l'Initiative du Triangle de Corail – un projet intergouvernemental impliquant l'Indonésie, la Malaisie, la Papouasie–Nouvelle-Guinée, les Philippines et le Timor-Leste – intègre des principes fondés sur la résilience et la gestion d'enjeux multiples (Secrétariat de l'Initiative du Triangle de Corail, 2009). En outre, l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) a adopté un programme d'action relatif aux récifs coralliens, aux changements climatiques et à la résilience qui préconise l'élaboration de politiques visant à soutenir la GFR aux niveaux national et international (Obura et Grimsditch, 2009).

Étude de cas : le Plan d'action sur le changement climatique et la Grande Barrière 2007-2012

Le parc marin de la Grande Barrière de corail d'Australie est un pionnier mondial de la gestion des récifs coralliens (Day, 2016). Il offre un aperçu des approches à mettre en place pour restaurer et maintenir la résilience des récifs coralliens face à de multiples menaces, notamment celles liées aux changements climatiques (Autorité du parc marin de la Grande Barrière de corail [GBRMPA], 2009 ; GBRMPA, 2014). En 2007, la GBRMPA¹ a lancé le *Great Barrier Reef Climate Change Action Plan 2007-2012* (Plan d'action sur le changement climatique et la Grande Barrière 2007-2012), qui définit les stratégies et les mesures visant à renforcer la résilience des récifs et à soutenir l'adaptation des industries et

Tableau 14.1 : Exemple d'approches de gouvernance et de moyens d'intervention pour lutter contre le blanchissement des coraux, les déchets marins et la surpêche

Approche de gouvernance	Moyen d'intervention	Étude de cas
Renforcement des capacités des acteurs	Production de connaissances, sensibilisation	Plan d'action sur le changement climatique et la Grande Barrière 2007-2012
Mesures contraignantes et partenariats avec le secteur privé	Mesures juridiquement contraignantes et démarches spontanées d'entreprises et d'autres parties prenantes	Plan régional sur la gestion des déchets marins en Méditerranée
Renforcement des capacités des acteurs et incitations économiques	Droits d'usage territoriaux pour les pêcheurs	Droits d'usage territoriaux des pêcheurs de loco au Chili
Incitations économiques	Quotas individuels transférables	Quotas individuels transférables pour la pêche aux poissons de fond en Colombie-Britannique
Mesures contraignantes	Réglementation des droits d'accès et d'utilisation des ressources	Résolution 61/105 de l'Assemblée générale des Nations Unies sur les écosystèmes marins vulnérables

1. Autorité statutaire fédérale établie en vertu de la loi de 1975 régissant le parc marin de la Grande Barrière de corail, la GBRMPA est investie du pouvoir de préparer et publier des plans et politiques visant la protection et la gestion de la Grande Barrière de corail (Commonwealth d'Australie, 1975).



des communautés qui en dépendent (GBRMPA, 2007). Ce plan d'action figurait au départ parmi les mesures particulières du *National Climate Change Adaptation Framework* (Cadre national pour l'adaptation au changement climatique) mis en place par le Conseil des gouvernements australiens (2007). Aux niveaux national et international, il constitue désormais une étude de cas, la première du genre, permettant d'étudier les mesures d'adaptation destinées à répondre à la menace que font peser les changements

climatiques sur un système récifal appartenant au patrimoine mondial (GBRMPA, 2012). En outre, ce cas illustre l'approche de gouvernance fondée sur le renforcement des capacités. Le plan d'action comprend en effet des mesures favorables à une meilleure compréhension de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques, ainsi qu'à une sensibilisation accrue des communautés et des industries qui dépendent des récifs.

Tableau 14.2 : La Grande Barrière de corail d'Australie

Critère	Description	Références
Succès ou échec	L'objectif général du Plan d'action sur le changement climatique et la Grande Barrière 2007-2012 était d'optimiser la résilience de la Grande Barrière de corail aux changements climatiques. Il comportait quatre objectifs : i) la production de données scientifiques ciblées ; ii) la résilience des écosystèmes ; iii) l'adaptation des industries et des communautés ; iv) la réduction de l'empreinte climatique. Un examen du plan d'action révèle l'exécution de plus de 250 projets ou activités individuels, la publication d'un large éventail de ressources, dont plus de 150 rapports et articles, et la production de connaissances scientifiques justifiant l'instauration de nouveaux outils et processus décisionnels (par exemple, le développement et le perfectionnement d'outils de télédétection qui prévoient le blanchissement des coraux et les risques d'épidémie de maladies coralliennes). D'autre part, le <i>GBR Outlook Report 2014</i> reconnaît que, malgré une gestion saine des changements climatiques et d'autres menaces à l'échelle régionale, on assiste à un déclin continu de l'état du récif.	GBRMPA, 2012 ; GBRMPA, 2014
Indépendance de l'évaluation	Un examen des résultats du Plan d'action a été réalisé par la GBRMPA (il s'agit donc d'une autoévaluation).	GBRMPA, 2012
Acteurs clés	Parallèlement à la GBRMPA, plusieurs catégories de parties prenantes spécifiques sont intervenues dans le processus de mise en œuvre, notamment les propriétaires traditionnels, les opérateurs touristiques et l'industrie des produits de la mer. On estime que ce processus a permis de consolider les relations entre le secteur public, le secteur privé, les communautés et le monde universitaire.	Commonwealth d'Australie, 2016
Données de référence	En 2007, un examen complet de la vulnérabilité, notamment dans ses dimensions sociales et économiques, a permis d'évaluer les menaces que les changements climatiques font peser sur la Grande Barrière de corail.	Johnson et Marshall, 2007
Délai d'exécution	Le Plan d'action a été mis en œuvre sur une période de cinq ans, de 2007 à 2012. Le rapport <i>Climate Change Adaptation: Outcomes from the Great Barrier Reef Climate Change Action Plan 2007-2012</i> a été publié en 2012.	GBRMPA, 2012
Facteurs limitants	Dans la Grande Barrière de corail, la réponse aux changements climatiques implique une coordination entre plusieurs secteurs et organismes d'intervention aux niveaux local, étatique et fédéral. Parmi les autres difficultés rencontrées, on peut notamment citer la combinaison de nombreuses échelles spatiales et temporelles, l'incertitude et les interactions entre des facteurs climatiques et non climatiques (voir le chapitre 2). Il est important de noter que les principales menaces à la résilience des récifs, telles que la mauvaise qualité de l'eau provenant des bassins versants adjacents et de l'aménagement du littoral, se situent au-delà des limites du parc marin de la Grande Barrière de corail et échappent donc à l'autorité de la GBRMPA et au champ d'application du Plan d'action.	Fidelman, Leitch et Nelson, 2013
Facteurs habilitants	Le gouvernement fédéral a alloué environ 9 millions de dollars australiens à la mise en œuvre du Plan d'action. De plus, la GBRMPA a joué un rôle moteur dans la gestion de la Grande Barrière de corail depuis le milieu des années 1970. Elle disposait également des capacités nécessaires à la mobilisation de compétences et de partenaires supplémentaires.	Commonwealth d'Australie, 2016
Coût-efficacité	Les données relatives au rapport coût-efficacité ne sont pas disponibles.	
Équité	Le Plan d'action ne prenait pas en considération les enjeux fondamentaux relatifs à l'équité. Toutefois, les commentateurs soulignent la nécessité de mettre au point un système d'utilisateur-payeur pour les parties prenantes ayant un impact sur la Grande Barrière de corail, notamment celles qui sont responsables de la navigation et des activités portuaires et terrestres.	Morrison et Hughes, 2016 National Climate Change Adaptation Research Facility, 2016
Avantages connexes	Étant donné la nature de la GFR, qui consiste à traiter les impacts cumulatifs des menaces locales et régionales, le Plan d'action aurait pu permettre de renforcer politiques existantes en matière de conservation, de pêche et de tourisme.	GBRMPA, 2012
Enjeux transfrontaliers	Une grande partie des enjeux relatifs à la Grande Barrière de corail traversent les frontières administratives et écologiques, concernant de multiples secteurs d'intervention (changements climatiques, agriculture, aménagement du littoral, pêche) et exposent donc les initiatives de GFR à d'importantes difficultés.	Fidelman, Leitch et Nelson, 2013 ; GBRMPA, 2014
Pistes d'amélioration	Le Plan d'action portait surtout sur les actions menées au sein du parc marin de la Grande Barrière de corail. Les principales menaces à la résilience du récif, telles que la mauvaise qualité de l'eau provenant des bassins versants adjacents et de l'aménagement du littoral, se situent au-delà des limites du parc marin. Il serait donc particulièrement utile de mettre en œuvre des initiatives de GFR mettant l'accent sur les facteurs externes. Cela nécessiterait cependant un certain niveau de cohérence et d'intégration avec les politiques existantes ciblant déjà les mêmes facteurs.	



La GFR n'empêche pas le blanchissement du corail, mais peut améliorer les perspectives de rétablissement après un épisode de blanchissement. Cependant, à moins d'une action mondiale visant à freiner les émissions de carbone, la GFR à elle seule ne suffira probablement pas, étant donné la faible capacité d'adaptation des coraux face au réchauffement des eaux océaniques (Anthony, 2016 ; Hughes *et al.*, 2017).

Le cas de la Grande Barrière de corail laisse penser que la GFR devra s'adapter à des cadres de gouvernance complexes impliquant un large éventail d'échelles géographiques et de compétences, de niveaux d'organisation sociale et administrative, de secteurs d'intervention et de ressources (Fidelman, Leitch et Nelson, 2013). Par conséquent, la mise en œuvre de la GFR peut nécessiter la promotion d'un processus d'intégration et de cohérence entre les politiques existantes en matière de lutte contre les menaces locales et régionales. À cet égard, la GFR est susceptible d'améliorer la gouvernance globale en dépassant la séparation des compétences terrestres et maritimes. Il est donc essentiel d'élargir la portée de ce type d'initiatives pour y intégrer les dimensions institutionnelles et de gouvernance – tout comme il importe d'y intégrer la question de la résilience sociale –, car les changements climatiques ont des répercussions significatives sur les communautés et les industries tributaires des récifs, y compris sur leur bien-être et leur santé (Cinner *et al.*, 2016).

14.2.2 Les déchets marins (politique de coopération régionale)

Créé en 1974, le Programme pour les mers régionales est l'une des principales initiatives du PNUE visant à traiter les questions relatives à l'environnement côtier et marin. Ce programme est un exemple d'approche de coopération régionale en matière de gestion du littoral et de la mer. Il est axé sur la participation des pays voisins à des plans d'action régionaux visant à résoudre les problèmes qui se posent dans des milieux marins communs. Dans bien des cas, ces plans sont régis par un cadre juridique qui prend la forme d'une convention régionale assortie de protocoles portant sur des questions spécifiques.

Il existe actuellement 18 programmes relatifs aux mers régionales, auxquels participent plus de 140 pays. L'un de ces programmes, le

Plan d'action pour la Méditerranée, réunit 22 parties contractantes (l'Albanie, l'Algérie, la Bosnie-Herzégovine, Chypre, la Croatie, l'Égypte, l'Espagne, la Grèce, Israël, l'Italie, le Liban, la Libye, Malte, le Maroc, Monaco, le Monténégro, la Slovénie, la Syrie, la Tunisie, la Turquie et l'Union européenne).

Le problème des déchets et des débris marins en Méditerranée est bien connu et ses impacts sont à la fois environnementaux, économiques, sanitaires, sécuritaires et culturels (voir par exemple Galgani *et al.*, 1995 ; Stafatos *et al.*, 1999 ; Tomás *et al.*, 2002 ; Campani *et al.*, 2013 ; Pasquini *et al.*, 2016). Cette situation a favorisé l'adoption de plans d'action visant à réduire la pollution.

Étude de cas : le Plan régional sur la gestion des déchets marins en Méditerranée

La forte densité démographique du littoral, la pêche et l'importance du tourisme et du trafic maritime, notamment les apports fluviaux, ont contribué à une augmentation continue des déchets marins au cours des dernières décennies (voir par exemple Santos, Friedrich, et Barretto, 2005 ; Galgani *et al.*, 2014 ; Rech *et al.*, 2014 ; Unger et Harrison, 2016). Selon l'*International Coastal Cleanup 2017 Report* (Ocean Conservancy, 2017), les articles les plus présents dans la mer sont les mégots de cigarettes (voir également Munari *et al.*, 2016), mais les plastiques, en particulier sous la forme de fragments de produits de consommation, constituent de loin la catégorie de déchets marins la plus importante (Li *et al.*, 2016).

Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement – Plan d'action pour la Méditerranée (PNUE/PAM) est, avec le Plan régional sur la gestion des déchets marins en Méditerranée (le Plan), le premier programme et la première convention sur les mers régionales à avoir élaboré des mesures juridiquement contraignantes pour prévenir et réduire les effets néfastes des déchets marins sur les milieux marins et côtiers. Le Plan a été adopté en 2013 et son entrée en vigueur coïncidait avec la mise à jour des plans d'action nationaux des pays méditerranéens relatifs à la pollution d'origine terrestre.

Le Plan repose sur certains principes clés en matière de réduction et de prévention de la pollution, notamment l'intégration de la gestion des déchets marins au processus de gestion des déchets solides et la réduction des déchets, et met l'accent sur la promotion




Tableau 14.3 : Le Plan régional sur la gestion des déchets marins en Méditerranée

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Le plan prévoit 42 tâches spécifiques, un calendrier, des autorités responsables, des indicateurs de vérification, des coûts et des sources de financement. Les objectifs fixés pour 2017 ont été largement réalisés, car beaucoup d'entre eux étaient formulés de manière conditionnelle (« envisager et, dans la mesure du possible, mettre en œuvre »). Toutefois, de nombreux objectifs sont passés du stade de la réflexion à celui de la mise en œuvre.	
Indépendance de l'évaluation	Il incombe aux parties contractantes d'évaluer l'état des déchets marins, leur impact sur le milieu marin et côtier et sur la santé humaine, de même que les aspects socio-économiques relatifs à leur gestion. Ce travail d'évaluation sera mené selon une méthodologie décidée en commun et s'appuiera sur les enquêtes et les programmes nationaux de suivi.	
Acteurs clés	Le Plan a été adopté par les parties contractantes à la Convention sur la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée (Convention de Barcelone), qui regroupe 21 pays méditerranéens et l'Union européenne (UE).	PNUE/PAM, 2013
Données de référence	Une évaluation de l'état des déchets marins en Méditerranée, réalisée en 2008, a servi de base à l'élaboration du Plan. Les États membres de l'UE ont procédé à une évaluation de référence des déchets marins conformément à la directive-cadre « stratégie pour le milieu marin » de l'UE (Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, 2008). Cependant, l'évaluation des déchets marins menée en 2015 recommande d'améliorer la définition des bases de référence et des cibles. Il convient d'instaurer des valeurs de référence communes à toute la mer Méditerranée pour les indicateurs de déchets marins (plages, surface de la mer, fonds marins, microplastiques, déchets ingérés), plutôt que de se limiter à l'échelle infrarégionale.	Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, 2008 PNUE/PAM, 2016 ; PNUE/PAM, 2015a ; PNUE, 2016
Délai d'exécution	Le plan doit être mis en œuvre entre 2016 et 2025 et, dans la mesure du possible, la majorité des mesures seront déployées avant 2020.	
Facteurs limitants	Le comportement des consommateurs reste une difficulté majeure. En effet, la réduction des déchets marins suppose une évolution des perceptions, des attitudes et des comportements du grand public. La question de la conformité et la nécessité de renforcer les processus de détection et d'application risquent de nuire à l'efficacité de la législation. Certains États ont un système de gestion des déchets inadéquat, faute de financements et d'une bonne gouvernance. En outre, les méthodes utilisées pour traiter le problème des déchets marins manquent de cohésion. Des solutions existent, notamment l'instauration, à l'échelle régionale, de directives et de projets pilotes tels que Fishing for Litter (« La pêche aux déchets ») et Adopt a Beach (« Adopte une plage »), mais des améliorations sont encore possibles.	PNUE/PAM, 2013
Facteurs habilitants	Les objectifs du Plan sont également soutenus par la directive-cadre « stratégie pour le milieu marin » et par diverses politiques synergiques : la Stratégie européenne en matière de déchets plastiques dans l'environnement, qui traite des déchets marins plastiques et des moyens de les réduire ; une directive restreignant l'utilisation des sacs en plastique ; la Directive relative aux installations de réception portuaires, qui traite des déchets produits par les navires dans les ports de l'UE. Le Plan est en outre soutenu par les plans d'action du G7 et du G20 sur les déchets marins. Les organisations non gouvernementales (ONG) ont joué un rôle important dans les activités de sensibilisation et d'éducation. Elles ont contribué de manière significative à la collecte de données et aux opérations de nettoyage grâce à la mobilisation de plusieurs milliers de bénévoles en faveur d'une Méditerranée sans déchets. Le Plan prévoit de solides dispositions favorisant une coordination efficace et une implication significative des divers acteurs et parties prenantes concernés par la gestion des déchets marins.	
Coût-efficacité	Les déchets marins peuvent causer des dommages socio-économiques importants, notamment des pertes pour les communautés côtières, le tourisme, la navigation et la pêche. Cependant, la mise en œuvre des mesures permettant de répondre aux exigences du Plan régional à travers les plans d'action nationaux représente également un coût considérable. À titre d'exemple, le coût du nettoyage des côtes et des plages de l'UE a été évalué à près de 630 millions d'euros par an, alors que le coût pour le secteur de la pêche pourrait s'élever à près de 60 millions d'euros. Le PNUE/PAM a mené des travaux en vue d'aider les pays à estimer les coûts associés à l'application du Plan régional et des mesures juridiquement contraignantes en vigueur dans la région. En outre, alors qu'elles étaient encore à l'étude, certaines mesures ont fait l'objet d'une évaluation socio-économique de leurs coûts et avantages, notamment la pêche aux déchets, les installations de réception portuaires et l'interdiction des sacs en plastique à usage unique.	Ballance, Ryan et Turpie, 2000 ; Williams <i>et al.</i> , 2016 ; Brouwer <i>et al.</i> , 2017 ; Commission européenne, 2017 ; PNUE/PAM, 2015b
Équité	La réduction des déchets marins profite aussi bien aux populations qu'à l'environnement. Les mesures d'atténuation telles que les systèmes de consigne, les taxes sur les sacs en plastique et les activités d'application de la loi ont un coût qui n'est pas équitablement réparti dans la société.	
Avantages connexes	Parmi les avantages connexes, on peut citer l'augmentation de la production d'énergie à partir du recyclage de déchets solides et la réduction de la demande d'emballages en plastique, imputable aux activités de sensibilisation. La réduction des déchets marins est également bénéfique pour les espèces, la biodiversité et les écosystèmes marins.	
Enjeux transfrontaliers	Les déchets marins peuvent être produits dans de nombreuses juridictions et migrer au-delà de leurs frontières. Les déchets marins méditerranéens peuvent même entrer dans la mer depuis l'Atlantique – par le détroit de Gibraltar – ou par le canal de Suez, bien que les déchets marins méditerranéens d'origine transfrontalière proviennent le plus souvent d'autres États du pourtour méditerranéen. Les déchets marins s'accumulent dans certaines zones sensibles. Des travaux préliminaires sont actuellement entrepris au niveau régional par le PNUE/PAM et d'autres organisations et initiatives afin de déterminer la localisation de ces zones.	
Pistes d'amélioration	Les données nationales relatives aux déchets marins présentent des incohérences quant aux années de référence et aux systèmes de déclaration, qui diffèrent d'un pays à l'autre. Par conséquent, les différences de portée, de méthodes de calcul et l'absence de validation des données entravent l'identification des tendances. L'évaluation de 2015 recommande aux pays d'élaborer des programmes de surveillance plus cohérents, prévoyant une collecte de données plus importante sur les origines des déchets marins et un suivi régulier des microparticules. Il convient également d'introduire des mesures plus strictes en matière d'application de la loi afin de lutter, conformément aux lois nationales en vigueur, contre le rejet ou l'immersion illicites de déchets marins, qu'ils proviennent de sources terrestres ou marines.	PNUE/PAM, 2014 ; PNUE/PAM, 2016



de pratiques de consommation et de production durables. La collaboration avec le secteur privé est une composante essentielle du Plan et des efforts entrepris en matière de réduction de la consommation de plastique.

Le Plan propose un ensemble de mesures et de délais juridiquement contraignants en vue de réduire les déchets marins en Méditerranée. Les cibles fixées pour 2017 ont été largement atteintes, car nombre d'entre elles étaient formulées de manière conditionnelle (« envisager et, dans la mesure du possible, mettre en œuvre »). Toutefois, de nombreux objectifs sont passés du stade de la réflexion à celui de la mise en œuvre.

Des progrès ont été enregistrés dans l'utilisation du plastique recyclé et la baisse de la consommation de sacs en plastique à usage unique. Certains pays méditerranéens, tels que la France et le Maroc, ont totalement interdit les sacs en plastique. D'autres pays, tels que la Croatie, Malte et Israël, et certains districts et municipalités d'Espagne et de Grèce ont introduit une taxe sur les sacs en plastique à usage unique. De son côté, la Tunisie a interdit les sacs en plastique non biodégradables dans les grandes chaînes de supermarchés (Legambiente ONLUS, 2017).

Par ailleurs, le secteur de la pêche accuse un retard dans la mise en œuvre des stratégies de réduction des déchets. Des directives relatives aux systèmes de gestion des déchets ont été mises au point et la majorité des pêcheurs méditerranéens ont indiqué leur volonté de participer, mais les enquêtes menées dans les différents pays révèlent que les navires ne disposent pas de poubelles ou de sacs pour stocker les déchets à bord. Les pêcheurs continuent de jeter en mer les engins de pêche dont ils ne veulent plus (PNUE, 2016). À cet égard, il existe un large éventail de technologies de marquage de la propriété des engins de pêche. Les lois marocaines et européennes relatives à la pêche prévoient le marquage du navire et des engins de pêche transportés à bord (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2008) et la FAO a adopté les Directives volontaires sur le marquage des engins de pêche en 2018.

14.2.3 Les droits d'usage territoriaux pour les pêcheurs

En matière de gestion de la petite pêche, certains pays peuvent être intéressés par des politiques consistant à renforcer les capacités des utilisateurs traditionnels de la ressource en leur accordant (ou en leur cédant) la gestion exclusive et collective (ou, parfois, individuelle – Hauck et Gallardo-Fernandez, 2013) des stocks dans certaines zones spécifiques. La logique qui sous-tend ces programmes de droits d'usage territoriaux pour les pêcheurs (DUTP) (Christy, 1992) découle de la théorie de la propriété commune et de la littérature consacrée à la gouvernance communautaire ou locale (Ostrom, 2002). On considère que les programmes de DUTP permettent de remédier à la surpêche en stimulant la gestion des ressources par les pêcheurs et en proposant aux communautés divers mécanismes de sanction visant à les responsabiliser (Castilla et Fernández, 1998 ; Wilen, Cancino et Uchida, 2012). On estime qu'à travers l'implication de la communauté dans les processus décisionnels scientifiques, économiques et politiques relatifs aux limites à respecter et aux sanctions à appliquer en cas de transgression, les programmes de DUTP promeuvent l'équité et favorisent l'autonomisation et le réinvestissement dans les communautés locales (Villanueva-Poot et al., 2017).

Les programmes de DUTP sont particulièrement bien adaptés aux zones de pêche dotées de stocks relativement sédentaires et d'un fort potentiel d'exclusion, ainsi qu'aux régions caractérisées par des ressources limitées en matière de gouvernance (Fernández et Castilla, 2005). Néanmoins, l'élaboration de politiques hybrides peut contribuer à élargir leur champ d'application (Barner et al., 2015). Par exemple, dans le cas des espèces et des pêcheurs les plus mobiles, on peut créer des réseaux de DUTP plus étendus (Aceves-Bueno et al., 2017) et certaines politiques appliquent

déjà des DUTP classiques aux réserves marines (Afflerbach et al., 2014 ; Oyanedel et al., 2017). Ces réserves poursuivent un objectif important, à savoir la restauration d'un équilibre sain entre les espèces concurrentes d'un même écosystème (Loot, Aldana et Navarrete, 2005 ; Oyanedel et al., 2017), mais des études montrent qu'à la faveur d'interactions trophiques, les programmes de DUTP classiques peuvent également favoriser la prolifération d'espèces non ciblées (Gelcich et al., 2008 ; Giacaman-Smith, Neira et Arancibia, 2016). Les DUTP peuvent ainsi servir d'outil à certains acteurs privés de la conservation (Costello et Kaffine, 2017). Enfin, la littérature montre qu'il est important d'adapter l'échelle des DUTP aux espèces ciblées. Dans le cas d'une espèce caractérisée par de fortes variations et une dynamique d'expansion et de contraction, il convient de choisir une envergure géographique suffisante pour garantir les moyens de subsistance des pêcheurs (Aburto, Stotz et Cundill, 2014) et de prendre en compte la question de la dispersion larvaire et des structures de gouvernance en prêtant attention aux interdépendances entre les différentes zones soumises à une gestion autonome (Garavelli et al., 2014 ; Garavelli et al., 2016 ; Aceves-Bueno et al., 2017).

Les programmes de DUTP se sont avérés populaires auprès des pouvoirs publics qui souhaitent déléguer des fonctions de gestion et d'application coûteuses. Néanmoins, en raison de leur ancrage dans la tradition et de leur caractère parfois informel, on ignore leur nombre et leur date d'apparition (Christy, 1992 ; Afflerbach et al., 2014). Il existe plusieurs façons de mettre en place un programme de DUTP. Dans certains cas (au Japon, aux Palaos, en Papouasie-Nouvelle-Guinée, au Samoa, aux Îles Salomon et à Vanuatu), les DUTP reposent sur une tradition séculaire qui accorde aux pêcheurs locaux l'accès exclusif aux eaux littorales (Le Cornu et al., 2017 ; Nomura et al., 2017 ; Yoshino, 2017). Ailleurs (en Afrique du Sud, au Chili), ils sont lancés par le gouvernement dans le cadre d'une cogestion nationale ou régionale, ou pilotés par les communautés locales, avec le soutien juridique, opérationnel ou financier de l'administration régionale ou nationale (Charles, 2002 ; Hauck et Gallardo-Fernandez, 2013).

La persistance du braconnage reste un obstacle majeur aux programmes de DUTP (Andreu-Cazenave, Subida et Fernandez, 2017 ; Oyanedel et al., 2018). Une option souvent préconisée consiste à compléter la gestion communautaire locale en affectant des ressources gouvernementales à la surveillance, à l'application de la loi et au règlement centralisé des litiges (Hauck et Gallardo-Fernandez, 2013). La littérature souligne cependant que ces dispositifs de cogestion doivent être adaptés au contexte (Defeo et al., 2016). L'équilibre entre mécanismes d'application formels et informels dépend de la productivité biologique de la ressource concernée (Santis et Chávez, 2015) et du degré d'adhésion des réseaux de pêcheurs (Rosas et al., 2014 ; Crona, Gelcich et Bodin, 2017). L'importance de ces réseaux sous-jacents dans le succès d'un programme de DUTP montre à quel point les changements démographiques et le passage d'une génération à une autre peuvent compromettre un programme, même lorsqu'il a déjà fait ses preuves (Tam et al. 2018). Parmi les autres obstacles majeurs, on peut notamment citer l'intégration des marchés des produits de la mer, qui continue d'exercer une pression à l'échelle mondiale, y compris sur les petites zones de pêche locales généralement concernées par les DUTP, avec des conséquences variables (Crona et al., 2015 ; Castilla et al., 2016 ; Crona et al., 2016). Seule la transformation des communautés côtières elles-mêmes permettra de résoudre ce problème (Saunders et al., 2016).

Étude de cas : les droits d'usage territoriaux des pêcheurs de locos

Malgré une certaine proximité avec l'ormeau, l'« ormeau du Chili », localement connu sous le nom de *loco*, ressemble plutôt à un escargot de mer haut de gamme, qui fait partie du régime alimentaire des Chiliens depuis au moins 6 000 ans (Reyes, 1986 ; Santoro et al., 2017). Historiquement, l'accès à la pêche était libre, mais l'engouement international pour le *loco* (Meltzoff et al., 2002)



a donné lieu à des pratiques non durables et l'administration a expérimenté différents instruments d'intervention pour régler ce problème : des fermetures saisonnières entre 1981 et 1984 ; un quota national global, de 1985 à 1989 ; une fermeture totale à partir de 1989 (Castille, 1995 ; Castille et Fernández, 1998 ; González *et al.*, 2006 ; Gelcich *et al.*, 2008 ; Hauck et Gallardo-Fernandez, 2013). Toutes ces politiques ne sont pas parvenues à endiguer le braconnage généralisé. Une loi de 1991 relative à la pêche a ensuite défini des systèmes de gestion des droits par zone, qui ont donné naissance aux premiers programmes de DUTP, mis en œuvre en 1997 (Meltzoff *et al.*, 2002). Le gouvernement a réservé la pêche au *loco* aux titulaires de DUTP et les a subventionnés grâce à un report

d'impôt de quatre ans et une contribution à toutes les opérations d'évaluation de référence ou de suivi pouvant atteindre 75 % (Hauck et Gallardo-Fernandez, 2013). Les programmes de DUTP ont ensuite proliféré, touchant d'autres zones et d'autres espèces d'invertébrés relativement sédentaires (Gelcich *et al.*, 2017), jusqu'à encadrer 80 % des prises et 40 % des pêcheurs chiliens, pour un total de plus de 400 programmes (Fernández et Castilla, 2005 ; González *et al.*, 2006 ; Hauck et Gallardo-Fernandez, 2013). Cet exemple a été choisi, car il s'agit d'une tentative relativement réussie de transfert de la gouvernance aux communautés locales, qui illustre très précisément à quel point le choix d'un instrument dépend de l'échelle et du contexte d'intervention.

Tableau 14.4 : Les pêches du Chili

Critère	Description	Références
Succès ou échec	L'autorité chilienne responsable de la pêche a requis une mesure d'intervention visant à réduire la pression insoutenable qui pesait sur une espèce très vulnérable, à restituer tous les accès aux zones de pêche communautaires adjacents et à exclure les pêcheurs mobiles non résidents qui pratiquaient un braconnage intensif.	Hauck et Gallardo-Fernández, 2013
Indépendance de l'évaluation	Les programmes de droits d'usage territoriaux des pêcheurs chiliens ont été évalués à plusieurs reprises, notamment par des parties tierces et des ONG environnementales.	Gonzalez <i>et al.</i> , 2006 ; Earth Justice, 2015
Acteurs clés	Les communautés locales ont élaboré et mis en œuvre leurs DUTP et ont bénéficié du soutien des secteurs de la transformation et de la commercialisation tout au long du processus. Pour la plupart, les ONG environnementales sont intervenues tardivement dans le processus, mais ont pu se faire une place en établissant des liens financiers avec certaines communautés.	
Données de référence	Les données à l'appui des bases de référence et des objectifs quantitatifs sont rares, faibles et ponctuelles. Cependant, toutes les sources reconnaissent qu'une grande partie du littoral a connu une forte chute de la concentration en <i>loco</i> et que les quotas individuels transférables (QIT) n'ont pas réussi à juguler la pêche illégale généralisée.	Reyes, 1986 ; Ruano-Chamarro, Subida et Fernández, 2017
Délai d'exécution	Les DUTP ont d'abord été établis pour une période de transition de deux ans avant de se généraliser au cours des dix années suivantes. Leur nombre semble s'être stabilisé depuis.	
Facteurs limitants	Les communautés qui accueillaient une forte migration intérieure et manquaient de ressources pour la surveillance et l'application de la loi ont rencontré davantage de difficultés.	
Facteurs habilitants	La sédentarité et la forte valeur marchande des espèces ciblées ont été des facteurs de réussite essentiels. La gestion communautaire est fondée sur l'intégrité culturelle et sociale des communautés et sur la loi qui réserve la pêche au <i>loco</i> aux détenteurs de DUTP.	Liu <i>et al.</i> , 2016
Coût-efficacité	Les programmes de DUTP n'ont pas coûté cher à l'administration nationale, qui a transféré les coûts de contrôle et de surveillance aux communautés. Celles-ci étaient disposées à les assumer, compte tenu des importants avantages financiers et politiques attendus ainsi que de l'appui des pouvoirs publics à la mise en place de ces programmes.	Gutiérrez <i>et al.</i> , 2011
Équité	Chaque « communauté » était définie de manière autonome, ce qui a donné lieu à des phénomènes concurrentiels plus importants que prévu, les premières communautés dotées de DUTP risquant de marginaliser et d'affaiblir les autres. Les communautés qui ont eu du mal à s'adapter au nouveau système ont vu la criminalité et le braconnage augmenter. Enfin, une loi de 2008 a accordé des droits préférentiels aux peuples autochtones, ce que certains ont jugé inéquitable.	Van Holt, 2012 ; Hauck et Gallardo-Fernández, 2013
Avantages connexes	Les programmes de DUTP chiliens ont intégré et autonomisé les communautés locales, facilité l'expérimentation de nouvelles politiques et favorisé la durabilité des services écosystémiques et du tourisme.	Hauck et Gallardo-Fernández, 2013 ; Gelcich <i>et al.</i> , 2017 ; Defeo et Castilla, 2005, p. 275 ; de Juan <i>et al.</i> , 2015 ; Biggs <i>et al.</i> , 2016
Enjeux transfrontaliers	Une fois atteint le quota de pêche fixé par une communauté donnée pour la saison ou pour l'année, la pression exercée par la pêche s'est accrue dans les zones et pour les espèces non couvertes par les programmes de DUTP.	Van Holt, 2012
Pistes d'amélioration	Stabiliser le financement de la surveillance et de l'application de la loi, renforcer l'intégration entre les différentes échelles et mieux prendre en charge les personnes déplacées hors d'une zone de pêche. Des modèles commerciaux novateurs et des zones de conservation municipales ont fait l'objet de discussions et, dans certains cas, d'essais. Il est toutefois trop tôt pour dire si ces modèles permettront de régler les problèmes de braconnage qui persistent.	González <i>et al.</i> , 2006 ; Gelcich et Donlan, 2015 ; Gelcich <i>et al.</i> , 2015



Les programmes de droits d'usage territoriaux pour les pêcheurs de *locos* sont considérés comme des modèles (González *et al.*, 2006 ; Gelcich *et al.*, 2017). Ils ont permis d'améliorer la prise par unité d'effort et, parfois, de quintupler le rendement économique. Ces succès s'expliquent par l'autonomisation des communautés locales, qui ont ainsi pu élaborer et adopter des instruments adaptés à leur situation géographique et à leur culture. Toutefois, la pêche illégale se poursuit (Andreu-Cazenave, Subida et Fernandez, 2017). Dans certains cas, elle est pratiquée par des pêcheurs qui respectent leurs DUTP, mais pêchent en toute illégalité au-delà de leur territoire, compromettant ainsi les résultats écologiques obtenus (González *et al.*, 2006 ; Hauck et Gallardo-Fernandez 2013 ; Oyanedel *et al.*, 2018). En outre, la durabilité des avantages économiques propres à ce système se heurte à la concurrence d'autres marchés et produits de la pêche. Dans une région du Chili, seuls cinq des trente programmes de DUTP mis en œuvre ont produit de bons résultats économiques (Zuñiga *et al.*, 2008). Toutefois, bien qu'ils se soient plaints du rendement financier parfois insuffisant des DUTP et de l'augmentation des coûts de surveillance, les pêcheurs chiliens se sont montrés réticents à l'idée de renoncer à leurs droits d'usage, reconnaissant qu'ils offraient de nombreux avantages, dont l'autonomisation écologique et économique (Gelcich *et al.*, 2017). La transférabilité de cette politique dépend de la présence d'espèces sédentaires, de marchés stables et de communautés sédentaires capables d'exclure les pêcheurs mobiles venus de l'extérieur.

14.2.4 Les quotas individuels transférables

Les QIT sont un type de système de marché dont se servent certains pouvoirs publics pour gérer la pêche (Selig *et al.*, 2016). Un QIT accorde généralement à son propriétaire des droits exclusifs et transférables sur une partie donnée du total autorisé de capture (TAC) dans une zone de pêche, pour une saison ou une année. Ces droits peuvent ensuite s'acheter, se vendre ou se louer sur un marché libre. La pertinence de ce système repose sur l'instauration de quotas individuels, et non collectifs, qui empêchent les pêcheurs de maximiser leurs gains en se hâtant d'attraper plus de poissons que les autres titulaires de permis avant l'épuisement d'une ressource commune ou d'un quota global. Au contraire, ils ne peuvent augmenter leur revenu qu'en optant pour une capture et une commercialisation plus stratégiques (par exemple, des pratiques de pêche plus efficaces ou le choix du moment de la capture en fonction des ouvertures du marché) et pour une bonne gestion des ressources. Il s'agit en effet de favoriser la croissance des stocks afin que le pourcentage fixe s'applique à un quota total plus élevé. Les QIT peuvent donc générer des rendements économiques substantiels pour la société (Hoshino *et al.*, 2017), promouvoir l'efficacité économique par l'incitation à réduire la capacité de pêche (Blomquist et Waldo, 2018) et inciter l'industrie à valoriser la croissance des stocks et les prises actuelles.

Les premiers QIT, qui s'appliquaient à une seule espèce de poisson à la fois, ont été instaurés à la fin des années 1970 (Chu, 2009) aux Pays-Bas (Hoefnagel et de Vos, 2017), en Islande (Chambers et Kokorsch, 2017 ; Kokorsch, 2017) et au Canada (Rice, 2004 ; Pinkerton, 2013 ; Edinger et Baek, 2015 ; Gibson et Sumaila, 2017). Depuis lors, leur mise en œuvre s'est opérée à diverses échelles : d'abord sous forme de politique nationale de la pêche en Nouvelle-Zélande en 1986 (Mace, Sullivan et Cryer, 2014), puis en Islande en 1990 (Arnason, 1993). Les QIT ont ensuite été proposés comme une option possible pour la réforme de la politique commune de la pêche en Europe (Waldo et Paulrud, 2012 ; van Hoof 2013) et de la gestion internationale des pêches (Pintassilgo et Costa Duarte 2000 ; Thøgersen *et al.*, 2015), mais aucun accord de cette envergure n'a encore été conclu.

Un examen complet effectué en 2009 révèle que 18 pays ont géré plusieurs centaines de stocks halieutiques différents à l'aide de QIT (Chu, 2009). Le système a été adopté avec une vigueur particulière dans le cadre de pratiques néolibérales plus larges, en

tandem avec la privatisation d'autres actifs communs (Pinkerton, 2017) – notamment aux États-Unis (Porcelli, 2017), en Australie (Steer et Besley, 2016 ; Emery *et al.*, 2017), en Argentine (Bertolotti *et al.*, 2016) et au Chili (Wiff *et al.*, 2016), en plus des pays déjà mentionnés plus haut. La Norvège (Hannesson, 2013 ; Hannesson, 2017), la Suède (Waldo *et al.*, 2013 ; Stage *et al.*, 2016 ; Blomquist et Waldo, 2018) et le Danemark (Merayo *et al.*, 2018) ont choisi un mode d'adoption des QIT plus prudent, tandis que d'autres pays, comme la France (Frangoudes et Bellanger, 2017), se sont heurtés à une opposition marquée. Plusieurs pays en développement ont manifesté leur intérêt pour les QIT sans pour autant les adopter de manière généralisée, notamment à cause de préoccupations relatives à la participation économique, à la « privatisation de la nature » ou à la nécessité de mettre en œuvre une évaluation approfondie des stocks et un suivi fiable des prises (voir ci-dessous).

Lorsque les conditions leur sont favorables, les QIT sont reconnus comme un excellent outil pour renforcer l'efficacité économique du secteur de la pêche. Toutefois, face à un bilan mitigé dans d'autres secteurs, les études consacrées à la politique maritime et à l'économie de l'environnement se sont intéressées aux conditions d'efficacité de ces politiques et ont révélé l'importance de l'échelle de déploiement et des technologies et capacités disponibles, comme indiqué à la section 7.5.

Premièrement, les QIT fonctionnent mieux pour les stocks de valeur relativement élevée. Néanmoins, les opérations d'écrémage (le rejet en mer d'espèces ou de calibres présentant une moindre valeur afin d'optimiser la valeur du quota) peuvent encore avoir des conséquences néfastes sur le plan écologique et le seul moyen de dissuasion (comme dans tout système de récolte fondé sur des quotas) reste la mise en place de systèmes de surveillance embarqués. Les QIT peuvent avoir des effets positifs sur les écosystèmes par l'entremise de divers mécanismes indirects (Gibbs, 2010). Cependant, ils demeurent un moyen d'intervention relativement ciblé, à examiner avec soin.

Deuxièmement, pour qu'un programme de QIT fonctionne, il convient de s'appuyer sur un total autorisé de capture défini de manière solide et indépendante, sur une base scientifique (Sumaila, 2010). Dans le cas contraire, l'incertitude scientifique ou l'ingérence politique risquent d'entamer la confiance des détenteurs de quotas dans la viabilité de ces derniers et de les inciter à s'en remettre à nouveau à la pêche intensive. Les pays nordiques, par exemple, offrent de solides capacités de surveillance et un niveau élevé de confiance dans les institutions publiques (Hannesson 2013 ; Merayo *et al.*, 2018 ; Blomquist et Waldo, 2018).

Troisièmement, la valeur d'incitation économique des QIT est particulièrement vulnérable aux effets parasites de la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN) (Costello *et al.*, 2010). Rappelons qu'il convient de garantir un suivi, une surveillance et un contrôle rigoureux afin d'éviter de compromettre l'état des stocks ciblés.

Il faut cependant reconnaître que les QIT sont un moyen d'intervention favorisant davantage l'efficacité économique de la pêche que l'équité sociale (Costello, Gains et Lynham, 2008 ; Høst, 2015). Les enjeux d'équité sociale peuvent intervenir lors de la répartition initiale des QIT ou plus tard, lors de leur consolidation. Le fait de fonder la répartition sur des pratiques déjà ancrées risque d'exacerber des inégalités sociales existantes, en particulier si la période choisie comme référence favorise un groupe plutôt que l'autre. Le gouvernement néo-zélandais a dépensé des sommes considérables pour racheter des QIT déjà alloués afin de satisfaire les revendications des Maoris (Deweese, 1998). Les enchères sont une autre solution (Bromley, 2009), qui risque toutefois elle aussi d'exacerber les inégalités préexistantes si toutes les parties ne disposent pas de ressources suffisantes pour participer. Même si elle est amorcée de façon équitable, la consolidation des QIT risque



d'aboutir à une concentration des gains et du pouvoir issus de la pêche (Pinkerton et Edwards, 2009). De même que dans d'autres industries, les incitations économiques liées aux QIT peuvent favoriser la capitalisation et aboutir à l'instauration d'un système de pêche « par procuration » fondé sur une dissociation des propriétaires d'entreprises et des communautés côtières et sur la captation des profits par les premiers. Lorsque la transformation des produits fait également l'objet d'un processus de consolidation, les petites communautés côtières risquent d'être laissées de côté et de sombrer dans la dépression économique. Pour parer à cette éventualité, de nombreux systèmes de gestion des quotas limitent la part que chaque propriétaire peut percevoir. Des initiatives telles que les banques de permis peuvent permettre d'éviter cette consolidation des opportunités liées à la pêche (Edwards et Edwards, 2017), mais elles sont trop récentes pour que leurs conséquences sociales, économiques et écologiques puissent être pleinement évaluées.

Enfin, grâce à la réduction des pratiques de pêche intensive, les QIT doivent entraîner une nette amélioration de la santé et de la sécurité au travail. En général, les accidents de travail sont plus fréquents dans le secteur de la pêche que dans bien d'autres professions (Chauvin et Le Bouar, 2007 ; Håvold, 2010). Toutefois, les pêcheurs qui disposent d'un QIT ont la possibilité d'atteindre leur quota à n'importe quel moment, tout au long de la saison et n'ont donc aucune raison d'entrer en concurrence avec d'autres pêcheurs pour obtenir un quota total plus élevé. Cela leur évite de s'aventurer en mer lorsque le temps ne s'y prête pas, de surcharger leur bateau d'engins de pêche ou d'en négliger l'entretien (Pfeiffer et Gratz, 2016). Cependant, ces avantages pour la santé ne s'appliquent qu'aux détenteurs de quotas. Les locataires de quotas et les travailleurs contractuels, quant à eux, peuvent encore être tentés de prendre des risques (Windle et al., 2008 ; Emery et al., 2014). La sécurité au travail peut également influencer sur la perception qu'ont les pêcheurs de la réglementation. Selon Håvold (2010), si les accidents graves justifient l'existence d'un cadre réglementaire aux yeux des pêcheurs, les accidents mineurs ternissent au contraire l'image de cette réglementation. D'autres recherches sont nécessaires pour déterminer la meilleure façon de garantir la santé et la sécurité des personnes qui travaillent dans le secteur de la pêche (Lucas et al., 2014).

Étude de cas : les quotas individuels transférables pour la pêche au poisson de fond en Colombie-Britannique

La pêche au poisson de fond qui se pratique en Colombie-Britannique, au Canada, est une pêche de capture commerciale complexe et multiespèces. Des espèces telles que le sébaste, le merlu, la morue du Pacifique et la goberge vivent et se nourrissent près du fond de la mer. Leur capture se fait donc à bord de gros chalutiers, ce qui donne lieu à une industrie fortement capitalisée et technologiquement avancée. De 1980 à 1995, le ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO) a mis en place un système de gestion de la pêche limitant le nombre de permis accordés aux bateaux et le total autorisé de capture par espèce et par saison. Cependant, cette situation a entraîné un processus non durable de capitalisation, car les pêcheurs sont entrés en concurrence pour capturer la plus grande part possible du quota avant qu'il ne s'épuise (Université de la Colombie-Britannique [UBC], 2017) et le total autorisé de capture a été dépassé à plusieurs reprises (Turris, 2000). En 1995, le MPO a fermé la pêche et a entamé des consultations (voir également Koolman et al., 2007). Malgré des relations conflictuelles entre l'industrie et le MPO, toutes les parties ont convenu qu'un effondrement économique et environnemental de la pêche s'annonçait et qu'un ajustement des politiques existantes ne serait pas suffisant (Rice, 2004). En 1997, la pêche a été rouverte sous un régime de QIT. Ce système de gestion des QIT n'était pas le premier à être mis en œuvre dans le secteur canadien de la pêche (Casey et al., 1995 ; Turris, 2000), mais le plus vaste par le nombre d'espèces (plus d'une vingtaine) et de bateaux concernés (environ 130 au début), et le premier à s'attaquer à des stocks déjà surexploités. En définitive, ce système de QIT a réussi à améliorer l'économie de la pêche (Rice, 2004 ; Branch, 2006) et cet exemple

illustre bien le fonctionnement optimal des QIT lorsqu'ils sont déployés dans des conditions favorables.

Le système de QIT a permis d'enrayer le déclin de nombreux stocks clés, de garantir la viabilité financière du secteur de la transformation des produits et de réduire la capacité de la flotte. En outre, les quatre principales parties prenantes ont toutes fini par soutenir le programme. Le Secteur des sciences du MPO a dépassé sa méfiance initiale à l'égard des incitations offertes au marché pour atteindre des objectifs de conservation et la direction du MPO a admis que le recours à des partenaires de gestion industriels permettait de réduire la pression budgétaire dans le domaine de la surveillance et de l'application de la loi. Le secteur de la transformation a gagné en stabilité et en valeur sur le marché, et les détenteurs de permis (même ceux qui ont fini par quitter le secteur de la pêche) ont reconnu que les solutions alternatives étaient intenable et que le marché était finalement plus sûr et plus stable ainsi. Le cas du poisson de fond de la Colombie-Britannique est donc particulièrement instructif en tant que modèle de rationalisation d'une pêche complexe, à grande échelle, multiespèces et fortement capitalisée. En effet, il réfute l'opinion commune selon laquelle la coopération nécessiterait un petit nombre de parties (cette zone de pêche regroupe au moins 30 acteurs indépendants) ou un secteur restreint (la flotte opère sur tout le littoral de la Colombie-Britannique). Cependant, cette stratégie n'est pas adaptée à la pêche à petite échelle, axée sur les moyens de subsistance, et elle est souvent coûteuse à mettre en place, voire à maintenir. Le succès de l'exemple étudié ici reposait sur des données scientifiques fiables, sur un fort soutien en matière de gestion, sur la forte valeur du produit de la pêche et sur





Tableau 14.5 : Les pêches de la Colombie-Britannique

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Le Comité consultatif du poisson de fond a officiellement établi deux grands objectifs stratégiques : mettre fin au déclin de nombreux stocks clés et assurer la viabilité financière du secteur de la transformation. Parmi les objectifs secondaires, on peut notamment citer la volonté de réduire la capacité de la flotte afin de garantir un revenu suffisant à chaque participant. Ces objectifs ont été réalisés.	Turris, 2000
Indépendance de l'évaluation	Le MPO évalue périodiquement tous les plans de gestion de la pêche et des universitaires venus de l'extérieur ont procédé à des évaluations plus détaillées concernant plusieurs aspects du QIT.	MPO, 2017 ; Wallace <i>et al.</i> , 2015
Acteurs clés	La politique elle-même a été élaborée à huis clos par un sous-ensemble du comité consultatif, ce qui a permis de confronter les quatre principaux intérêts : la récolte, la transformation, les données scientifiques et la gestion.	Rice, 2004
Données de référence	Les données de référence sont fondées sur des registres historiques de l'état des stocks et des coûts d'exploitation des usines et des revenus remontant à 15 ans ou plus.	Richards, 1994 ; Ainsworth <i>et al.</i> , 2008
Délai d'exécution	Le QIT a été appliqué avec succès en moins d'un an. Le prix du sébaste a été multiplié par six en six mois, principalement en raison d'une meilleure adéquation entre l'offre et la demande. Le nombre de navires a presque diminué de moitié en 18 mois.	UBC, 2017
Facteurs limitants	Le principal facteur limitant a été le financement initial des allocations et des systèmes de surveillance et d'information, ainsi que les rachats de quotas auprès des entités disposées à abandonner la pêche pendant la période d'ajustement de la capacité de la flotte.	
Facteurs habilitants	La situation économique de l'époque en Colombie-Britannique a constitué un important facteur habilitant, car elle a permis aux pêcheurs ayant quitté le secteur de la pêche de trouver un autre emploi.	
Coût-efficacité	La mise en place du système de QIT a engendré d'importants coûts initiaux, notamment en raison du rachat des licences. Le MPO disposait d'estimations précises de ces coûts, mais étant donné que les seules alternatives aux QIT étaient la fermeture de la pêche ou l'épuisement des stocks halieutiques, aucune analyse coût-efficacité <i>ex post</i> n'a été réalisée.	
Équité	La mise en œuvre de cette politique a permis d'éliminer de la flotte à la fois des navires particulièrement grands, qui ne pouvaient plus remplir leurs cales, et des navires de petite taille, qui ne pouvaient pas assumer les coûts liés au suivi par les observateurs. Un programme de rachat de permis a été mis en place, mais aucune disposition n'a été prise pour faciliter la transition vers l'emploi. Une offre plus cohérente a également permis de mieux assurer le travail des fileurs de poisson, des femmes pour la plupart. Dans l'ensemble, bien que l'allongement de la campagne de pêche ait entraîné une augmentation des coûts pour l'industrie, cette augmentation était en grande partie affectée aux salaires, ce qui a pu contribuer à améliorer l'équité sociale.	Stainsby, 1994 ; Matulich, Mittelhammer et Reberte, 1996 ; Dolan <i>et al.</i> , 2005
Avantages connexes	L'amélioration de la sécurité et de la santé au travail est l'un des principaux avantages connexes. En effet, avant la mise en place des QIT, il arrivait que des pêcheurs prennent la mer dans des conditions dangereuses, uniquement parce que la pêche était ouverte et afin de prendre le plus de poissons possible avant l'épuisement du quota global. Désormais, chacun peut gérer sa propre part au fil du temps et prendre la mer lorsque le temps s'y prête.	Dolan <i>et al.</i> , 2005
Enjeux transfrontaliers	La plupart des enjeux transfrontaliers (avec les États-Unis) ne concernaient pas le poisson de fond, mais plutôt le saumon, le flétan du Pacifique ou le merlu.	Ianson et Flostrand, 2010
Pistes d'amélioration	Bien que ce système soit financièrement viable, au milieu des années 2000, les ONG environnementales se sont élevées contre les conséquences écologiques du chalutage de fond sur les habitats marins. Elles ont mobilisé l'industrie de la pêche et proposé au MPO de limiter les prises accessoires en instaurant un système similaire de quotas et d'observateurs.	Branch, 2009 ; Wallace <i>et al.</i> , 2015

une économie relativement solide. Il convient également de noter qu'une politique viable sur le plan financier ne l'est pas toujours sur le plan écologique, même si des recherches supplémentaires sont nécessaires à ce sujet.

14.2.5 Les approches contraignantes en haute mer

Les politiques contraignantes sont un type de norme ou de dispositif d'intervention qui régleme une activité en combinant des instruments juridiques détaillant les règles et obligations et des mécanismes contraignants, tels que des sanctions, des pénalités ou des taxes, qui dissuadent les acteurs d'enfreindre ces règles. Cette approche, associée au concept de légalisation (Abbot *et al.*, 2000), comporte trois caractéristiques principales : l'obligation, la précision et la délégation. L'obligation signifie que les acteurs

(étatiques et non étatiques) sont légalement liés par un ensemble de règles. La précision signifie que les règles définissent sans ambiguïté la conduite attendue d'un acteur ou d'un ensemble d'acteurs donné ; enfin, la délégation signifie que l'on autorise des tiers à mettre en œuvre les règles, à en surveiller le respect et à appliquer des sanctions aux contrevenants.

Bien qu'elles ne relèvent pas de la contrainte au sens où nous avons défini ce concept, bon nombre de conventions et de résolutions des Nations Unies se traduisent, à l'échelon national, par une approche contraignante. On peut citer comme exemple la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer de 1982, qui définit le cadre juridique dans lequel doivent s'inscrire toutes les activités liées aux océans, et la résolution 61/105 de l'Assemblée générale des Nations Unies (AGNU) sur les écosystèmes marins vulnérables (AGNU, 2006).



La Convention des Nations Unies sur le droit de la mer comporte un ensemble complet de règlements relatifs à l'utilisation et à la gestion des espaces océaniques et de leurs ressources. Ses dispositions concernant notamment :

- i) l'étendue et la délimitation des zones maritimes ;
- ii) la souveraineté, les droits souverains et la compétence des États côtiers dans les zones relevant de la juridiction nationale ;
- iii) les droits et devoirs des États du pavillon ;
- iv) la protection et la préservation du milieu marin ;
- v) la conservation et la gestion des ressources marines vivantes ;
- vi) le statut juridique des ressources des fonds marins, du plancher océanique et du sous-sol au-delà des limites de la juridiction nationale et des activités qui s'y déroulent ;
- vii) la recherche scientifique marine, le développement et le transfert de techniques marines, et le règlement des litiges.

De nombreux stocks halieutiques ont été surexploités à un rythme sans précédent (Levin *et al.*, 2016), notamment en raison de l'efficacité et du développement des navires et des technologies modernes permettant d'explorer les océans, ainsi que des difficultés rencontrées en matière de suivi, de contrôle et de surveillance (FAO, 2016). Au fil des ans, du niveau local au niveau mondial, plusieurs règles ont été appliquées (Bigagli, 2016), obéissant au régime complexe des océans (Keohane et Nye, 1977 ; Keohane et Victor, 2011) et destinées à réglementer l'utilisation des ressources et à protéger la biodiversité. Toutefois, l'absence de mécanismes d'application est préoccupante, car seule une fraction des traités s'appliquant aux océans en est dotée (Al-Abdulrazzak *et al.*, 2017).



Les mesures contraignantes prévues par le cadre DPSIR (section 1.6) portent principalement sur les « pressions » (par exemple, la pêche, l'exploitation minière et la pollution). Les approches contraignantes appliquées en haute mer ont été mises en œuvre à l'échelle régionale et sectorielle, de sorte que plusieurs autorités se partagent la gestion de certaines portions d'une même région et que de vastes zones restent dépourvues de gouvernance. En outre, les tentatives menées pour coordonner les activités, atténuer les conflits, traiter les impacts cumulatifs ou faciliter la communication n'étaient pas adaptées au contexte (Ban *et al.*, 2014). Pour expliquer cet état de fait, Al-Abdulrazzak *et al.* (2017) avance notamment que les États au budget environnemental modeste ne sont pas toujours en mesure de participer efficacement aux nombreux accords conclus de manière autonome. De plus, faute de coordination, les gouvernements risquent de négocier pendant plusieurs années pour n'aboutir qu'à des traités creux et inefficaces. En définitive, le succès des approches contraignantes dépend de la volonté politique des gouvernements nationaux (Englander *et al.*, 2014).

Étude de cas : la résolution de l'Assemblée générale des Nations Unies sur les écosystèmes marins vulnérables

Dans le cadre de la pêche durable, l'AGNU a adopté la résolution 61/105 (AGNU, 2006), qui demande aux organisations régionales de gestion des pêches (ORGP) et aux États d'adopter et de mettre en œuvre certaines mesures prioritaires, conformément au principe de précaution, à l'approche écosystémique et au droit international. Au paragraphe 83 de la résolution, les ORGP ayant compétence pour réglementer la pêche de fond sont invitées à adopter et à mettre en œuvre plusieurs mesures, notamment :

- ❖ Interdire la pêche de fond ou mener des évaluations d'impact pour chaque pêche de fond en haute mer afin d'éviter tout effet néfaste notable sur les écosystèmes marins vulnérables (EMV) ;
- ❖ Fermer les zones de haute mer à la pêche de fond lorsque la présence d'EMV est avérée ou probable, à moins qu'un processus de gestion de la pêche de fond dans ces zones ne soit en mesure de prévenir tout effet néfaste notable sur les EMV ;
- ❖ Assurer la durabilité à long terme des stocks halieutiques d'eau profonde ;
- ❖ Exiger que les navires de pêche de fond quittent une zone de haute mer où peuvent se produire des rencontres « inattendues » avec des EMV (AGNU, 2004).

L'éloignement et l'étendue de la haute mer constituent de réels obstacles à l'application de la loi et, plus généralement, aux approches contraignantes. Les solutions alternatives ont encore moins de chances de réussir, étant donné la faible cohésion sociale qui caractérise les différents acteurs mondiaux impliqués dans la pêche en haute mer. Néanmoins, la résolution 61/105 de l'AGNU (2006) sur les EMV a permis d'entamer un processus de résolution du problème et mobilisé différentes parties prenantes pour la protection des écosystèmes marins. Elle a donné lieu à des mesures ultérieures, y compris d'autres développements concernant la mise en œuvre des politiques et des mesures prises au niveau des ORGP. Parmi les principales lacunes, on peut citer les insuffisances inhérentes à la constitution et aux capacités des ORGP et le manque de volonté politique des pays face à la nécessité d'appliquer les règlements. Si elle est pleinement mise en œuvre, la résolution constituera une bonne base pour protéger les EMV contre les principaux effets négatifs résultant de la pêche de fond et pour assurer la durabilité à long terme des stocks halieutiques d'eau profonde.


Tableau 14.6 : Les résolutions relatives à la coopération internationale

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Lorsque des EMV ont été identifiés et que les navires de pêche équipés d'engins susceptibles d'entrer en contact avec le fond ont été efficacement exclus, il est probable qu'aucun autre dommage ne sera causé aux EMV du fait de la pêche.	Rogers et Gianni, 2010
Indépendance de l'évaluation	L'AGNU adopte chaque année des résolutions relatives à la pêche durable. Dans le cadre de ce processus et à la suite de l'adoption de la résolution 61/105 en 2006 (AGNU, 2006), l'AGNU a procédé – en 2008, 2011, 2014 et 2016 – à des examens spécifiques portant sur l'application des dispositions de cette résolution et de résolutions ultérieures relatives aux incidences de la pêche de fond sur les EMV et à la durabilité à long terme des stocks halieutiques d'eau profonde. Chacun de ces examens a donné lieu à l'adoption de dispositions complémentaires aux résolutions 63/112, 66/68, 69/109 et 71/123 de l'AGNU. Un autre examen est prévu pour 2020. En 2014 et 2016, des ateliers informels multipartites ont été organisés pendant deux jours en amont du processus d'examen. La pêche de fond a également été abordée dans le cadre de la Conférence d'examen de l'Accord sur les stocks de poissons, organisée par les Nations Unies en 2006, 2010 et 2016.	
Acteurs clés	Outre les États, la FAO et les ORGP sont les principaux organismes participant à la mise en œuvre des dispositions de la résolution 61/105 et des résolutions suivantes. Des représentants de ces organisations intergouvernementales, ainsi que des ONG environnementales, de l'industrie de la pêche et du monde universitaire ont pris part aux discussions concernant la mise en œuvre de ces résolutions.	
Données de référence	La résolution est fondée sur les registres historiques de l'état des stocks, ainsi que sur les coûts et revenus d'exploitation des usines de transformation du poisson. Ces deux sources sont fiables depuis 15 ans.	FAO, 2009 ; FAO, 2010
Délai d'exécution	Il a fallu deux ans à la FAO pour élaborer les critères d'identification des EMV et deux autres années à certaines ORGP pour identifier les EMV relevant de leur juridiction. La plupart d'entre elles ont respecté les délais fixés par la résolution.	
Facteurs limitants	La capacité de certaines ORGP à identifier les EMV et à mettre au point des mesures de protection est limitée, notamment dans certaines parties des océans Pacifique et Indien.	
Facteurs habilitants	La protection de la biodiversité en haute mer fait partie des objectifs de l'AGNU depuis plusieurs années. Par conséquent, celle-ci a adopté une série de résolutions préparatoires (par exemple, la Résolution 59/25). L'amélioration des technologies de surveillance des eaux lointaines – tels les systèmes de surveillance des navires et le suivi par satellite – a facilité la détection de la pêche illicite. Les technologies vidéo permettent également d'assurer une surveillance automatisée et moins coûteuse des opérations menées à bord. Les progrès de l'étude scientifique des habitats en eau profonde et le recours à des observateurs à bord semblent également jouer un rôle important.	AGNU, 2004
Coût-efficacité	Aucune information sur le rapport coût-efficacité n'est disponible.	
Équité	Les intérêts nationaux et institutionnels concernés par la résolution sont suffisamment importants pour permettre le recours aux technologies nécessaires à la pêche en haute mer. Toutefois, la résolution risque d'imposer le même fardeau à tous les pays, indépendamment des capacités dont ils disposent pour se mettre en conformité.	
Avantages connexes	Au-delà de la protection des EMV, la résolution peut aboutir à de meilleures pratiques de pêche, à une collaboration plus active entre les ORGP et d'autres autorités (exploitation des fonds marins, transport maritime et Convention sur la diversité biologique) en vue de coordonner les efforts de conservation, et à la participation accrue des experts scientifiques aux ORGP ainsi qu'aux organismes nationaux d'évaluation et de conseil.	
Enjeux transfrontaliers	La résolution s'applique à de multiples juridictions et recoupe d'autres initiatives internationales telles que les aires marines d'importance écologique ou biologique de la Convention sur la diversité biologique (CDB). À cet égard, la CDB et la FAO coopèrent en vue d'harmoniser les résultats de ces initiatives. La coopération entre le Canada et les États-Unis, où les organismes fédéraux de gestion des pêches se chargent d'identifier les EMV ou les aires d'importance écologique ou biologique traversant les frontières nationales, illustre ces efforts bilatéraux. Les conventions relatives aux mers régionales, qui permettent également d'identifier ces aires transfrontalières ou de haute mer, peuvent être considérées comme un enjeu transfrontalier inscrit dans le cadre d'une initiative multilatérale.	
Pistes d'amélioration	Dans le contexte du processus relatif à la biodiversité marine des zones ne relevant pas de la juridiction nationale, la résolution peut agir comme tremplin pour renforcer les négociations et il importe donc de diffuser ce type de politique à l'échelle nationale. Dans son rapport de 2016 (A/71/351), le Secrétaire général conclut que « [d]e manière générale, même si des mesures ont été prises, la mise en œuvre des résolutions 64/72 et 66/68 reste variable à l'échelle mondiale et davantage d'efforts s'imposent. Si toutes les parties prenantes ne font pas rapidement le nécessaire, la surpêche des espèces des grands fonds marins se poursuivra et certains écosystèmes marins vulnérables ne seront pas protégés comme il se doit contre les effets néfastes notables de la pêche » (AGNU, 2016).	



14.3 Les indicateurs

Les études de cas analysées ci-dessus fournissent des indications sur les difficultés et les opportunités liées à l'élaboration et à la mise en œuvre de politiques susceptibles de répondre aux principales menaces qui pèsent actuellement sur les océans. L'examen des indicateurs relatifs à ces menaces et tenant compte des politiques en vigueur permettra d'en savoir davantage.

14.3 Les indicateurs

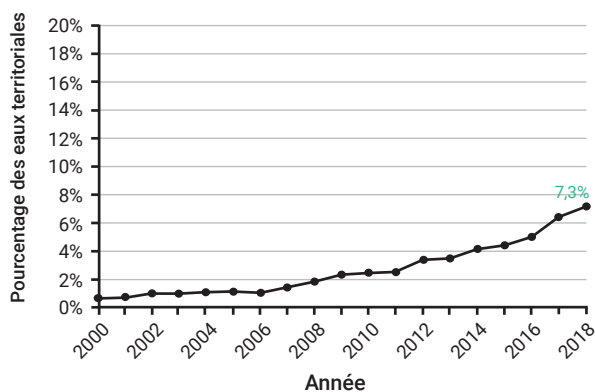
Les études de cas analysées ci-dessus fournissent des indications sur les défis et les possibilités en matière de conception et de mise en œuvre de politiques, pour faire face aux principales menaces qui pèsent actuellement sur les océans. Un examen des indicateurs sensibles aux politiques concernant ces menaces permettra d'en savoir davantage.

14.3.1 Indicateur 1 : Couverture des aires marines protégées

Une aire marine protégée (AMP) est « un espace géographique clairement défini, reconnu, consacré et géré, par tout moyen efficace, juridique ou autre, afin d'assurer à long terme la conservation de la nature ainsi que les services écosystémiques et les valeurs culturelles qui lui sont associés » (Dudley, 2008). La couverture des AMP est calculée, pour chaque pays, à l'aide de la base de données mondiale sur les aires protégées gérée par le Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE-CMSC) et l'UICN. Elle est exprimée en pourcentage d'AMP sur la superficie totale des eaux relevant des juridictions nationales.

Les projections actuelles indiquent que 7,3 % des océans du monde ont été conçus comme des AMP (PNUE-CMSC et UICN, 2018). Sala *et al.* (2018) soutiennent que ces projections sont surestimées, car elles incluent des zones où certaines activités extractives importantes n'ont pas encore été interdites. Leur projection indique que la couverture réelle des AMP est de 3,6 % et que seuls 2 % d'entre elles sont fortement ou entièrement protégées (Sala *et al.*, 2018). En tout état de cause, bien que la couverture des AMP

Figure 14.1 : Couverture des aires marines protégées



Source : PNUE-CMSC et UICN (2018).

ait augmenté (figure 14.1), des efforts supplémentaires sont nécessaires pour réaliser les objectifs fixés au niveau international.

Pertinence stratégique

Les AMP, tout comme d'autres outils de gestion fondés sur le zonage, ont été mises en avant par des conventions et accords internationaux, notamment la CDB, et par des outils d'orientation politique tels que les résolutions annuelles de l'Assemblée générale des Nations Unies ou les objectifs de développement durable (ODD)². Les aires protégées sont également essentielles pour réaliser les Objectifs d'Aichi 5 et 12 de la CDB, qui visent respectivement à prévenir ou à réduire le rythme d'appauvrissement des habitats naturels et d'extinction des espèces. En outre, certaines AMP côtières sont également reconnues comme des zones humides d'importance internationale en vertu de la Convention de Ramsar.

Relations de causalité

Les AMP sont un outil de conservation et de gestion essentiel, en particulier dans le contexte de la biodiversité et de la pêche. Elles font partie des approches fondées sur le zonage, telles que la gestion intégrée des zones côtières et la planification de l'espace marin. Les AMP ont la capacité de mettre un terme à plusieurs types de pressions qui s'exercent sur la biodiversité marine, notamment la surpêche et la destruction de l'habitat. Elles contribuent à la protection des zones d'importance écologique et à assurer la fourniture de services écosystémiques (pêche, protection des côtes, tourisme et loisirs, etc.) (Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2017) qui jouent un rôle important en matière de santé et de bien-être humains (Kareiva et Mavier, 2012). De plus, les AMP sont de plus en plus mises en avant comme une stratégie permettant d'améliorer la résilience des écosystèmes aux changements climatiques (McLeod *et al.*, 2009 ; Simard *et al.*, 2016). Par conséquent, l'indicateur relatif aux AMP recoupe de multiples enjeux évoqués au chapitre 7 du présent rapport, en particulier ceux qui ont trait à la pêche et aux changements climatiques. En outre, dans le cas du blanchissement du corail, le chapitre 7 recommande que les pays propriétaires de récifs envisagent de prendre des mesures immédiates (parmi lesquelles la création d'AMP) afin de protéger l'ensemble des habitats connus des récifs coralliens contre toute utilisation non liée à la subsistance (voir la section 7.5.2).

Autres facteurs d'influence

Des efforts nationaux et infranationaux sont nécessaires pour améliorer la conception et la mise en œuvre des AMP afin de s'assurer qu'elles atteignent leurs objectifs. Les données probantes dont nous disposons laissent penser que de nombreux pays ont encore des défis importants à relever, par exemple :

- i) concevoir des AMP de manière stratégique afin d'optimiser les avantages environnementaux et socio-économiques qu'elles présentent ;
- ii) élaborer et mettre en œuvre un plan de gestion adéquat ;
- iii) établir des cadres solides pour le suivi et l'établissement de rapports ;
- iv) garantir la conformité et l'application de la loi ;
- v) mobiliser des fonds assurant une gestion durable ;
- vi) intégrer les AMP à des politiques plurielles afin de faire face à la multiplicité des pressions qui s'exercent (OCDE, 2017).

Mises en garde

Les AMP varient en fonction de l'objectif qui leur est assigné. Il existe des AMP entièrement axées sur la biodiversité et d'autres

² La cible 11 des Objectifs d'Aichi de la CDB indique : « D'ici à 2020, au moins [...] 10% des zones marines et côtières, y compris les zones qui sont particulièrement importantes pour la diversité biologique et les services fournis par les écosystèmes, sont conservées au moyen de réseaux [...] d'aires protégées ». L'ODD 14.5 indique : « D'ici à 2020, préserver au moins 10 pour cent des zones marines et côtières, conformément au droit national et international et compte tenu des meilleures informations scientifiques disponibles. »



qui intègrent l'activité humaine (Dudley, 2008). Par conséquent, leur apport à la réalisation des objectifs de conservation des océans peut varier lui aussi. En outre, la couverture des AMP ne suffit pas à indiquer que les zones concernées sont gérées de manière efficace et équitable. Il est donc essentiel de concentrer les efforts sur le développement de méthodes permettant d'évaluer l'efficacité des AMP. Parmi ces instruments, on peut notamment citer l'efficacité de la gestion des aires protégées et l'outil de suivi de l'efficacité de la gestion (Stolton *et al.*, 2007 ; Coad *et al.*, 2015).

14.3.2 Indicateur 2 : Évaluation des déchets présents sur les plages

La surveillance des déchets présents sur les plages est plus simple et moins coûteuse que pour d'autres formes de déchets marins (voir la section 7.5.3). Les études qui leur sont consacrées constituent donc une méthode d'évaluation très répandue (par exemple, Gabrielides *et al.*, 1991 ; Madzena et Lasiak, 1997 ; Willoughby *et al.*, 1997 ; Velander et Mocogni, 1999 ; Ballance, Ryan et Turpie, 2000 ; Santos, Friedrich et Barretto, 2005 ; Jayasiri *et al.*, 2013 ; Hong *et al.*, 2014 ; Munari *et al.*, 2016 ; Williams *et al.*, 2016 ; Botero *et al.*, 2017 ; Brouwer *et al.*, 2017 ; Nelms *et al.*, 2017 ; Rangel-Buitrago *et al.*, 2017 ; Syakti *et al.*, 2017). Ces travaux ont pour objectif principal d'évaluer les tendances en matière de volume, de composition et de distribution spatiale et temporelle des déchets marins rejetés sur le rivage ou déposés sur les côtes. La portée de ce type d'étude est restreinte par la définition spatiale des plages, qui exclut les zones intertidales de vasières très peu profondes, qui mesurent parfois plusieurs kilomètres de large à marée basse (Cheshire *et al.*, 2009). Les critères de sélection du Plan d'action pour la protection, la gestion et le développement du milieu marin et côtier du Pacifique Nord-Ouest (NOWPAP) et de la Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (OSPAR) précisent que les sites ne doivent pas se trouver

à proximité immédiate d'un cours d'eau ou d'un port (NOWPAP, 2008 ; OSPAR, 2007). Les déchets enfouis ne sont généralement pas inclus dans les échantillons, bien qu'ils puissent représenter une part considérable des déchets présents sur les plages.

Pertinence stratégique

Bien que la « densité des débris de plastiques flottant en surface des océans » ait été choisie comme indicateur pour la cible 14.1 des ODD (« D'ici à 2025, prévenir et réduire nettement la pollution marine de tous types, en particulier celle résultant des activités terrestres, y compris les déchets en mer et la pollution par les nutriments »), de nombreuses sources font valoir que les déchets présents sur les plages devraient compléter cet indicateur. Bon nombre de conventions et de plans d'action pour les mers régionales ont choisi cette catégorie de déchets comme indicateur principal des déchets marins.

Divers protocoles décrivent la structure de base des études à mener, l'analyse des unités d'échantillonnage, la fréquence et le calendrier des relevés, les systèmes de classification des déchets utilisés et le cadre sous-jacent permettant de faciliter la gestion logistique. Les données sur les déchets de plage générées selon cette méthodologie normalisée peuvent être utiles à l'établissement et à la réalisation des cibles fixées par les différentes politiques en vigueur.

Relations de causalité

Les déchets présents sur les plages proviennent de sources variées. Les programmes de nettoyage et de surveillance des plages (tels que les campagnes de Clean Up Australia et de la Marine Conservation Society du Royaume-Uni) définissent des « indicateurs par type d'article » afin de déterminer la source des déchets. L'emplacement de certaines plages permet d'identifier l'origine des déchets (les plages isolées souffrent de la pollution causée par les navires tandis que les plages situées en ville sont touchées par la pollution urbaine). De nombreuses études consacrées aux enquêtes menées sur les plages locales et à la collecte des déchets fournissent des informations sur le rôle du tourisme dans la production de déchets (PNUE/PAM, 2015c). Cependant, les plages sont généralement soumises à des variations saisonnières. Les utilisateurs des plages sont la principale source de débris en été, mais en basse saison, les déchets sont le plus souvent attribuables aux systèmes de drainage et aux exutoires marins. Parmi les autres sources, on peut notamment citer les déchets flottants rejetés sur le rivage, l'urbanisation côtière, les déchets transportés par le vent et le déversement illicite. L'évolution des conditions océanographiques (par exemple, les courants) et météorologiques (par exemple, les tempêtes) peut avoir une incidence sur les quantités de déchets rejetés sur le rivage.

Autres facteurs d'influence

L'un des avantages de l'utilisation des déchets de plage comme indicateur tient à la possibilité de s'appuyer sur la science participative (la participation de citoyens non spécialistes à un projet scientifique). Compte tenu de la relative simplicité des techniques concernées, des bénévoles peuvent participer à la quantification et à la surveillance des déchets présents sur les plages pendant une saison et sur un site donné (Rosevelt *et al.*, 2013 ; van der Velde *et al.*, 2017 ; Vincent *et al.*, 2017). En outre, les études menées sur les plages constituent un mécanisme d'éducation et de sensibilisation de la communauté. Les campagnes de nettoyage en Méditerranée, par exemple, suscitent une forte participation du public. Diverses ONG de la région ont ainsi mené des études complètes et régulières, souvent pluriannuelles, consacrées aux déchets marins présents sur les plages (PNUE/PAM, 2015c).



Mises en garde

La nécessité d'élaborer et de mettre en œuvre un protocole normalisé d'échantillonnage des déchets marins a été soulignée à maintes reprises. Une méthode normalisée permettrait de quantifier et de comprendre le phénomène des déchets dans nos mers et nos océans, grâce à des études comparatives à long terme et à grande échelle (Cheshire *et al.*, 2009 ; Besley *et al.*, 2017). Compte tenu du manque de normalisation et de compatibilité entre les différentes méthodes utilisées et les résultats obtenus dans le cadre de divers projets relevant d'une approche ascendante, il est difficile de comparer des données provenant de sources différentes et d'évaluer la pollution marine par les déchets pour l'ensemble d'une région. Certaines régions ont récemment adopté un cadre commun, tel que le Plan régional sur la gestion des déchets marins en Méditerranée, afin de coordonner et d'harmoniser le suivi. En outre, il serait utile d'harmoniser les catégories utilisées dans les rapports de différents types d'enquêtes (plages, surface de la mer, fonds marins) de manière à pouvoir comparer les résultats.

Il peut s'avérer difficile de tirer des conclusions concernant l'augmentation ou la diminution globale des déchets de plage lorsque certaines variables, notamment le nombre de bénévoles participant au nettoyage, changent chaque année. Surtout, les résultats des études menées sur les plages n'ont pas toujours de lien avec la pollution marine réelle : étant donné l'incidence des conditions météorologiques sur la quantité de débris présents sur les plages, ceux-ci ne constituent pas nécessairement un bon indicateur de leur évolution quantitative globale (PNUE/PAM, 2015c).

14.3.3 Indicateur 3 : Nombre d'écosystèmes marins vulnérables identifiés par les organismes régionaux de gestion des pêches et fermés à la pêche ou protégés par d'autres mesures (1 000/934/934)

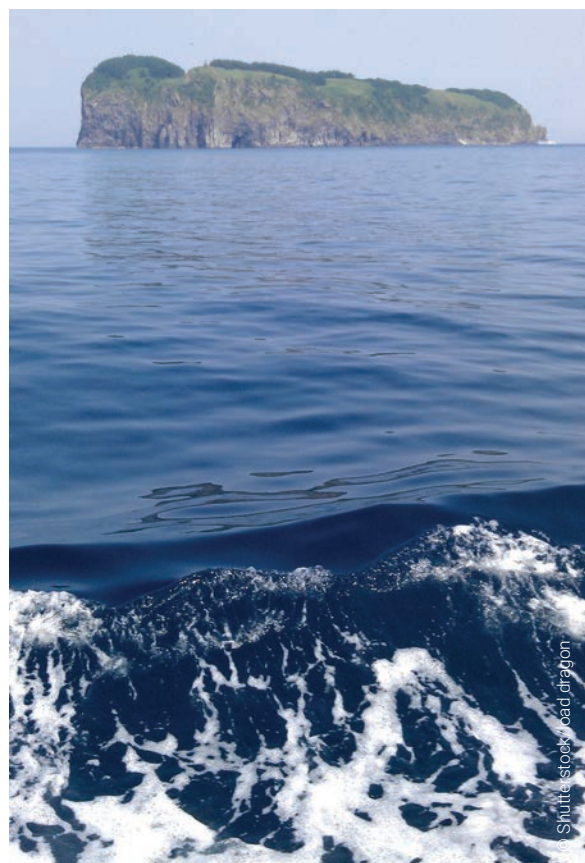
Cet indicateur mesure le nombre d'écosystèmes marins qui ont été identifiés comme vulnérables aux impacts des activités de pêche et sont protégés par des ORGP (**figure 14.2**). Il sert de complément aux indicateurs relatifs à l'état des stocks (par exemple, les références aux rapports sur la situation mondiale des pêches et de l'aquaculture de la FAO) utilisés au chapitre 7. Il s'inscrit également dans un débat en cours, au sein de la littérature politique générale, au sujet des modalités de protection de la biodiversité. Bien que certaines approches privilégient une réglementation sectorielle, comme celle appliquée à la pêche, aux mines ou au transport maritime, d'autres (comme celle qui sous-tend cet indicateur) préconisent une protection complète de la biodiversité et des habitats contre toutes les menaces, quel que soit le secteur concerné. Les EMV sont identifiés selon un processus fixé au niveau international, qui figure au paragraphe 42 des *Directives internationales pour la gestion de la pêche profonde en haute mer* (FAO, 2009), et appellent une gestion généralement intégrée aux processus des ORGP.

Pertinence stratégique

Comme nous l'avons décrit aux sections 14.2.5 et 14.2.6, le concept d'EMV a pris de l'ampleur à la suite de la résolution 61/105 de l'AGNU. Il découle de l'engagement pris dans le cadre de la conférence Rio+20 pour le renforcement des mesures de protection des EMV telles que les évaluations d'impact. Plus récemment, on le retrouve dans l'ODD 14 relatif aux océans, en particulier les cibles 14.2 et 14.4. La protection des EMV figure également dans la cible 6 des Objectifs d'Aichi de la CDB.

Relations de causalité

L'AGNU a identifié un certain nombre d'habitats marins présentant des caractéristiques d'écosystèmes vulnérables (**figure 14.2**), notamment les lagunes côtières, les mangroves, les estuaires, les zones humides, les herbiers marins et les récifs coralliens, mais aussi des zones plus éloignées du littoral et certaines zones ne relevant pas de la juridiction nationale, telles que les frayères,



Shutterstock.com/Adam Dragon

les zones de croissance et d'alevinage, les coraux d'eau froide, les monts sous-marins, diverses caractéristiques associées aux régions polaires, les cheminées hydrothermales, les tranchées en eau profonde, les canyons sous-marins et les dorsales océaniques (AGNU, 2004). Nous nous concentrons ici sur l'identification et la protection des EMV par les ORGP en illustrant les zones de couverture par des cartes, faute de données chiffrées.

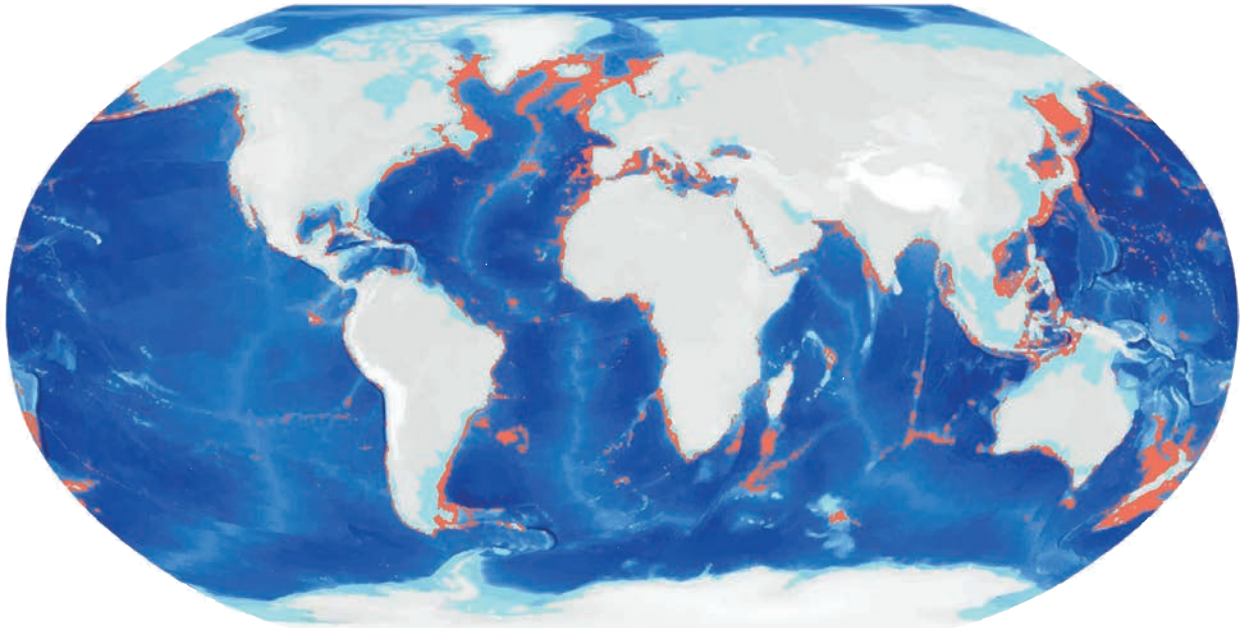
Les ORGP sont tenues de protéger les EMV depuis 2008, selon des modalités détaillées dans les résolutions 59/25, 61/105 et 64/72 de l'AGNU. De manière générale, la protection des EMV consiste à interdire ou à restreindre le chalutage de fond dans les zones abritant des EMV. Le chalutage de fond, qui se pratique à bord de bateaux traînant des filets sur le fond de la mer ou près de celui-ci, est considéré comme une pratique particulièrement destructrice, à la fois parce qu'elle est indifférenciée, comme en témoignent les prises accessoires considérables qui s'ajoutent à l'espèce ciblée, et qu'elle s'opère dans une partie de la colonne d'eau où évoluent de nombreuses espèces parmi les plus vulnérables, ainsi qu'une grande partie de l'habitat océanique. On attend des ORGP qu'elles contribuent à identifier les EMV présentes dans les zones qu'elles régissent, qui ne relèvent généralement pas de la juridiction nationale, et qu'elles les protègent contre les pratiques destructrices.

Autres facteurs d'influence

Malgré plusieurs exemples précoces, la mise en œuvre des ORGP a connu des fortunes diverses. Les plus récentes, comme l'ORGP du Pacifique Sud et l'Accord relatif aux pêches dans le sud de l'océan Indien (SIOFA), dépassent le cadre de la juridiction nationale et élargissent les zones marines soumises à une réglementation. Néanmoins, toutes ne fournissent pas encore une évaluation adéquate des stocks et certaines d'entre elles attendent que des études d'impact sur l'environnement (voir la section 11.3.2) justifient la mise en place de restrictions supplémentaires pour



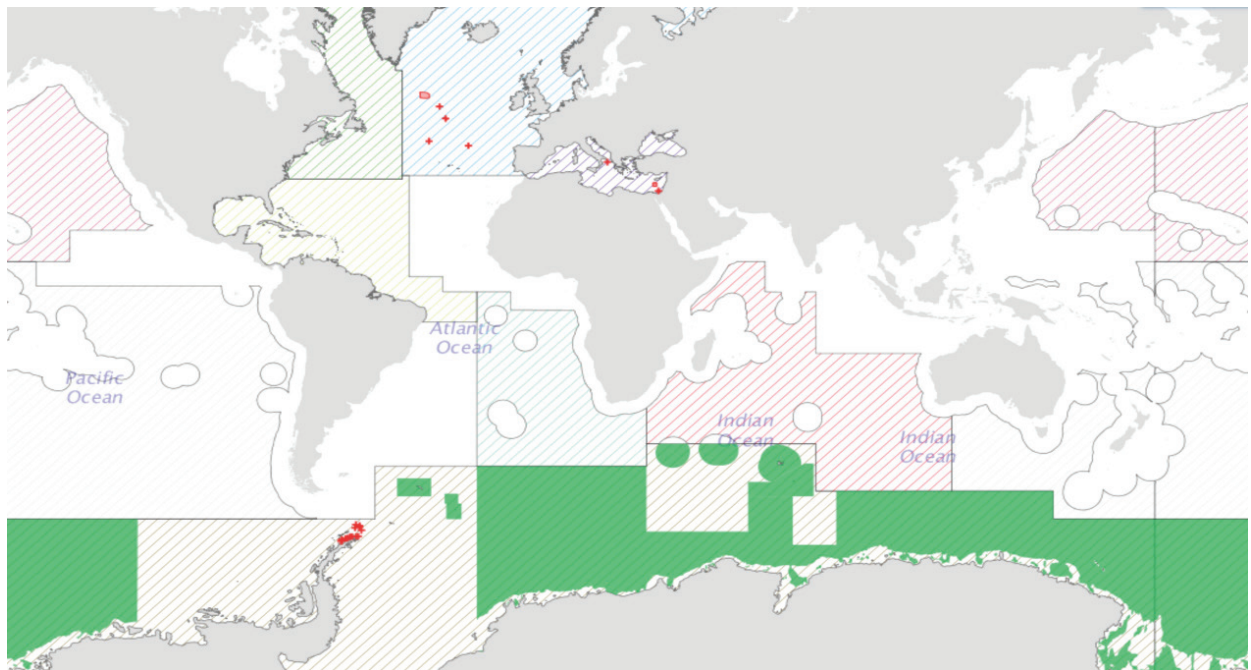
Figure 14.2 : Estimation prévisionnelle des zones d'eaux profondes abritant des écosystèmes marins vulnérables



Note : Les zones en rouge illustrent l'étendue du chalutage de fond en eau profonde (>200 m) sur les EMV, déterminée à partir des modèles disponibles en matière d'adéquation des habitats et de représentations cartographiques binaires permettant d'estimer la présence des EMV.

Source : Pham *et al.*, 2014.

Figure 14.3 : Chalutage de fond et écosystèmes marins vulnérables fermés de 2006 à 2016



Note : Les zones vertes sont des zones de pêche de fond et les zones rouges sont des zones fermées abritant des EMV. Les zones ombragées et hachurées représentent les zones de réglementation des principaux organismes régionaux de pêche.

Source : FAO (2017).



assurer la protection des EMV contre le chalutage de fond (Currie, 2016). D'autres ORGP, telles que la Commission des pêches de l'Atlantique du Nord-Est (CPANE), l'Organisation des pêches de l'Atlantique nord-ouest (OPANO) et l'Organisation des pêches de l'Atlantique sud-est (OPASE), ont fermé des zones importantes susceptibles de contenir des EMV et la Convention sur la conservation de la faune et de la flore marines de l'Antarctique (CCAMLR) a interdit la pêche au chalut de fond dans certaines zones. L'OPANO a identifié 20 zones vulnérables au chalutage de fond, puis les a fermées (**figure 14.3**). La Commission générale des pêches pour la Méditerranée (CGPM) accuse un retard par rapport à d'autres ORGP en ce qui concerne le respect de ces obligations. La CGPM limite ses mesures de protection des EMV à trois zones de restriction des pêches et à une interdiction de chalutage au-delà de 1 000 mètres. La plupart des EMV en Méditerranée ne sont donc pas protégés (Oceana, 2016).

Mises en garde

L'interdiction des pratiques destructrices liées à la pêche dans les EMV ne garantit pas leur préservation. Les filets dérivants perdus, les déchets marins, l'acidification et l'eutrophisation des océans peuvent tous nuire aux EMV, même lorsque ces derniers sont protégés contre les pratiques destructrices liées à la pêche. En outre, en prenant pour indicateur le nombre d'écosystèmes protégés, on risque de laisser de côté certains EMV essentiels et non protégés. Cependant, par rapport aux écosystèmes terrestres, les données relatives à la biodiversité marine restent limitées (Martin *et al.*, 2015). La Liste rouge des écosystèmes de l'UICN (UICN, 2017) est une initiative d'une partie tierce visant à recenser les écosystèmes, notamment marins, les plus vulnérables. Elle se donne pour objectif d'évaluer tous les écosystèmes d'ici à 2025. Cet indicateur, de même que plusieurs autres, mérite d'être développé.

14.4 Discussion et conclusions

Plusieurs approches de gouvernance et moyens d'intervention ont été mis en œuvre pour répondre aux impacts des changements climatiques, de la pollution et de la surpêche sur l'océan. Ces approches et ces instruments ont connu des fortunes diverses. Par exemple, si la GFR a eu peu d'impact positif sur le blanchissement des coraux dans la Grande Barrière de corail, les QIT sont parvenus à enrayer le déclin de plusieurs stocks halieutiques clés et à garantir la viabilité financière du secteur de la transformation du produit de la pêche en Colombie-Britannique.

Les exemples étudiés dans ce chapitre fournissent des indications utiles sur la conception et la mise en œuvre des politiques. Le succès des droits d'usage territoriaux des pêcheurs de *loco*, par exemple, est dû à la forte implication de la communauté dans l'élaboration et la mise en œuvre d'une série de mesures de gestion. S'agissant du Plan régional sur la gestion des déchets marins en Méditerranée, la collaboration des parties prenantes a joué un rôle essentiel dans les efforts de réduction de la consommation de plastique. Toutefois, l'intégration d'une plus grande diversité de parties prenantes au processus de protection des EMV ne s'est faite qu'après l'adoption de la résolution de l'AGNU. La plupart des exemples étudiés ici ont pour point commun la participation des différentes parties prenantes (utilisateurs des ressources,

entreprises, experts, ONG environnementales et gouvernement) à un stade ou à un autre du processus d'élaboration des politiques.

Une autre caractéristique commune à la plupart de ces situations est l'utilisation des données de référence. L'initiative de la GFR, par exemple, s'est appuyée sur une évaluation complète de la menace que les changements climatiques faisaient peser sur la Grande Barrière de corail. De même, une évaluation de l'état des déchets marins en Méditerranée a servi de base à l'élaboration du Plan régional et les registres historiques de l'état des stocks, des coûts et des revenus d'exploitation des usines ont permis d'établir les QIT en Colombie-Britannique. En plus d'éclairer l'élaboration des politiques, les données de référence fixent les conditions préalables au suivi des progrès accomplis dans la poursuite des objectifs. Elles permettent également de mettre en place des interventions supplémentaires pour renforcer le processus de mise en œuvre. En ce qui concerne la résolution 61/105 de l'AGNU sur les EMV, par exemple, la vitesse d'exécution a été jugée insuffisante et des dispositions supplémentaires ont été adoptées (dans la résolution 64/72) afin d'améliorer sa mise en œuvre. Bien qu'importantes, les données de référence ne sont pas toujours fiables ou disponibles, ce qui ne doit pas empêcher la mise en œuvre des interventions. Dans le cas des pêcheurs de *loco*, les données de référence étaient limitées et ponctuelles. Pour établir les DUTP, on s'est donc appuyé sur le consensus relatif à l'état d'épuisement des stocks et sur l'échec de l'instauration de QIT pour contrôler la pêche illécite généralisée.

Par ailleurs, les études de cas nous ont permis d'établir un lien entre l'efficacité des politiques et leur contexte de mise en œuvre. De fait, une politique a plus de chances de réussir lorsque les conditions lui sont favorables. Les principaux facteurs habilitants sont le leadership, l'expertise, le financement, et l'appui des parties prenantes. Par exemple, le succès relatif de la mise en œuvre de la résolution 61/105 de l'AGNU dans l'Atlantique Nord est attribuable aux appuis scientifiques existants et à de solides capacités de surveillance et d'application. Inversement, les conditions de mise en œuvre de cette même résolution restent à instaurer dans certaines parties des océans Pacifique et Indien. La solidité des capacités de gouvernance a joué un rôle considérable dans la réussite des QIT. En outre, les mesures d'intervention doivent s'adapter à l'environnement dans lequel elles s'appliquent. Par exemple, le succès du programme de DUTP au Chili repose sur l'adéquation des modalités de gestion choisies avec les caractéristiques géographiques et communautaires de la zone de pêche concernée.

Enfin, la prise en compte explicite de la santé et du bien-être humains semble absente des politiques et des indicateurs examinés. L'instauration d'une AMP susceptible de restreindre les droits d'accès des populations côtières traditionnelles, par exemple, peut avoir des impacts négatifs sur leurs moyens de subsistance, leur sécurité alimentaire et leur santé. De même, un réchauffement constant des océans peut augmenter la fréquence des efflorescences de phytoplancton, dont certaines sont toxiques pour les mollusques, les crustacés ou les poissons et créent des conditions propices aux épidémies de choléra (Cinner *et al.*, 2016). Pour atteindre l'objectif d'une « planète saine pour des populations en bonne santé », il convient de prendre en compte ce type d'impacts sur la santé et le bien-être au moment d'élaborer des politiques relatives aux océans.



Abbott, K.W., Keohane, R.O., Moravcsik, A., Slaughter, A.-M., et Snidal, D. (2000). The concept of legalization. *International Organization* 54(3), 401-419. <https://doi.org/10.1162/002081800551271>.

Aburto, J.A., Stotz, W.B. et Cundill, G. (2014). Social-ecological collapse: TURF governance in the context of highly variable resources in Chile. *Ecology and Society* 19(1). <https://doi.org/10.5751/ES-06145-190102>.

Aceves-Bueno, E., Cornejo-Donoso, J., Miller, S.J. et Gaines, S.D. (2017). Are territorial use rights in fisheries (TURFs) sufficiently large? *Marine Policy* 78, 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.01.024>.

Afferbach, J.C., Lester, S.E., Dougherty, D.T. et Poon, S.E. (2014). A global survey of « TURF-reserves », territorial use rights for fisheries coupled with marine reserves. *Global Ecology and Conservation* 2, 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.08.001>.

Ainsworth, C.H., Pitcher, T.J., Heymans, J.J. et Vasconcellos, M. (2008). Reconstructing historical marine ecosystems using food web models: Northern British Columbia from pre-European contact to present. *Ecological Modelling* 216(3-4), 354-368. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.05.005>.

Al-Abdulrazzak, D., Galland, G.R., McClenachan, L. et Hocevar, J. (2017). Opportunities for improving global marine conservation through multilateral treaties. *Marine Policy* 86, 247-252. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.09.036>.

Andreu-Cazenave, M., Subida, M.D. et Fernandez, M. (2017). Exploitation rates of two benthic resources across management regimes in central Chile: Evidence of illegal fishing in artisanal fisheries operating in open access areas. *PLoS One* 13(1), e0191166. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180012>.

Anthony, K.R.N. (2016). Coral reefs under climate change and ocean acidification: Challenges and opportunities for management and policy. *Annual Review of Environment and Resources* 41, 59-81. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085610>.

Anthony, K.R.N., Marshall, P.A., Abdulla, A., Beeden, R., Bergh, C., Black, R. et al. (2015). Operationalizing resilience for adaptive coral reef management under global environmental change. *Global Change Biology* 21(1), 48-61. <https://doi.org/10.1111/gcb.12700>.

Arason, R. (1993). The Icelandic individual transferable quota system: A descriptive account. *Marine Resource Economics* 8(3), 201-218. <https://doi.org/10.1086/mre.8.3.42629066>.

Assemblée générale des Nations Unies (2004). *Les océans et le droit de la mer : rapport du Secrétaire général. Additif. A/59/62/Add.1*. <https://undocs.org/fr/A/59/62/Add.1>.

Assemblée générale des Nations Unies (2006). 61/105. *La viabilité des pêches, notamment grâce à l'Accord de 1995 aux fins de l'application des dispositions de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer du 10 décembre 1982 relatives à la conservation et à la gestion des stocks de poissons dont les déplacements s'effectuent tant à l'intérieur qu'au-delà de zones économiques exclusives (stocks chevauchants) et des stocks de poissons grands migrants, et d'instruments connexes. A/RES/61/105*. <https://undocs.org/fr/A/RES/61/105>.

Assemblée générale des Nations Unies (2016). *Lettre datée du 9 septembre 2016, adressée au Président de l'Assemblée générale par le modérateur de l'atelier chargé d'examiner l'application des paragraphes 113, 117 et 119 à 124 de la résolution 64/72 et des paragraphes 121, 126, 129, 130 et 132 à 134 de la résolution 66/68 sur la viabilité des pêches, concernant les effets de la pêche profonde sur les écosystèmes marins vulnérables et la viabilité à long terme des stocks de poissons d'eau profonde. A/71/377*. <https://undocs.org/pdf/symbol/fr/A/71/377>.

Autorité du parc marin de la Grande Barrière de corail (2007). *Great Barrier Reef Climate Change Action Plan 2007-2012*. Townsville, Autorité du parc marin de la Grande Barrière de corail. http://www.gbrmpa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0020/4493/climate-change-action-plan-2007-2012.pdf.

Autorité du parc marin de la Grande Barrière de corail (2009). *Great Barrier Reef: Outlook Report 2009*. Townsville, Autorité du parc marin de la Grande Barrière de corail. <http://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/bitstream/11017/199/1/Great-Barrier-Reef-Outlook-Report-2009.pdf>.

Autorité du parc marin de la Grande Barrière de corail (2012). *Climate Change Adaptation: Outcomes from the Great Barrier Reef Climate Change Action Plan 2007-2012*. Townsville, Autorité du parc marin de la Grande Barrière de corail. <http://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/bitstream/11017/1139/1/Climate%20Change%20Adaptation.pdf>.

Autorité du parc marin de la Grande Barrière de corail (2014). *Great Barrier Reef Outlook Report 2014*. Autorité du parc marin de la Grande Barrière de corail. http://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/bitstream/11017/2855/1/GBR%20Outlook%20Report%202014_Web280714.pdf.

Ballance, A., Ryan, P.G. et Turpie, J.K. (2000). How much is a clean beach worth? The impact of litter on beach users in the Cape Peninsula, South Africa. *South African Journal of Science* 96(5), 210-230. https://journals.co.za/content/sajs/96/5/AJA00382353_8975.

Ban, N.C., Maxwell, S.M., Dunn, D.C., Hobbay, A.J., Bax, N.J., Ardron, J. et al. (2014). Better integration of sectoral planning and management approaches for the interlinked ecology of the open oceans. *Marine Policy* 49, 127-136. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.11.024>.

Barner, A.K., Lubchenko, J., Costello, C., Gaines, S.D., Leland, A., Jenks, B. et al. (2015). Solutions for recovering and sustaining the bounty of the ocean: Combining fishery reforms, rights-based fisheries management, and marine reserves. *Oceanography* 28(2), 252-263. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2015.51>.

Bertolotti, M.I., Baltar, F., Gualdoni, P., Pagani, A. et Rotta, L. (2016). Individual transferable quotas in Argentina: Policy and performance. *Marine Policy* 71, 132-137. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.05.024>.

Besley, A., Vijver, M.G., Behrens, P. et Bosker, T. (2017). A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin* 114(1), 77-83. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.055>.

Bigagli, E. (2016). The international legal framework for the management of the global oceans social-ecological system. *Marine Policy* 68, 155-164. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.03.005>.

Biggs, D., Amar, F., Valdebenito, A. et Gelcich, S. (2016). Potential synergies between nature-based tourism and sustainable use of marine resources: Insights from dive tourism in territorial user rights for fisheries in Chile. *PLoS One* 11(3), e0148862. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148862>.

Blomquist, J. et Waldo, S. (2018). Scrapping programmes and ITQs: Labour market outcomes and spill-over effects on non-targeted fisheries in Sweden. *Marine Policy* 88, 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.004>.

Botero, C.M., Anfuso, G., Milanes, C., Cabrera, A., Casas, G., Pranzini, E. et al. (2017). Litter assessment on 99 Cuban beaches: A baseline to identify sources of pollution and impacts for tourism and recreation. *Marine Pollution Bulletin* 118(1-2), 437-441. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.061>.

Branch, T.A. (2006). Discards and revenues in multispecies groundfish trawl fisheries managed by trip limits on the U.S. West Coast and by ITQs in British Columbia. *Bulletin of Marine Science* 78(3), 669-689. <https://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/2006/00000078/00000003/art00016>.

Branch, T.A. (2009). How do individual transferable quotas affect marine ecosystems? *Fish and Fisheries* 10(1), 39-57. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00294.x>.

Bromley, D.W. (2009). Abdicating responsibility: The deceits of fisheries policy. *Fisheries* 34(6), 280-290. <https://doi.org/10.1577/1548-8446-34.6.280>.

Brouwer, R., Hadzhyska, D., Ioakeimidis, C. et Ouderorp, H. (2017). The social costs of marine litter along European coasts. *Ocean & Coastal Management* 138, 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.01.011>.

Campani, T., Bains, M., Giannetti, M., Cancelli, F., Mancusi, C., Serena, F. et al. (2013). Presence of plastic debris in loggerhead turtle stranded along the Tuscan coasts of the Pelagos Sanctuary for Mediterranean marine mammals (Italy). *Marine Pollution Bulletin* 74(1), 225-230. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.06.053>.

Casey, K.E., Dewees, C.M., Turriss, B.R. et Wilen, J.E. (1995). The effects of individual vessel quotas in the British Columbia halibut fishery. *Marine Resource Economics* 10(3), 211-230. <https://doi.org/10.1086/mre.10.3.42629588>.

Castilla, J.C. (1995). The sustainability of natural renewable resources as viewed by an ecologist and exemplified by the fishery of the Mollusc *Concholepas concholepas* in Chile. Dans Munasinghe, M. et Shearer, W. (dir.). *Defining and Measuring Sustainability: The Biogeophysical Foundations*. Washington : Banque mondiale, 153-159. <http://documents.worldbank.org/curated/en/328001468764998700/pdf/multi0page.pdf>.

Castilla, J.C. et Fernandez, M. (1998). Small-scale benthic fisheries in Chile: On co-management and sustainable use of benthic invertebrates. *Ecological Applications* 8(1), S124-S132. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)8\[S124:SBFCO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)8[S124:SBFCO]2.0.CO;2).

Castilla, J.C., Espinosa, J., Yamashiro, C., Melo, O. et Gelcich, S. (2016). Telecoupling between catch, farming, and international trade for the gastropods *Concholepas concholepas* (Lac.) and *Haliotis spp.* (abalone). *Journal of Shellfish Research* 35(2), 499-506. <https://doi.org/10.2983/035.035.0223>.

Chambers, C. et Kokorsch, M. (2017). Viewpoint: The social dimension in Icelandic fisheries governance. *Coastal Management* 45(4), 330-337. <https://doi.org/10.1080/08920753.2017.1327346>.

Charles, A.T. (2002). Use rights and responsible fisheries: Limiting access and harvesting through rights-based management. Dans Cochrane, K.L. (dir.). *A Fishery Manager's Guidebook: Management Measures and Their Application*. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, chapitre 6, 131-158. <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/004/y3427e/y3427e06.pdf>.

Chauvin, C. et Le Bouar, G. (2007). Occupational injury in the French sea fishing industry: A comparative study between the 1980s and today. *Accident Analysis & Prevention* 39(1), 79-85. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.06.006>.

Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S. et al. (2009). *UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter*. Nairobi, Programme des Nations Unies pour l'environnement. <http://wedocs.unep.org/xrmlui/bitstream/handle/20.500.11822/13604/rsrs186.pdf>.

Christy, F.T., Jr. (1992). *Territorial Use Rights in Marine Fisheries: Definitions and Conditions*. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/docrep/003/0507e/0507e00.htm>.

Chu, C. (2009). Thirty years later: The global growth of ITQs and their influence on stock status in marine fisheries. *Fish and Fisheries* 10(2), 217-230. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00313.x>.

Cimner, J.E., Pratchett, M.S., Graham, N.A.J., Messmer, V., Fuentes, M.M.P.B., Ainsworth, T. et al. (2016). A framework for understanding climate change impacts on coral reef social-ecological systems. *Regional Environmental Change* 16(4), 1133-1146. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0832-z>.

Coad, L., Leverington, F., Knights, K., Geldmann, J., Eassom, A., Kapos, V. et al. (2015). Measuring impact of protected area management interventions: Current and future use of the global database of protected area management effectiveness. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 370(1681). <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0281>.

Commission européenne (2017). *Our Oceans, Seas and Coasts*. http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/index_en.htm.

Commonwealth d'Australie (2016). *The Great Barrier Reef Climate Change Action Plan 2007-2012: Climate Change Adaptation Good Practice – Case Study*. Canberra. https://www.nccarf.edu.au/localgov/sites/nccarf.edu.au/localgov/files/casestudies/pdf/Case%20Study_The%20Great%20Barrier%20Reef%20Climate%20Change%20Action%20Plan%202007_2012.pdf.

Conseil des gouvernements australiens (2007). *National Climate Change Adaptation Framework*. Canberra, Conseil des gouvernements australiens. <https://www.nccarf.edu.au/sites/default/files/Australian-Government-2007a.pdf>.

Costello, C. et Kaffine, D. (2017). Private conservation in TURF-managed fisheries. *Natural Resource Modeling* 30(1), 30-51. <https://doi.org/10.1111/nrm.12103>.

Costello, C., Gaines, S.D. et Lynham, J. (2008). Can catch shares prevent fisheries collapse? *Science* 321(5896), 1678-1681. <https://doi.org/10.1126/science.1159478>.

Costello, C., Lynham, J., Lester, S.E. et Gaines, S.D. (2010). Economic incentives and global fisheries sustainability. *Annual Review of Resource Economics* 2(1), 299-318. <https://doi.org/10.1146/annurev.resource.012809.103923>.

Crona, B., Gelcich, S. et Bodin, Ö. (2017). The importance of interplay between leadership and social capital in shaping outcomes of rights-based fisheries governance. *World Development* 91, 70-83. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.10.006>.

Crona, B.I., Basurto, X., Squires, D., Gelcich, S., Daw, T.M., Khan, A. et al. (2016). Towards a typology of interactions between small-scale fisheries and global seafood trade. *Marine Policy* 65, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.11.016>.

Crona, B.I., Van Holt, T., Petersson, M., Daw, T.M. et Buchary, E. (2015). Using social-ecological syndromes to understand impacts of international seafood trade on small-scale fisheries. *Global Environmental Change* 35, 162-175. <https://doi.org/10.1016/j.geenvcha.2015.07.006>.

Currie, D. (2016). Opportunities and challenges in further addressing the impacts of bottom fisheries on vulnerable marine ecosystems and long-term sustainability of deep-sea fish stocks. *Workshop to Discuss Implementation of Paragraphs 113, 117 and 119 to 124 of Resolution 64/72 and Paragraphs 121, 126, 129, 130 and 132 to 134 of Resolution 66/68 on Sustainable Fisheries, Addressing the Impacts of Bottom Fishing on Vulnerable Marine Ecosystems and the Long-Term Sustainability of Deep-Sea Fish Stocks*. Siège des Nations Unies, 1^{er}-2 août 2016. http://www.un.org/depts/los/reference_files/Presentations/PPT/Segment5/DC.pdf.

Day, J. (2016). The great barrier reef marine park: The grandfather of modern MPAs. Dans Fitzsimons, J. et Westcott, G. (dir.). *Big, Bold and Blue: Lessons from Australia's Marine Protected Areas*. Clayton, CSIRO Publishing, chapitre 5, 65-97. https://www.researchgate.net/publication/304677045_The_Great_Barrier_Reef_Marine_Park_-_the_grandfather_of_modern_MPAs.



- de Juan, S., Gelcich, S., Ospina-Alvarez, A., Perez-Matus, A. et Fernandez, M. (2015). Applying an ecosystem service approach to unravel links between ecosystems and society in the coast of central Chile. *Science of the Total Environment* 533, 122-132. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.094>
- Defeo, O. et Castilla, J.C. (2005). More than one bag for the world fishery crisis and keys for co-management successes in selected artisanal Latin American shellfisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15(3), 265-283. <https://doi.org/10.1007/s11160-005-4865-0>
- Defeo, O., Castrejón, M., Pérez-Castañeda, R., Castilla, J.C., Gutiérrez, N.L., Essington, T.E. et al. (2016). Co-management in Latin American small-scale shellfisheries: Assessment from long-term case studies. *Fish and Fisheries* 17(1), 176-192. <https://doi.org/10.1111/faf.12101>
- Deweese, C.M. (1998). Effects of individual quota systems on New Zealand and British Columbia fisheries. *Ecological Applications* 8(spl), S133-S138. <https://doi.org/10.2307/2641371>
- Dolan, A.H., Taylor, M., Neis, B., Ommer, R., Eyles, J., Schneider, D. et al. (2005). Restructuring and health in Canadian coastal communities. *EcoHealth* 2(3), 195-208. <https://doi.org/10.1007/s10393-005-6333-7>
- Dudley, N. (dir.) (2008). *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. Gland : Union internationale pour la conservation de la nature. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-021.pdf>
- Earth Justice (2015). *Traditional Use Rights in Fisheries in Chile: Area-Based Management and Conservation of Benthic Resources*. Smithsonian Ocean Portal. <https://earthjustice.org/blog/2015-10/earthjustice-and-the-smithsonian-team-up-to-enhance-ocean-conservation-efforts> (page consultée le 25 septembre).
- Edinger, T. et Baek, J. (2015). The role of property rights in bycatch reduction: Evidence from the British Columbia groundfish fishery. *Fisheries Research* 168, 100-104. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.04.001>
- Edwards, D.N. et Edwards, D.G. (2017). Licence Banks as a tool to mitigate corporate control of fisheries: A British Columbia groundfish example. *Marine Policy* 80, 141-146. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.11.006>
- Emery, T.J., Gardner, C., Hartmann, K. et Cartwright, I. (2017). Incorporating economics into fisheries management frameworks in Australia. *Marine Policy* 77, 136-143. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.12.018>
- Emery, T.J., Hartmann, K., Green, B.S., Gardner, C. et Tisdell, J. (2014). Fishing for revenue: How leasing quota can be hazardous to your health. *ICES Journal of Marine Science* 71(7), 1854-1865. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu019>
- Englander, D., Kirschey, J., Stöfen, A. et Zink, A. (2014). Cooperation and compliance control in areas beyond national jurisdiction. *Marine Policy* 49, 186-194. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.11.022>
- Fernández, M. et Castilla, J.C. (2005). Marine conservation in Chile: Historical perspective, lessons, and challenges. *Conservation Biology* 19(6), 1752-1762. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00277.x>
- Fidelman, P.L.J., Leitch, A.M. et Nelson, D.R. (2013). Unpacking multilevel adaptation to climate change in the Great Barrier Reef, Australia. *Global Environmental Change* 23(4), 800-812. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.02.016>
- Frangouides, K. et Bellanger, M. (2017). Fishers' opinions on marketization of property rights and the quota system in France. *Marine Policy* 80, 107-112. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.01.010>
- Gabrielides, G.P., Golik, A., Loizides, L., Marino, M.G., Bingel, F. et Torregrossa, M.V. (1991). Man-made garbage pollution on the Mediterranean coastline. *Marine Pollution Bulletin* 23, 437-441. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(91\)90713-3](https://doi.org/10.1016/0025-326X(91)90713-3)
- Galgani, F., Claro, F., Depledge, M. et Fossi, C. (2014). Monitoring the impact of litter in large vertebrates in the Mediterranean Sea within the European Marine Strategy Framework Directive (MSFD): Constraints, specificities and recommendations. *Marine Environmental Research* 100, 3-9. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.02.003>
- Galgani, F., Jauret, S., Campillo, A., Guenegen, X. et His, E. (1995). Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the north-western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 30(11), 713-717. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(95\)00055-R](https://doi.org/10.1016/0025-326X(95)00055-R)
- Garavelli, L., Colas, F., Verley, P., Kaplan, D.M., Yannicelli, B. et Lett, C. (2016). Influence of biological factors on connectivity patterns for *Concholepa concholepa* (loco) in Chile. *PLoS One* 11(1), e0146418. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146418>
- Garavelli, L., Kaplan, D.M., Colas, F., Stotz, W., Yannicelli, B. et Lett, C. (2014). Identifying appropriate spatial scales for marine conservation and management using a larval dispersal model: The case of *Concholepa concholepa* (loco) in Chile. *Progress in Oceanography* 124, 42-53. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2014.03.011>
- Gelcich, S. et Donlan, C.J. (2015). Incentivizing biodiversity conservation in artisanal fishing communities through territorial user rights and business model innovation. *Conservation Biology* 29(4), 1076-1085. <https://doi.org/10.1111/cobi.12477>
- Gelcich, S., Cinner, J., Donlan, C.J., Tapia-Lewin, S., Godoy, N. et Castilla, J.C. (2017). Fishers' perceptions on the Chilean coastal TURF system after two decades: Problems, benefits, and emerging needs. *Bulletin of Marine Science* 93(1), 53-67. <https://doi.org/10.5343/bms.2015.1082>
- Gelcich, S., Godoy, N., Prado, L. et Castilla, J.C. (2008). Add-on conservation benefits of marine territorial user rights fishery policies in central Chile. *Ecological Applications* 18(1), 273-281. <https://doi.org/10.1890/06-1896.1>
- Gelcich, S., Peralta, L., Donlan, C.J., Godoy, N., Ortiz, V., Tapia-Lewin, S. et al. (2015). Alternative strategies for scaling up marine coastal biodiversity conservation in Chile. *Maritime Studies* 14(5). <https://doi.org/10.1186/s40152-015-0022-0>
- Giacaman-Smith, J., Neira, S. et Arancibia, H. (2016). Community structure and trophic interactions in a coastal management and exploitation area for benthic resources in central Chile. *Ocean & Coastal Management* 119, 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.10.003>
- Gibbs, M.T. (2010). Why ITQs on target species are inefficient at achieving ecosystem based fisheries management outcomes. *Marine Policy* 34(3), 708-709. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2009.09.005>
- Gibson, D. et Surnaila, U.R. (2017). Determining the degree of « small-scaleness » using fisheries in British Columbia as an example. *Marine Policy* 86, 121-126. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.09.015>
- González, J., Stotz, W., Garrido, J., Orensanz, J.M., Parma, A.M., Tapia, C. et al. (2006). The Chilean TURF system: How is it performing in the case of the loco fishery? *Bulletin of Marine Science* 78(3), 499-527. <https://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/2006/000000078/00000003/art00007>
- Gutiérrez, N.L., Hilborn, R. et Defeo, O. (2011). Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature* 470, 386-389. <https://doi.org/10.1038/nature09689>
- Hannesson, R. (2013). Norway's experience with ITQs. *Marine Policy* 37, 264-269. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.05.008>
- Hannesson, R. (2017). Return on capital and management reforms in Norway's fisheries. *Land Economics* 93(4), 710-720. <https://doi.org/10.3368/le.93.4.710>
- Hauck, M. et Gallardo-Fernández, G.L. (2013). Crises in the South African abalone and Chilean loco fisheries: Shared challenges and prospects. *Maritime Studies* 12(3). <https://doi.org/10.1186/2212-9790-12-3>
- Håvold, J.I. (2010). Safety culture aboard fishing vessels. *Safety Science* 48(8), 1054-1061. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.11.004>
- Hoefnagel, E. et de Vos, B. (2017). Social and economic consequences of 40 years of Dutch quota management. *Marine Policy* 80, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.09.019>
- Hong, S., Lee, J., Kang, D., Choi, H.-W. et Ko, S.-H. (2014). Quantities, composition, and sources of beach debris in Korea from the results of nationwide monitoring. *Marine Pollution Bulletin* 84(1-2), 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.05.051>
- Hoshino, E., Pascoe, S., Hutton, T., Kompas, T. et Yamazaki, S. (2017). Estimating maximum economic yield in multispecies fisheries: A review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 28(2), 261-276. <https://doi.org/10.1007/s11160-017-9508-8>
- Høst, J. (2015). *Market-Based Fisheries Management: Private Fish and Captains of Finance*. MARE Publication Series: Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9783319164311>
- Hughes, T.P., Kerry, J.T., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J.G., Anderson, K.D., Baird, A.H. et al. (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature* 543(7645), 373-377. <https://doi.org/10.1038/nature21707>
- Ianson, D. et Flostrand, L. (2010). *Rapport de l'état des écosystèmes et des tendances : eaux côtières au large de la côte ouest de l'île de Vancouver, Colombie-Britannique*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/mpo-dfo/F570-5-2010-046.pdf
- Jayasiri, H.B., Purushothaman, C.S. et Vennila, A. (2013). Plastic litter accumulation on high-water strandline of urban beaches in Mumbai, India. *Environmental Monitoring and Assessment* 185(9), 7709-7719. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3129-z>
- Johnson, J.E. et Marshall, P.A. (2007). *Climate Change and the Great Barrier Reef: A Vulnerability Assessment*. Autorité du parc marin de la Grande Barrière de corail. http://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/bitstream/11017/3033/1/Johnson_Marshall_2007_CC_and_GBR_Vulnerability_Assessment.pdf
- Kareiva, P. et Marvier, M. (2012). What is conservation science? *BioScience* 62(11), 962-969. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.11.5>
- Keller, B.D., Gleason, D.F., McLeod, E., Woodley, C.M., Airamé, S., Causey, B.D. et al. (2009). Climate change, coral reef ecosystems, and management options for marine protected areas. *Environmental Management* 44(6), 1069-1088. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9346-0>
- Keohane, R.O. et Nye, J.S. (1977). *Power and Interdependence: World Politics in Transition*. Boston, Little, Brown. <http://www.worldcat.org/title/power-and-interdependence-world-politics-in-transition/oclc/2748258>
- Keohane, R.O. et Victor, D.G. (2011). The regime complex for climate change. *Perspectives on Politics* 9(1), 7-23. <https://doi.org/10.1017/S1537592710004068>
- Kokorsch, M. (2017). The tides they are a changin': Resources, regulation, and resilience in an Icelandic coastal community. *The Journal of Rural and Community Development* 12(2-3), 59-73. <http://journals.brandou.ca/jrcd/article/view/1400/320>
- Koolman, J., Mose, B., Stanley, R.D. et Trager, D. (2007). Developing an integrated commercial groundfish fishery for British Columbia: Insights gained about participatory management. Dans Heifetz, J., DiCosimo, J., Garret, A.J., Love, M.S., O'Connell, V.M. et Stanley, R.D. (dir.). *Biology, Assessment, and Management of North Pacific Rockfishes*. Fairbanks, University of Alaska, 353-366. <https://seagrant.uaf.edu/bookstore/pubs/AK-SG-07-01.html>
- Le Cornu, E., Doerr, A.N., Finkbeiner, E.M., Gourlie, D. et Crowder, L.B. (2017). Spatial management in small-scale fisheries: A potential approach for climate change adaptation in Pacific Islands. *Marine Policy* 88, 350-358. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.09.030>
- Legambiente ONLUS (2017). Stop plastic bags in the Mediterranean Area. Our Oceans, Our Future: Partnering for the Implementation of Sustainable Development Goal 14. New York, Nations Unies, 5-9 juin. <https://oceanconference.un.org/commitments/?id=15599>
- Levin, L.A., Mengerink, K., Gjerde, K.M., Rowden, A.A., Van Dover, C.L., Clark, M.R. et al. (2016). Defining « serious harm » to the marine environment in the context of deep-seabed mining. *Marine Policy* 74, 245-259. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.09.032>
- Li, W.C., Tse, H.F. et Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the Total Environment* 566-567, 333-349. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084>
- Liu, O.R., Thomas, L.R., Clemence, M., Fujita, R., Kritzer, J.P., McDonald, G. et al. (2016). An evaluation of harvest control methods for fishery management. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 24(3), 244-263. <https://doi.org/10.1080/23308249.2016.1161002>
- Loot, G., Aldana, M. et Navarrete, S.A. (2005). Effects of human exclusion on parasitism in intertidal food webs of central Chile. *Conservation Biology* 19(1), 203-212. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00396.x>
- Lucas, D.L., Kincl, L.D., Lovbjerg, V.E. et Lincoln, J.M. (2014). Application of a translational research model to assess the progress of occupational safety research in the international commercial fishing industry. *Safety Science* 64, 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.11.023>
- Mace, P.M., Sullivan, K.J. et Cryer, M. (2014). The evolution of New Zealand's fisheries science and management systems under ITQs. *ICES Journal of Marine Science* 71(2), 204-215. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst159>
- Madzema, A. et Lasiak, T. (1997). Spatial and temporal variations in beach litter on the Transkei coast of South Africa. *Marine Pollution Bulletin* 34(11), 900-907. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(97\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(97)00052-0)
- Marshall, P. et Schuttenberg, H. (2006). Adapting coral reef management in the face of climate change. Dans Phinney, J.T., Hoegh-Guldberg, O., Kleypas, J., Skirving, W. et Strong, A. (dir.). *Coral Reefs and Climate Change: Science and Management*. Washington, Union américaine de géophysique, chapitre 12, 223-241. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/61CF13>
- Martin, C.S., Tolley, M.J., Farmer, E., McOwen, C.J., Geffert, J.L., Scharlemann, J.P.W. et al. (2015). A global map to aid the identification and screening of critical habitat for marine industries. *Marine Policy* 53, 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.11.007>
- Matulich, S.C., Mittelhammer, R.C. et Rebete, C. (1996). Toward a more complete model of individual transferable fishing quotas: Implications of incorporating the processing sector. *Journal of Environmental Economics and Management* 31(1), 112-128. <https://doi.org/10.1006/jeem.1996.0035>
- McLeod, E., Salm, R., Green, A. et Almany, J. (2009). Designing marine protected area networks to address the impacts of climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(7), 362-370. <https://doi.org/10.1890/070211>
- Meltzoff, S.K., Lichtensztajn, Y.G. et Stotz, W. (2002). Competing visions for marine tenure and co-management: Genesis of a marine management area system in Chile. *Coastal Management* 30(1), 85-99. <https://doi.org/10.1080/08920750252692634>



- Merayo, E., Nielsen, R., Hoff, A. et Nielsen, M. (2018). Are individual transferable quotas an adequate solution to overfishing and overcapacity? Evidence from Danish fisheries. *Marine Policy* 87, 167-176. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.08.032>.
- Morrison, T. et Hughes, T. (2016). *Policy Information Brief 1: Climate Change and the Great Barrier Reef*. Gold Coast, National Climate Change Adaptation Research Facility. <https://www.nccarf.edu.au/synthesis/policy-information-brief-1-climate-change-and-great-barrier-reef>.
- Munari, C., Corbau, C., Simeoni, U. et Mistri, M. (2016). Marine litter on Mediterranean shores: Analysis of composition, spatial distribution and sources in north-western Adriatic beaches. *Waste Management* 49, 483-490. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.010>.
- Nelms, S.E., Ooombes, C., Foster, L.C., Galloway, T.S., Godley, B.J., Lindeque, P.K. et al. (2017). Marine anthropogenic litter on British beaches: A 10-year nationwide assessment using citizen science data. *Science of the Total Environment* 579, 1399-1409. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.137>.
- Nomura, K.J., Kaplan, D.M., Beckenstein, J. et Scheld, A.M. (2017). Comparative analysis of factors influencing spatial distributions of marine protected areas and territorial use rights for fisheries in Japan. *Marine Policy* 82, 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.005>.
- Obura, D. et Grimsditch, G. (2009). *Coral Reefs, Climate Change and Resilience: An Agenda for Action from the IUCN World Conservation Congress in Barcelona, Spain*. Gland : Union internationale pour la conservation de la nature. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2009-022.pdf>.
- Ocean Conservancy (2017). *Together for Our Ocean: International Coastal Cleanup 2017 Report*. <https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2017/06/International-Coastal-Cleanup-2017-Report.pdf>.
- Oceana (2016). *VME Protection: What is Needed? 40th Session of the General Fisheries Commission for the Mediterranean*. Madrid. https://eu.oceana.org/sites/default/files/factsheet_gfcm_vme_eng.pdf.
- Organisation de coopération et de développement économiques (2017). *Marine Protected Areas: Economics, Management and Effective Policy Mixes*. Paris. <http://www.cecd.org/env/marine-protected-areas-9789264276208-en.htm>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2008). *Étude comparative des lois et réglementations des pêches en Méditerranée*. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/3/a-y5890f.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2009). *Directives internationales sur la gestion de la pêche profonde en haute mer*. Rome. <http://www.fao.org/3/i/0816t/0816t.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2010). *Report of the FAO Workshop on the Implementation of the FAO International Guidelines for the Management of Deep-Sea Fisheries in the High Seas: Challenges and Ways Forward*. Rome. <http://www.fao.org/docrep/014/i2135e/i2135e00.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2016). *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016 : contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous*. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/3/a-i5555f.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2017). *Vulnerable Marine Ecosystems Database*. <http://www.fao.org/in-action/vulnerable-marine-ecosystems/vme-database/en/vme.html>.
- OSPAR Commission (2010). *Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area*. Londres: OSPAR Commission. https://www.ospar.org/ospar-data/10-02e-beachlitter%20guideline_english%20only.pdf.
- Ostrom, E. (2002). Managing resources in the global commons. *Journal of Business Administration and Policy Analysis* 30-31, 401-413. <https://www.questia.com/read/1G1-125338385/managing-resources-in-the-global-commons>.
- Oyanedel, R., Keim, A., Castilla, J.C. et Gelcich, S. (2018). Illegal fishing and territorial user rights in Chile. *Conservation Biology* 32(3), 619-627. <https://doi.org/10.1111/cobi.13048>.
- Oyanedel, R., Macy Humberstone, J., Shattenkirik, K., Rodriguez Van-Dyck, S., Joye Moyer, K., Poon, S. et al. (2017). A decision support tool for designing TURF-reserves. *Bulletin of Marine Science* 93(1), 155-172. <https://doi.org/10.5343/bms.2015.1095>.
- Parlement européen et Conseil de l'Union européenne (2008). *Directive 2008/56/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 juin 2008 établissant un cadre d'action communautaire dans le domaine de la politique pour le milieu marin (directive-cadre « stratégie pour le milieu marin »)*. Journal officiel de l'Union européenne. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0056&from=FR>.
- Pasquini, G., Ronchi, F., Strafella, P., Scarcella, G. et Fortibuoni, T. (2016). Seabed litter composition, distribution and sources in the Northern and Central Adriatic Sea (Mediterranean). *Waste Management* 58, 41-51. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.038>.
- Pêches et Océans Canada (2017). *Poissons de fond, région du Pacifique 2017 : résumé du plan de gestion intégrée des pêches*. Ottawa, Pêches et Océans Canada.
- Pfeiffer, L. et Gratz, T. (2016). The effect of rights-based fisheries management on risk taking and fishing safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(10), 2615-2620. <https://doi.org/10.1073/pnas.1509456113>.
- Pham, C.K., Diogo, H., Menezes, G., Porteiro, F., Braga-Henriques, A., Vandepierre, F. et al. (2014). Deep-water longline fishing has reduced impact on vulnerable marine ecosystems. *Scientific Reports* 4(4837). <https://doi.org/10.1038/srep04837>.
- Pinkerton, E. (2013). Alternatives to ITQs in equity-efficiency-effectiveness trade-offs: How the lay-up system spread effort in the BC halibut fishery. *Marine Policy* 42, 5-13. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.01.010>.
- Pinkerton, E. (2017). Hegemony and resistance: Disturbing patterns and hopeful signs in the impact of neoliberal policies on small-scale fisheries around the world. *Marine Policy* 80, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.11.012>.
- Pinkerton, E. et Edwards, D.N. (2009). The elephant in the room: The hidden costs of leasing individual transferable fishing quotas. *Marine Policy* 33(4), 707-713. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2009.02.004>.
- Pintassilgo, P. et Duarte, C.C. (2000). The new-member problem in the cooperative management of high seas fisheries. *Marine Resource Economics* 15(4), 361-378. <https://doi.org/10.1086/mre.15.4.42629331>.
- Plan d'action du Pacifique Nord-Ouest (2008). *NOWPAP Regional Action Plan on Marine Litter*. Plan d'action du Pacifique Nord-Ouest. <https://www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbe-2014-03/other/mcbe-2014-03-130-en.pdf>.
- Porcelli, A.M. (2017). Comparing bonding capital in New England groundfish and scallop fisheries: Differing effects of privatization. *Marine Policy* 84, 244-250. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.07.023>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016). *La mise en œuvre du Plan régional sur la gestion des déchets marins en Méditerranée*. Programme des Nations Unies pour l'environnement. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/6072/1/6ig22_28_22_10_fr.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement et Union internationale pour la conservation de la nature (2018). *World Database on Protected Areas (WOPA)*. Protected Planet. <https://www.protectedplanet.net/c/world-database-on-protected-areas>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement – Plan d'action pour la Méditerranée (2013). *Regional Plan for the Marine Litter Management in the Mediterranean*. Athènes, Programme des Nations Unies pour l'environnement – Plan d'action pour la Méditerranée. <https://www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbe-2014-03/other/mcbe-2014-03-120-en.pdf>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement – Plan d'action pour la Méditerranée (2014). *Mid-Term Evaluation of SAP/NAP Implementation*. Athènes, 26-28 mars 2014. <https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/45678/retrieve>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement – Plan d'action pour la Méditerranée (2015a). *1st Report of the Informal Online Working Group on Marine Litter*. Meeting of the Integrated Monitoring Correspondence Group, Athènes, 30 mars-1^{er} avril 2015. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17302/1/5wg411_inf10_eng.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement – Plan d'action pour la Méditerranée (2015b). *Approches pour l'estimation des coûts des Plans régionaux et des mesures juridiquement contraignantes adoptées par les Parties contractantes. Réunion régionale sur la mise en œuvre de méthodologies pour les programmes de mesures et l'analyse économique dans le cadre de la mise à jour des PAN*. Athènes, 11-13 mai 2015. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/6871/1/5wg414_4_fr.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement – Plan d'action pour la Méditerranée (2015c). *Évaluation des déchets marins en Méditerranée*. <https://oceans.taraxexpeditions.org/wp-content/uploads/2016/12/2015-e%CC%81valuation-de%CC%81chet-en-me%CC%81diterrane%CC%81e-pdf>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement – Plan d'action pour la Méditerranée (2016). *Integrated Monitoring and Assessment Programme of the Mediterranean Sea and Coast and Related Assessment Criteria (IMAP)*. Athènes, Programme des Nations Unies pour l'environnement – Plan d'action pour la Méditerranée. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10576/IMAP_Publication_2016.pdf.
- Rangel-Buitrago, N., Williams, A., Anfuos, G., Arias, M. et Gracia, C.A. (2017). Magnitudes, sources, and management of beach litter along the Atlantic department coastline, Caribbean coast of Colombia. *Ocean & Coastal Management* 138, 142-157. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.01.021>.
- Rech, S., Macaya-Caquilán, V., Pantoja, J.F., Rivadeneira, M.M., Madariaga, D.J. et Thiel, M. (2014). Rivers as a source of marine litter – A study from the SE Pacific. *Marine Pollution Bulletin* 82(1-2), 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.019>.
- Reyes, F.E. (1986). ¿Que pasó con el loco? Crónica de un colapso anunciado. *Revista Chile Pesquero*, 365.
- Rice, J. (2004). The British Columbia rockfish trawl fishery. Dans Swan, J. et Greboval, D. (dir.). *Report and Documentation of the International Workshop on the Implementation of International Fisheries Instruments and Factors of Unsustainability and Overexploitation in Fisheries*. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 161-187. <http://www.fao.org/temprep/docrep/fao/007/y5242e/y5242e01c.pdf>.
- Richards, L.J. (1994). Trip limits, catch, and effort in the British Columbia rockfish trawl fishery. *North American Journal of Fisheries Management* 14(4), 742-750. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1994\)014<0742:TLCAE1>2.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1994)014<0742:TLCAE1>2.CO;2).
- Rogers, A.D. et Gianni, M. (2010). *The Implementation of UNGA Resolutions 61/105 and 64/72 in the Management of Deep-Sea Fisheries on the High Seas*. Londres, Programme international sur l'état des océans. <http://www.savethehighseas.org/publicdocs/61105-implementation-finalreport.pdf>.
- Rosas, J., Dresdner, J., Chávez, C. et Quiroga, M. (2014). Effect of social networks on the economic performance of TURFs: The case of the artisanal fishermen organizations in Southern Chile. *Ocean & Coastal Management* 88, 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.11.012>.
- Rosevelt, C., Los Huertos, M., Garza, C. et Nevins, H.M. (2013). Marine debris in central California: Quantifying type and abundance of beach litter in Monterey Bay, CA. *Marine Pollution Bulletin* 71(1-2), 299-306. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.015>.
- Ruano-Chamorro, C., Subida, M.D. et Fernández, M. (2017). Fishers' perception: An alternative source of information to assess the data-poor benthic small-scale artisanal fisheries of central Chile. *Ocean & Coastal Management* 146, 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.06.007>.
- Sala, E., Lubchenco, J., Grorud-Colvert, K., Novelli, C., Roberts, C. et Sumalla, U.R. (2018). Assessing real progress towards effective ocean protection. *Marine Policy* 91(1), 11-13. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.02.004>.
- Santis, O. et Chávez, C. (2015). Quota compliance in TURFs: An experimental analysis on complementarities of formal and informal enforcement with changes in abundance. *Ecological Economics* 120, 440-450. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.11.017>.
- Santorio, C.M., Gayo, E.M., Carter, C., Standen, V.G., Castro, V., Valenzuela, D. et al. (2017). Loco or no loco? Holocene climatic fluctuations, human demography, and community based management of coastal resources in northern Chile. *Frontiers in Earth Science* 5, 474-416. <https://doi.org/10.3389/feart.2017.00077>.
- Santos, I.R., Friedrich, A.C. et Barretto, F.P. (2005). Overseas garbage pollution on beaches of northeast Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 50(7), 783-786. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.04.044>.
- Saunders, F.P., Gallardo-Fernández, G.L., Van Tuyen, T., Raemaekers, S., Marciniak, B. et Díaz Piá, R. (2016). Transformation of small-scale fisheries – Critical transdisciplinary challenges and possibilities. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 20, 26-31. <https://doi.org/10.1016/j.coesust.2016.04.005>.
- Secrétariat de l'Initiative du Triangle de Corail (2009). *Regional Plan of Action: Coral Triangle Initiative on Coral Reefs, Fisheries and Food Security (CT-CFF)*. <https://www.environment.gov.au/system/files/pages/f072279b-828c-4743-b08e-c039270aa7b2/files/ct-rpoa.pdf>.
- Selig, E.R., Kleisner, K.M., Ahoobim, O., Arocha, F., Cruz-Trinidad, A., Fujita, R. et al. (2016). A typology of fisheries management tools: Using experience to catalyse greater success. *Fish and Fisheries* 18(3), 543-570. <https://doi.org/10.1111/faf.12192>.
- Simard, F., Laffoley, D. et Baxter, J.M. (dir.) (2016). *Marine Protected Areas and Climate Change: Adaptation and Mitigation Synergies, Opportunities and Challenges*. Gland : Union internationale pour la conservation de la nature. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-067.pdf>.
- Stage, J., Christiernsson, A. et Söderholm, P. (2016). The economics of the Swedish individual transferable quota system: Experiences and policy implications. *Marine Policy* 66, 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.01.001>.
- Stainsby, J. (1994). « It's the Smell of Money »: Women shoreworkers of British Columbia. *BC Studies* 103, 59-81. <https://doi.org/10.14288/bcs.v103i1.931>.
- Steer, M. et Besley, M. (2016). The licence amalgamation scheme: Taming South Australia's complex multi-species, multi-gear marine scalefish fishery. *Fisheries Research* 183, 625-633. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.05.008>.



- Stefatos, A., Charalampakis, M., Papatheodorou, G. et Ferentinos, G. (1999). Marine debris on the seafloor of the Mediterranean Sea: Examples from two enclosed gulfs in Western Greece. *Marine Pollution Bulletin* 38(5), 389-393. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(98\)00141-6](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(98)00141-6)
- Stolton, S., Hockings, M., Dudley, N., MacKinnon, K., Whitten, T. et Leverington, F. (2007). *Management Effectiveness Tracking Tool: Reporting Progress at Protected Area Sites*. 2^e éd., Gland : WWF International. http://assets.panda.org/downloads/mett2_final_version_july_2007.pdf
- Sumaila, U.R. (2010). A cautionary note on individual transferable quotas. *Ecology and Society* 15(3). <https://doi.org/10.5751/ES-03391-150336>
- Syakti, A.D., Bouhroum, R., Hidayati, N.V., Koenawan, C.J., Boulkamh, A., Sulisty, I. et al. (2017). Beach macro-litter monitoring and floating microplastic in a coastal area of Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 122(1-2), 217-225. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.046>
- Tam, J., Chan, K.M.A., Satterfield, T., Singh, G.G. et Gelcich, S. (2018). Gone fishing? Intergenerational cultural shifts can undermine common property co-managed fisheries. *Marine Policy* 90, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.01.025>
- Thøgersen, T., Eigaard, O.R., Fitzpatrick, M., Mardle, S., Andersen, J.L. et Haraldsson, G. (2015). Economic gains from introducing international ITQs – The case of the mackerel and herring fisheries in the Northeast Atlantic. *Marine Policy* 59, 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.05.002>
- Tomás, J., Guitart, R., Mateo, R. et Raga, J.A. (2002). Marine debris ingestion in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, from the Western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin* 44(3), 211-216. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00236-3](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00236-3)
- Turris, B.R. (2000). A comparison of British Columbia's ITQ fisheries for groundfish trawl and sablefish: Similar results from programmes with differing objectives, designs and processes. Dans Shotton, R. (dir.), *Use of Property Rights in Fisheries Management*. Fremantle (Australie-Occidentale), Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 254-261. <http://www.fao.org/3/a-x7579e.pdf>
- Unger, A. et Harrison, N. (2016). Fisheries as a source of marine debris on beaches in the United Kingdom. *Marine Pollution Bulletin* 107(1), 52-58. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.024>
- Union internationale pour la conservation de la nature (2017). *Red List of Ecosystems*. <https://www.iucn.org/theme/ecosystem-management/our-work/red-list-ecosystems>
- Université de la Colombie-Britannique (2017). *Canada's Pacific Groundfish Trawl Fishery: Ecosystem Conflicts*. Université de la Colombie-Britannique. <http://cases.open.ubc.ca/canada-pacific-groundfish-trawl/>
- van der Velde, T., Milton, D.A., Lawson, T.J., Wilcox, C., Lansdell, M., Davis, G. et al. (2017). Comparison of marine debris data collected by researchers and citizen scientists: Is citizen science data worth the effort? *Biological Conservation* 208, 127-138. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.025>
- Van Holt, T. (2012). Landscape influences on fisher success: Adaptation strategies in closed and open access fisheries in southern Chile. *Ecology and Society* 17(1), 28. <https://doi.org/10.5751/ES-04608-170128>
- van Hoof, L. (2013). Design or pragmatic evolution: Applying ITQs in EU fisheries management. *ICES Journal of Marine Science* 70(2), 462-470. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fss189>
- van Oppen, M.J.H., Gates, R.D., Blackall, L.L., Cantin, N., Chakravarti, L.J., Chan, W.Y. et al. (2017). Shifting paradigms in restoration of the world's coral reefs. *Global Change Biology* 23(9), 3437-3448. <https://doi.org/10.1111/gcb.13647>
- van Oppen, M.J.H., Oliver, J.K., Putnam, H.M. et Gates, R.D. (2015). Building coral reef resilience through assisted evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(8), 2307-2313. <https://doi.org/10.1073/pnas.1422301112>
- Velander, K. et Mocogni, M. (1999). Beach litter sampling strategies: Is there a 'best' method? *Marine Pollution Bulletin* 38(12), 1134-1140. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00143-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00143-5)
- Villanueva-Poot, R., Seijo, J.C., Headley, M., Arce, A.M., Sosa-Cordero, E. et Lluch-Cota, D.B. (2017). Distributional performance of a territorial use rights and co-managed small-scale fishery. *Fisheries Research* 194, 135-145. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.06.005>
- Vincent, A., Drag, N., Lyandres, O., Neville, S. et Hoellein, T. (2017). Citizen science datasets reveal drivers of spatial and temporal variation for anthropogenic litter on Great Lakes beaches. *Science of the Total Environment* 577, 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.113>
- Waldo, S. et Paulrud, A. (2012). ITQs in Swedish demersal fisheries. *ICES Journal of Marine Science* 70(1), 68-77. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fss141>
- Waldo, S., Berndt, K., Hammarlund, C., Lindegren, M., Nilsson, A. et Persson, A. (2013). Swedish coastal herring fisheries in the wake of an ITQ system. *Marine Policy* 38, 321-324. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.06.008>
- Wallace, S., Turris, B., Driscoll, J., Bodtker, K., Mose, B. et Munro, G. (2015). Canada's Pacific groundfish trawl habitat agreement: A global first in an ecosystem approach to bottom trawl impacts. *Marine Policy* 60, 240-248. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.06.028>
- Wiff, R., Quiroz, J.C., Neira, S., Gacitúa, S. et Barrientos, M.A. (2016). Chilean fishing law, maximum sustainable yield, and the stock-recruitment relationship. *Latin American Journal of Aquatic Research* 44(2), 380-391. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/lajar/v44n2/art19.pdf>
- Wilen, J.E., Cancino, J. et Uchida, H. (2012). The economics of territorial use rights fisheries, or TURFs. *Review of Environmental Economics and Policy* 6(2), 237-257. <https://doi.org/10.1093/reep/res012>
- Williams, A.T., Randerson, P., Di Giacomo, C., Anfuso, G., Macias, A. et Perales, J.A. (2016). Distribution of beach litter along the coastline of Cádiz, Spain. *Marine Pollution Bulletin* 107(1), 77-87. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.015>
- Willoughby, N.G., Sangkoyo, H. et Lakaseru, B.O. (1997). Beach litter: An increasing and changing problem for Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 34(6), 469-478. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(96\)00141-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(96)00141-5)
- Windle, M.J.S., Neis, B., Bornstein, S., Binkley, M. et Navarro, P. (2008). Fishing occupational health and safety: A comparison of regulatory regimes and safety outcomes in six countries. *Marine Policy* 32(4), 701-710. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2007.12.003>
- Yoshino, K. (2017). TURFs in the post-quake recovery: Case studies in Sanriku fishing communities, Japan. *Marine Policy* 86, 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.08.029>
- Zúñiga, S., Ramírez, P. et Valdebenito, M. (2008). Situación socioeconómica de las áreas de manejo en la región de Coquimbo, Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research* 36(1), 63-81. https://www.researchgate.net/publication/250278099_Situacion_socioeconomica_de_las_areas_de_manejo_en_la_region_de_Coquimbo_Chile







Les politiques de protection des terres et des sols



Auteurs coordonnateurs : Klaus Jacob (université libre de Berlin), Peter King (Institute for Global Environmental Strategies) et Diana Mangalagu (université d'Oxford et Neoma Business School)

Auteurs principaux : Pandi Zdruli (Institut agronomique méditerranéen de Bari [CIHEAM-Bari]), Katharina Helming (Centre de recherche de Leibniz sur le paysage agricole [ZALF]), Andrew Onwuemele (Institut nigérian pour la recherche sociale et économique [NISER]) et Leila Zamani (Ministère de l'Environnement de l'Iran)

Membres honoraires de GEO : Darshini Ravindranath (University College London) et Hung Vo (université Harvard)



Synthèse

Qu'elles soient à l'état d'ébauche ou clairement établies, les politiques de protection des terres diffèrent d'une région ou d'un pays à l'autre (*établi, mais incomplet*). Toutefois, leur mise en œuvre comporte de nombreuses lacunes. Souvent, les politiques nationales de développement socio-économique (par exemple, les incitations économiques au développement de l'agriculture, de la bioénergie et de l'urbanisation) négligent les effets secondaires liés à la dégradation des terres. Tant que la croissance économique ne sera pas découplée de la dégradation de l'environnement, l'utilisation et la gestion durables des terres nécessiteront des cadres politiques reposant sur la mise en œuvre d'une gouvernance intersectorielle de la gestion des terres, en particulier dans les pays en développement. Dans le présent chapitre, nous analysons l'efficacité des politiques et des approches stratégiques ayant trait aux dynamiques à l'œuvre en matière de qualité des terres à travers cinq études de cas qui se distinguent par la variété des contextes socio-économiques et physiques et des méthodes de gestion adoptées. Cette analyse a pour but de mettre au point des messages destinés aux décideurs qui ont à traiter des questions foncières complexes dans un contexte marqué par des intérêts concurrents et par la rareté des ressources. {15.4}

La dégradation des terres risque de s'accroître tant que des cadres stratégiques efficaces de gestion des terres et des sols n'auront pas été mis en place aux niveaux national et international (*établi, mais incomplet*). Le commerce mondial et l'acquisition des terres (notamment leur accaparement) ont des conséquences directes sur les moyens de subsistance des populations locales et sur les marchés alimentaires internationaux. {15.1, 15.2}

La dégradation des terres et l'absence de politiques d'intervention risquent de renforcer les phénomènes migratoires dans certaines régions (*bien établi*). Selon la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques, à l'horizon 2050, environ quatre milliards de personnes vivront dans des zones arides et, d'ici là, il est probable que la dégradation des terres et le changement climatique forcent entre 50 et 700 millions de personnes à migrer. Il en résultera des difficultés accrues pour la plupart des régions d'Afrique, d'Asie du Sud, du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord, qui seront touchées par une croissance démographique rapide, par la faiblesse du produit intérieur brut (PIB) par habitant, par le manque d'opportunités en matière d'expansion agricole, par l'exacerbation du stress hydrique et par de lourdes pertes de biodiversité. {15.1}

Il est possible de prévenir la dégradation des terres et la désertification en tenant compte des conditions sociales, économiques et politiques locales (*bien établi*). Les pratiques relevant de la gestion durable des terres peuvent inverser les processus de désertification, même les plus graves. Cependant, la mise en œuvre de telles pratiques nécessite un cadre stratégique favorisant la participation des populations locales et le versement de compensations financières par l'intermédiaire de fonds publics ou de partenariats public-privé, voire sous la forme de financements directs et exclusivement pris en charge par le secteur privé. Toutefois, ces incitations sont propres à chaque pays et dépendent des ressources financières disponibles. {15.2.1}

La terre est une source essentielle de fonctions et de services écosystémiques. Par conséquent, le changement d'affectation des terres constitue le principal facteur direct de la perte de services écosystémiques et de biodiversité (*bien établi*). En 2017, les pertes mondiales de services écosystémiques dues à la dégradation des terres étaient estimées entre 6,3 et 10,6 billions de dollars des États-Unis par an, soit 10 à 17 % du PIB mondial

(63 billions de dollars É.-U. en 2010). À l'inverse, la mise en œuvre de politiques de gestion durable des terres susceptibles de mettre un terme à la dégradation des terres et d'inverser les tendances actuelles pourrait générer jusqu'à 1,4 billion de dollars É.-U. par an en avantages économiques. {15.2 ; 15.2.2}

Les cadres de politique foncière visant à lutter contre la contamination des sols et ses conséquences sur la santé humaine sont incomplets et trop dispersés (*établi, mais incomplet*). Le principe du pollueur-payeur n'est pas appliqué à grande échelle et les coûts liés à l'assainissement de l'environnement empêchent sa mise en œuvre, même dans les pays développés. Le manque de connaissances et de données renforce cette situation. Par conséquent, afin de sauvegarder la santé publique, ce principe doit faire l'objet d'un processus de révision ou d'un engagement ferme de la part des pouvoirs publics (locaux, régionaux et nationaux). La contamination des terres par des métaux lourds, des pesticides, des polluants organiques et d'autres substances toxiques menace gravement les êtres humains, car ces substances sont absorbées par des végétaux consommés dans l'alimentation. Ces effets sont encore plus graves dans les pays en développement, qui sont confrontés à un manque de ressources financières et d'expertise pour lutter contre la pollution des sols. {15.2.3, 15.2.4}

La gestion durable des terres constitue un levier d'action majeur pour atténuer les changements climatiques, car elle améliore la séquestration du carbone dans le sol (*bien établi*). Cela explique la reconnaissance internationale accrue dont a bénéficié la politique de protection des terres et des sols dans le cadre des négociations sur le changement climatique de la 21^e Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (COP 21 de la CCNUCC) qui s'est tenue à Paris en 2015, lorsque le Gouvernement français a lancé l'initiative « 4 pour 1000 ». Cette initiative promeut l'amélioration de la qualité des sols, la séquestration du carbone et la conservation des sols grâce à des pratiques agricoles améliorées, qui atténuent les changements climatiques. {15.3.1, 15.4}

Les modes de vie marqués par une forte consommation, en particulier dans les économies développées, le gaspillage alimentaire et les forts taux de croissance démographique ont des répercussions négatives sur la terre et ses ressources (*établi, mais incomplet*). À l'horizon 2050, l'intensification de l'agriculture liée à l'augmentation de la demande de denrées alimentaires et de biocarburants devrait entraîner le doublement de la production de biomasse. Les politiques adoptées doivent favoriser une intensification durable grâce à des pratiques agricoles de conservation permettant d'atténuer les effets néfastes de ce phénomène sur l'environnement et la santé des sols. {15.2.4}

La planification de l'utilisation du sol, l'utilisation durable des ressources foncières et la gestion durable des terres offrent des solutions permettant de trouver un équilibre entre production et protection de l'environnement (*bien établi*). Les pratiques d'intensification durable s'efforcent de combiner l'accroissement des rendements des cultures avec le maintien de la fertilité des sols et une utilisation plus efficace de l'eau. Les gains liés à la mise en œuvre de politiques mondiales favorisant la gestion durable des terres peuvent atteindre jusqu'à 75,6 billions de dollars É.-U. par an. Parmi bien d'autres pratiques de gestion durable des terres, l'agriculture de conservation fondée sur le semis direct offre un bon exemple des technologies susceptibles de préserver la qualité des terres, d'améliorer la séquestration du carbone dans le sol, d'atténuer les effets des changements climatiques, de protéger la biodiversité et de maintenir la productivité. Cependant,

le déploiement de ces technologies nécessite la mise en œuvre d'un ensemble de politiques, d'analyses économiques, de données scientifiques et d'incitations agricoles, notamment au profit des petits propriétaires terriens, en particulier dans les pays en développement. {15.2.4}

La gestion et la restauration des terres, ainsi que les politiques foncières, doivent être adaptées aux conditions locales (*bien établi*). L'expérience démontre qu'une approche universelle ne permet pas de promouvoir la gestion durable des terres partout dans le monde. En effet, le succès de la mise en œuvre des politiques dépend d'un certain nombre de facteurs reposant sur une approche globale intégrée et adaptée aux caractéristiques socio-économiques et naturelles locales, sur une gouvernance satisfaisante et sur l'implication des parties prenantes. {15.2.4, 15.2.5}

La mise en œuvre de mesures idoines permettant de lutter contre la dégradation des terres et de soutenir les politiques de gestion durable des terres a un effet direct sur les moyens de subsistance de millions d'individus, partout à travers le monde (*bien établi*). Cet impératif deviendra de plus en plus difficile et coûteux à satisfaire si aucune mesure d'urgence n'est adoptée. Malheureusement, on constate encore un manque de

compréhension entre les consommateurs et les écosystèmes dont ils dépendent pour leur alimentation et d'autres produits essentiels. {15.5}

La terre est une ressource limitée soumise à des pressions humaines, en particulier du fait de l'urbanisation effrénée (*établi, mais incomplet*). Une expansion urbaine chaotique a été observée dans le monde entier, principalement sur des terres fertiles et productives. D'ici à 2050, environ 80 % des sols productifs risquent de disparaître, car chaque année, environ 20 millions d'hectares de terres agricoles sont convertis en aménagements urbains et industriels. Les zones côtières sont celles qui souffrent le plus de cette situation. Il est donc impératif que les politiques d'utilisation du sol définissent une répartition appropriée des ressources foncières permettant d'arbitrer des intérêts concurrents. Étant donné le rôle majeur que jouent les villes dans le changement d'affectation des terres, il appartient aux urbanistes de coordonner leur action avec les nombreuses parties prenantes concernées, notamment au sein de la société civile, et de mettre en place des partenariats public-privé permettant de garantir un aménagement durable du territoire, la cohérence des politiques adoptées et des processus de mise en œuvre et de résolution des conflits au profit des zones urbaines et de systèmes alimentaires responsables. {4.2.5, 15.3.3}





15.1 Introduction

Comme indiqué au chapitre 8, la gestion des terres est un enjeu crucial au regard du thème « Une planète saine pour des populations en bonne santé » et dans le cadre des efforts déployés, à l'échelle mondiale, en faveur du développement durable. Par conséquent, la gestion durable des terres (GDT) est essentielle pour promouvoir et maintenir la grande diversité des apports de la nature à la vie des populations, mais aussi pour lutter contre la pauvreté et la faim.

Au niveau international, les objectifs de développement durable (ODD) mettent l'accent sur la nécessité de promouvoir la GDT auprès des différentes parties prenantes en vue de protéger les écosystèmes naturels menacés de disparition, notamment sous l'effet de catastrophes naturelles induites par les changements climatiques. L'ODD 15 est en lien direct avec l'analyse présentée au chapitre 8. En outre, la cible 15.3 des ODD se concentre sur la gestion des terres et préconise la mise en œuvre de mesures de protection afin de parvenir à un monde sans dégradation des sols. Bien qu'elle soit explicitement citée dans cette cible 15.3, la gestion des terres joue également un rôle primordial dans la sécurité alimentaire (ODD 2) et l'action climatique (ODD 13), en plus des nombreux liens qu'elle entretient avec les ODD 1, 3, 6, 7, 11 et 12 (**figure 15.1**).

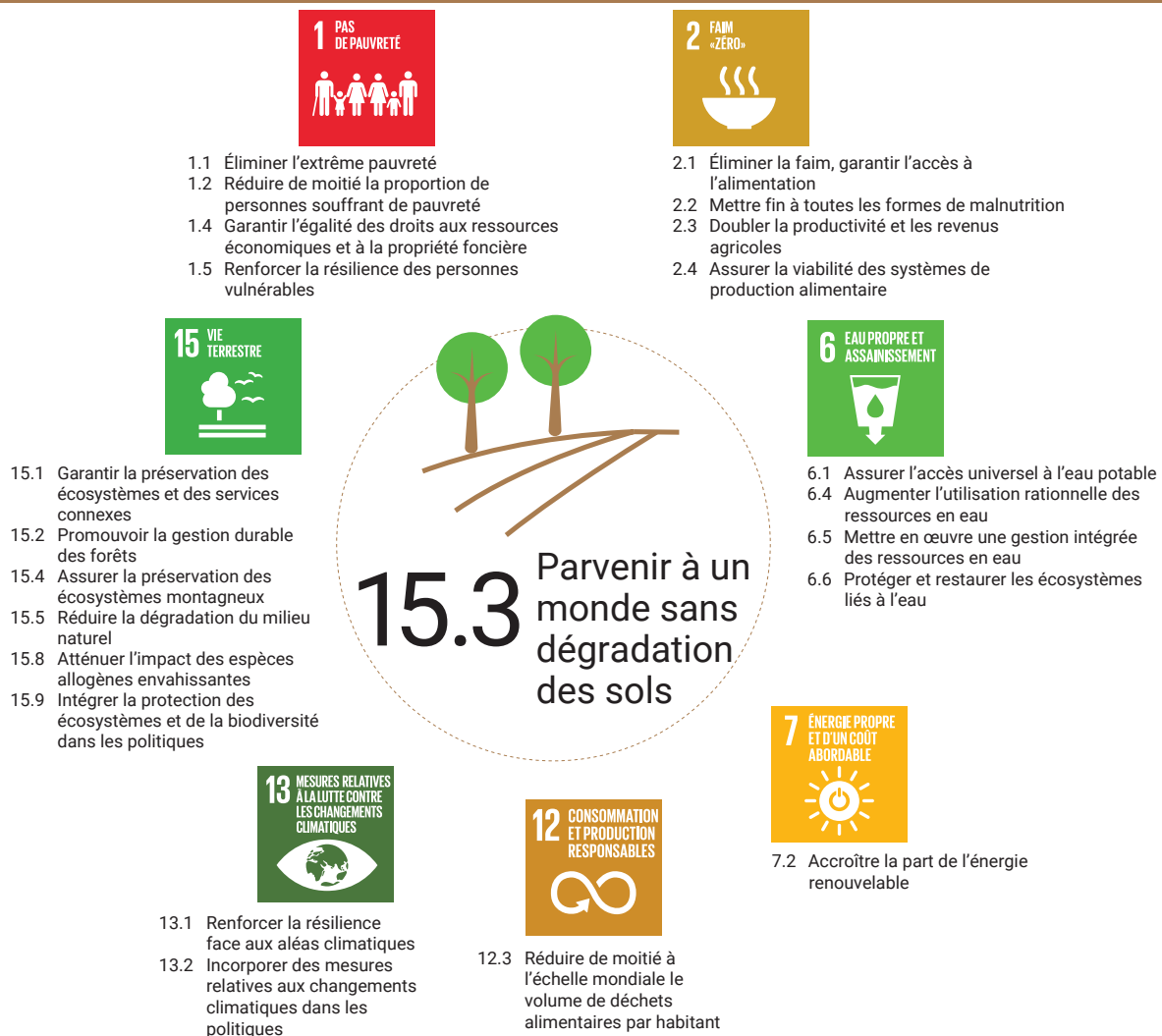
Des mesures ont été prises aux niveaux mondial, régional et international afin de répondre aux forces motrices et aux pressions sous-jacentes (voir le chapitre 2) qui s'exercent sur les terres et sur leurs ressources en raison de la croissance démographique, de l'urbanisation, du développement économique, de la technologie, de



Encadré 15.1 : Les concepts de terre et de sol

Les notions de terre et de sol ne sont pas synonymes. En effet, la terre représente la partie solide de l'écorce terrestre de la planète Terre qui n'est pas immergée en permanence et qui offre un ensemble infini de services et de fonctions allant de la production de biomasse aux habitats urbains. Elle comprend le sol, la végétation, les autres biotes et les processus écologiques et hydrologiques qui s'y déroulent. Le sol est la matière non consolidée présente à la surface de la Terre, qui est composée de particules minérales, de matières organiques, d'eau, d'air et d'organismes vivants qui interagissent simultanément au fil du temps. Les processus écologiques du sol assurent la production de biomasse, le cycle des éléments nutritifs, la séquestration du carbone, la filtration et l'effet tampon de l'eau, le refroidissement et l'accueil de la biodiversité.

Figure 15.1 : Liens entre la cible 15.3 de l'ODD relatif à la gestion des terres et les autres ODD



Source : Akhtar-Schuster *et al.* (2017).

l'innovation et des changements climatiques. À l'échelle mondiale, plusieurs mesures ont été mises en œuvre, en lien direct ou indirect avec la gestion durable des terres et des sols (voir **tableau 15.1**).

Le présent chapitre donne un aperçu complet des politiques en vigueur en matière de protection des sols et des terres, ainsi que des lacunes constatées, notamment en termes de cohésion, de mise en œuvre et d'efficacité globale. Les sections ci-dessous présentent des études de cas portant sur les instruments juridiques et stratégiques, les outils et incitations économiques, ainsi que les politiques et les programmes mis en œuvre dans différents pays. Ces études de cas ont été sélectionnées selon des critères tels que l'équilibre régional, la diversité des échelles spatiales, le type de politiques ou de dispositifs de gouvernance en vigueur, ou encore la pertinence au regard de la situation et des tendances en matière de ressources foncières telles qu'elles sont décrites au chapitre 8 du présent rapport.

15.2 Les principales politiques et approches de gouvernance

Le **tableau 15.2** donne un aperçu des principales politiques en vigueur et des études de cas correspondantes. Les situations étudiées reflètent la diversité des forces motrices, des secteurs économiques et des processus qui influent sur la dégradation des terres. Elles illustrent les différents moyens d'intervention disponibles et la diversité des échelles spatiales et des délais de mise en œuvre correspondants. Bien qu'elles permettent d'aborder d'importants facteurs de dégradation des terres et les approches



Tableau 15.1 : Jalons récents en matière de gouvernance foncière et de développement durable

Année	Jalon
1981	Charte mondiale des sols de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2015)
1988	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)
1992	Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement
	Déclaration de Rio
	Action 21
	Fonds pour l'environnement mondial
	Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD)
	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)
	Convention sur la diversité biologique (CDB)
1997	Protocole de Kyoto
2000	Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD)
2005	Évaluation des écosystèmes pour le millénaire
2008	Initiative pour la neutralité en matière de dégradation des terres de la CNULCD
2011	Lancement du Partenariat mondial sur les sols (FAO/Union européenne)
2012	Rio+20
2015	ODD et Programme de développement durable à l'horizon 2030
	Groupe technique intergouvernemental sur les sols (ITPS) du Partenariat mondial sur les sols
	Intégration des terres et des sols dans le Groupe de travail ouvert intergouvernemental sur les ODD
	Partenariats régionaux du Partenariat mondial sur les sols
	Année internationale des sols déclarée par l'Assemblée générale des Nations Unies
	Économie de la dégradation des terres
	Accord de Paris de la CCNUCC
2017	Plan stratégique des Nations Unies sur les forêts (2017-2030) (Conseil économique et social des Nations Unies)
	Directives volontaires pour une gestion durable des sols de la FAO
2018	Fonds pour la neutralité en matière de dégradation des sols de la CNULCD : partenariat public-privé pour un financement mixte

**Tableau 15.2 : Typologie des approches de gouvernance et des moyens d'intervention décrits dans le présent chapitre**

Approche de gouvernance	Moyen(s) d'intervention	Études de cas
Combinaison de politiques : contrainte et incitations économiques	Programmes de financement et mise en place de normes pour optimiser les pratiques de gestion	Renforcement de la gestion des investissements directs étrangers et des mesures de sauvegarde sociales et environnementales au Laos
Combinaison de politiques : contrainte et incitations économiques	Planification et subventions pour la lutte contre la désertification	Projet de la Grande Muraille verte en Chine
Contrainte	Mise en place de valeurs seuils pour la politique d'assainissement des sites contaminés	Revalorisation des sols contaminés par l'agent orange au Vietnam
Promotion de l'innovation	Prestation de services de conseil et constitution de réseaux pour l'innovation agricole	Agriculture de conservation et semis direct en Australie
Renforcement des capacités des acteurs	Création d'un réseau de parties prenantes au service de systèmes alimentaires responsables et d'une réduction des déchets alimentaires	Pacte de politique alimentaire urbaine de Milan

stratégiques correspondantes, les études de cas laissent de côté deux points clés, mentionnés au chapitre 8 : d'une part, les régimes fonciers précaires et les problèmes d'accaparement des terres (section 8.5.3) ; d'autre part, les téléconnexions et les répercussions que peut avoir la consommation de produits de la terre (aliments, bioénergie) dans un pays sur l'épuisement des ressources foncières dans d'autres pays (section 8.4.1). Ces deux questions influent considérablement sur la dimension sociale des impacts de la dégradation des terres (Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques [IPBES], 2018a).

15.2.1 Les programmes de financement et l'établissement de normes pour optimiser les pratiques de gestion

La gestion durable des terres est fortement influencée par la diversité des cadres stratégiques en vigueur dans chaque pays et région. L'un des principaux facteurs d'influence tient au changement d'affectation des terres, qui a des conséquences économiques et environnementales distinctes. Les gains économiques sont souvent à l'origine d'une dégradation de l'environnement et les bénéficiaires profitent rarement à l'ensemble des parties prenantes (Castella *et al.*, 2013). L'étude de cas ci-dessous examine cette dynamique.

Étude de cas : le renforcement de la gestion des investissements directs étrangers et des mesures de sauvegarde sociales et environnementales au Laos

Les investissements étrangers au Laos ont un impact direct sur la croissance économique du pays et représentent plus de 50 % du produit intérieur brut (PIB). Toutefois, ils posent également de graves problèmes environnementaux, car le pays connaît un épuisement généralisé de ses forêts depuis les années 1980. Ces forêts, qui couvraient près de 50 % du territoire national en 1982 (Phompila *et al.*, 2017), ont ensuite connu un recul et ne représentaient plus que 41,5 % des terres en 2013.

Un certain nombre de facteurs ont influé sur le déclin des forêts (FAO, 2010). Ces facteurs découlent principalement d'activités économiques telles que la conversion de terres forestières à des fins agricoles (principalement sous la forme de cultures commerciales) et l'étalement urbain associé à l'expansion des infrastructures et à la production hydroélectrique. Parmi les différentes causes de ce processus de déforestation, on peut également citer la chasse et l'exploitation forestière incontrôlées, ainsi que le déboisement de zones forestières converties en pâturages (Programme des Nations Unies pour le développement [PNUD], 2014). Les activités économiques découlant de la conversion des terres forestières à des fins agricoles ont multiplié par 50 le nombre de transactions foncières au Laos entre 2000 et 2009 (Schonweger *et al.*, 2012). En mars 2018, la valeur des projets d'investissements étrangers et nationaux approuvés dépassait 29 milliards de dollars É.-U. À l'exception de 3,9 milliards de dollars É.-U., cette somme était entièrement issue

d'investissements étrangers (8,5 milliards de dollars É.-U.) ou de coentreprises (16,6 milliards de dollars É.-U.) (Initiative Pauvreté-Environnement du PNUD et du Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE], PNUD et PNUE, 2018).

Les investissements dans les concessions agricoles constituent le deuxième type de concessions foncières le plus important. Entre 1990 et 2007, la superficie des plantations, notamment d'hévéa, a augmenté de façon spectaculaire, passant de 1 000 à plus de 200 000 hectares (Phimmavong *et al.*, 2009). En 2012, ces plantations s'étendaient sur plus de 330 000 hectares. Une première étude a révélé que 85 % des investissements affectés aux concessions agricoles provenaient de l'étranger, les cinq sources les plus importantes étant la Chine (environ 50 %), la Thaïlande, le Vietnam, la Corée du Sud et l'Inde (Wellmann, 2012). Les estimations de la superficie octroyée aux seules concessions foncières varient entre 330 000 et 3,5 millions d'hectares, mais le gouvernement préfère s'appuyer sur une estimation plus prudente de 1,1 million d'hectares. Cette superficie équivaut à 5 % du territoire national, soit 18 % de plus que la totalité des terres arables du Laos (Global Witness, 2013). Au Laos, 13 % des villages abritent au moins une concession (Wellmann, 2012).

De vastes portions de terres communales sont encore dépourvues de titres d'occupation et livrées aux ambitions des grandes entreprises étrangères, dont la politique d'acquisition de terres au Laos s'est renforcée. Malheureusement, à travers ce processus, les populations locales sont exposées à une pauvreté d'un genre nouveau et dépendent de ces nouveaux investisseurs pour tous leurs besoins de base (Messerli *et al.*, 2015). Dans un cas, l'octroi d'une concession foncière à une entreprise vietnamienne d'hévéaculture a entraîné le déplacement de 25 villages et les communautés locales ont été privées d'accès aux ressources naturelles sur lesquelles reposaient leurs moyens de subsistance (PNUD et PNUE, 2013).

Entre 2009 et 2015, à l'invitation du Gouvernement du Laos, le PNUD et le PNUE ont lancé conjointement l'Initiative pauvreté-environnement, destinée à répondre aux difficultés liées à la mise en valeur durable de l'environnement et des ressources naturelles. Il s'agissait d'aider le Gouvernement à élaborer des outils permettant d'éclairer le processus de promotion, de sélection, d'approbation, de suivi et de vérification de la conformité des investissements. Cette initiative a également renforcé la capacité des institutions à collaborer avec les communautés concernées et à faire face aux effets indésirables, à la fois sociaux et environnementaux, liés aux investissements qui ciblent les principaux secteurs fondés sur l'exploitation des ressources naturelles. Le **tableau 15.3** propose une synthèse des critères d'évaluation adoptés.

En 2016, l'Initiative pauvreté-environnement menée conjointement par le PNUD et le PNUE a fait l'objet d'une évaluation indépendante qui a attribué une note « très satisfaisante » à sa performance. L'efficacité de ce cadre juridique équitable et complet est toutefois

**Tableau 15.3 : Résumé des critères d'évaluation des investissements étrangers**

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Parmi les critères permettant d'évaluer le succès d'un investissement, on peut notamment citer : les avantages tirés de l'Initiative pauvreté-environnement (premier système de qualité pour une gestion des investissements écologique et favorable aux populations défavorisées) ; l'évaluation des opportunités en matière de développement ; une meilleure compréhension des effets positifs et négatifs liés aux investissements ; une bonne connaissance du degré de conformité des investisseurs ; une redevabilité accrue ; l'introduction du concept de « croissance verte ». Des activités de formation et de renforcement des capacités ont été organisées, mais plusieurs parties prenantes locales et nationales ne disposent pas des outils nécessaires pour comprendre le fonctionnement d'un système équitable de gestion des investissements et pour le mettre en œuvre. Malgré les activités de renforcement des capacités proposées, ainsi que la bonne volonté et la reconnaissance des fonctionnaires, les capacités des pouvoirs publics demeurent hétérogènes et continuent de poser problème. La question de l'attribution des responsabilités liées à la gestion des investissements n'est toujours pas résolue.	Tavera, 2015
Indépendance de l'évaluation	L'évaluation de cette expérience au Laos s'inscrit dans le cadre de l'évaluation indépendante à mi-parcours de l'Initiative. La phase I (2009-2012) et la phase II (2012-2015) ont été évaluées par un consultant indépendant, à la demande du bureau de pays du PNUD.	
Acteurs clés	L'équipe de pays de l'Initiative pauvreté-environnement a travaillé en étroite collaboration avec l'Assemblée nationale du Laos, le ministère du Plan et de l'Investissement, le Service d'évaluation de l'impact environnemental et social, le ministère des Ressources naturelles et de l'Environnement, le Service de promotion de l'investissement et l'Institut national de recherche économique.	
Données de référence	Au cours de la décennie précédant le lancement du programme en 2011, le taux de croissance annuel moyen du PIB était de 7,9 % (Ministère du Plan et de l'Investissement, 2011), tandis que le taux de pauvreté s'élevait à 27 % en 2007 (Banque mondiale, 2010). En 2010, le Laos avait un PIB par habitant de 1 101 dollars É.-U.	
Délai d'exécution	La phase I s'est déroulée entre 2009 et 2012 et la phase II entre 2012 et 2015. La présente étude de cas ne couvre pas la phase III (2016-2018).	
Facteurs limitants	Il est urgent de sensibiliser l'Assemblée nationale aux interactions entre pauvreté et environnement, et de renforcer ses capacités afin d'améliorer l'efficacité de son travail normatif. Le personnel technique de l'Assemblée nationale a reçu une formation relative à la conformité, mais les efforts de l'Initiative en matière de renforcement des capacités restent limités et doivent être poursuivis et élargis. Ces efforts doivent notamment être étendus au niveau ministériel et, surtout, local, une condition essentielle au processus de mise en œuvre, mais souvent difficile à atteindre. Il convient d'améliorer la coordination interministérielle et verticale (notamment avec les provinces) pour parvenir à un développement intégré et à une gestion équitable des investissements.	
Facteurs habilitants	L'engagement et la participation du gouvernement constituent d'importants facteurs habilitants, notamment pour l'Assemblée nationale, mais aussi pour le Service de la promotion de l'investissement et les ministères dont le mandat a un lien avec le développement (la participation du ministère du Plan et de l'Investissement a joué un rôle déterminant). Les efforts déployés par l'Initiative ont permis de faciliter l'échange d'informations et de renforcer la prise de conscience du lien entre pauvreté et environnement parmi les responsables et le personnel de référence, ce qui a permis à ces derniers de faire de la gestion équitable des investissements une priorité. L'amélioration des évaluations et de la gestion des données relatives aux investissements a commencé à éclairer la prise de décision et l'analyse des investissements et de leurs avantages économiques éventuels pour les communautés.	
Coût-efficacité	À l'avenir, les investissements directs étrangers devraient constituer le moteur du développement du pays et représenter une part importante de son PIB. Leur bonne gestion contribue de manière significative à une croissance économique durable et équitable.	
Équité	La gestion des investissements directs étrangers a une influence directe sur le respect de l'équité au sein des communautés concernées. Les investissements non réglementés ont déjà entraîné des déplacements de villages, l'accaparement de terres ou encore la ségrégation dans l'accès aux ressources essentielles à la subsistance des habitants, sans nécessairement contribuer au développement du pays (par la création d'emplois locaux ou l'apport de recettes importantes à l'État). Avec l'appui de l'Initiative pauvreté-environnement, le Laos a pu mettre en place un cadre juridique et un filet de sécurité permettant de soumettre les investissements à des conditions plus équitables. Ce travail a également contribué à sensibiliser les décideurs au développement durable et équitable, et à orienter l'Assemblée nationale ainsi que les futures stratégies nationales de développement vers cet objectif. Ce constat se dégageait déjà clairement de la phase I, qui coïncidait avec l'élaboration du 7 ^e Plan quinquennal national de développement socio-économique (2011-2015), marqué par l'intégration des enjeux relatifs à la pauvreté et à l'environnement, et par l'importance accordée à l'obtention d'une croissance de qualité, axée sur l'équité.	Ministère du Plan et de l'Investissement, 2011
Avantages connexes	La prise en compte de la question de l'équité dans la gestion des investissements a également des répercussions externes positives sur l'environnement. En effet, elle favorise une gestion des terres plus inclusive et durable tout en évitant l'épuisement des ressources naturelles et la perte de biodiversité. Ces pratiques conduisent à une répartition plus équitable des avantages économiques entre les communautés locales. Ces différents points mettent en évidence la complémentarité des trois dimensions (économique, sociale et environnementale) du développement durable. Le cas du Laos offre également un exemple pertinent de gestion des investissements directs étrangers mise au service du développement durable, exemple qui peut être partagé grâce à l'apprentissage Sud-Sud. En outre, l'expérience du Laos a permis d'éclairer d'autres travaux de l'Initiative pauvreté-environnement menés dans le cadre de projets nationaux au Myanmar, en Mongolie et aux Philippines, notamment en ce qui concerne les investissements dans les industries extractives.	Choi et Gankhuyag, 2016



Critère	Description	Références
Enjeux transfrontaliers	Un système de réglementation des investissements plus contraignant pourrait amener les investisseurs à fuir vers d'autres pays où le cadre est plus souple et les normes moins strictes en matière de conformité. Pour éviter cette situation, il convient d'améliorer la performance de la gestion des investissements et de travailler à l'harmonisation des normes à l'échelle régionale. L'expérience du Laos pourrait servir à des pays extérieurs à la région Asie-Pacifique, car elle s'inscrit dans les efforts menés, à l'échelle mondiale, pour promouvoir une croissance économique plus inclusive et plus verte.	
Pistes d'amélioration	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en œuvre une stratégie de viabilité financière pour la gestion des investissements relevant du Service de promotion des investissements et du ministère des Finances, afin d'instaurer une gestion durable des investissements. • Renforcer l'échange de données entre les différents ministères concernés afin de promouvoir la coordination en matière de gestion des investissements. • Renforcer l'application de la loi pour garantir la conformité. • Renforcer la formation de tous les acteurs impliqués, en particulier à l'échelon local, et leur appropriation des outils. • Améliorer la gestion des investissements directs étrangers dans l'ensemble de la région afin d'éviter que les investisseurs ne fuient vers des environnements moins rigoureux sur le plan normatif. • Renforcer la participation des communautés. 	

subordonnée à une mise en œuvre et à une application dépassant la portée initiale du programme. Les principaux obstacles à cette application sont le manque de capacités institutionnelles, d'outils et de fonds pour le suivi des investissements. Des efforts sont déployés pour combler le déficit d'information, notamment à travers l'amélioration de la gestion des bases de données pour le contrôle de la conformité. Toutefois, les lacunes observées en matière de coordination institutionnelle empêchent ces données d'aboutir à des mesures cohérentes en matière de conformité et d'application. Les opportunités relatives à la participation des communautés au processus décisionnel national sont également limitées (Tavera, 2015 ; Tavera, Alderman et Nordin, 2016). En revanche, les conditions d'une croissance équitable et durable ont été mises en place. En effet, l'effort des décideurs a permis de produire des outils et des processus complets et équitables favorisant des investissements de qualité et la protection des communautés. Désormais, la présence d'un cadre juridique permet à ces acteurs de participer aux processus de développement et le pays progresse vers une évaluation des investissements fondée sur les avantages sociaux et environnementaux, et non sur les seuls avantages économiques. L'initiative a également favorisé l'implication des communautés (PNUD, 2016) et les efforts déployés dans le secteur de l'investissement ont contribué à sensibiliser les décideurs et à faire du développement durable une priorité politique.

15.2.2 La planification et les subventions pour la lutte contre la désertification

Le succès de toute stratégie de lutte contre la désertification repose sur la mise en œuvre de pratiques de gestion durable des terres et de l'eau adaptées aux conditions géobiophysiques et socio-économiques locales. La bonne gestion des sols permet de ralentir le processus de dégradation des terres, de réguler le cycle de l'eau, de préserver la biodiversité, de conserver les diverses fonctions du paysage et d'améliorer la prestation de services écosystémiques (Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification [CNULCD], 2017a ; Zdruli et Zucca, 2018).

En matière de lutte contre la désertification, l'approche stratégique générale définie par le cadre DPSIR (section 1.6) consiste à s'attaquer à la pression qui s'exerce sur les sols du fait d'une perte de couverture terrestre généralement provoquée par les incitations économiques visant à accroître la production agricole. Les approches stratégiques les plus efficaces combinent en général des politiques contraignantes (qui, dans les cas extrêmes, obligent les agriculteurs à cesser leurs activités) et des mesures d'incitation telles que le versement de subventions pour la plantation d'arbres. L'approche axée sur la neutralité en matière de dégradation des terres, mentionnée dans l'ODD 15.3 et approuvée par la CNULCD, et l'Initiative « Économie de la dégradation des terres » sont devenues

les principaux instruments stratégiques pour réduire les pertes nettes en ressources foncières et garantir une gestion durable (Akhtar-Schuster *et al.*, 2017 ; CNULCD, 2017a). Ces deux outils prennent également en compte les changements climatiques (Sanz *et al.*, 2017). Dans cette perspective, une série de pratiques de gestion ont été mises en œuvre, notamment la gestion durable des sols, des terres et de l'eau, le boisement et le reboisement, l'agroécologie, l'amélioration des pâturages et le pâturage contrôlé, la gestion des bassins versants, la collecte de l'eau et les pratiques agricoles durables (Rojo *et al.*, 2012 ; Schwilch, Liniger et Hurni, 2014 ; Teshome *et al.*, 2015 ; Marques *et al.*, 2016).

Les projets de restauration des terres reposent généralement sur un financement public et sont soumis à des approches descendantes (Marques *et al.*, 2016), traditionnellement prises en charge par les gouvernements nationaux. À ce titre, ces moyens d'intervention sont souvent dits « contraignants » ou « réglementaires » (King et Mori, 2007 ; Weber, Driessen et Runhaar, 2014). L'État définit les règles et les normes à appliquer et a le droit d'imposer des sanctions aux contrevenants. Parmi les différentes mesures réglementaires possibles, on peut notamment citer l'établissement de normes et d'interdictions, la délivrance de permis, le zonage et les restrictions d'utilisation (Lambin *et al.*, 2014 ; Weber, Driessen et Runhaar, 2014). L'approche contraignante est souvent adoptée, en particulier dans les pays en développement, comme le montre l'étude de cas ci-dessous.

Étude de cas : la Grande Muraille verte, pour une réduction efficace de l'intensité des tempêtes de poussière en Chine

La Grande Muraille verte (GMV) de Chine est l'un des projets les plus ambitieux de lutte contre la désertification et de contrôle des tempêtes de poussière, semblable à la Grande Muraille verte du Sahara, qui s'étend de Dakar à Djibouti. Le projet de ceinture forestière des « Trois Nords », ainsi baptisé à son lancement en 1978, mais également connu sous le nom de GMV, devrait se poursuivre jusqu'en 2050. La Grande Muraille verte est devenue un terme courant en Chine, où elle constitue le plus vaste projet de reboisement (Huang *et al.*, 2016). La GMV a été conçue pour couvrir une superficie totale de 4,1 millions de kilomètres carrés, soit 42,7 % de la superficie totale du pays (figure 15.2) (Wang *et al.*, 2010).

La Grande Muraille verte n'est pas le seul projet axé sur le boisement en Chine. Par exemple, le programme de conversion des terres cultivées en forêts ou en prairies (également connu sous le nom « Grain for Green ») cible des millions d'hectares de terres agricoles et de prairies dégradées ou qui auraient été fortement exposées si les pratiques agricoles en vigueur avaient été maintenues (Wang *et al.*, 2015 ; Feng *et al.*, 2016b). On peut également citer l'exemple du Programme de traitement des foyers de tempêtes de sable affectant la région Beijing-Tianjin, qui porte sur la restauration écologique et la mise en œuvre de différentes

Figure 15.2 : Étendue de la Grande Muraille verte, dans le nord de la Chine



Source : O'Callaghan (2014).

Tableau 15.4 : Résumé des critères d'évaluation – La lutte contre la désertification et les tempêtes de poussière en Chine

Critère	Description	Références
Succès ou échec	<p>Des chercheurs et des fonctionnaires chinois ont déclaré que le processus de boisement avait permis de lutter efficacement contre la désertification, de renforcer la séquestration du carbone dans le sol et de réduire l'érosion des sols. En 2012, le programme aurait fait passer la couverture arborée de 5 à 12,4 % dans la zone ciblée, pour une superficie plantée totale de 26,47 millions d'hectares. Cette politique s'est avérée d'autant plus probante qu'elle a permis d'inverser la tendance en matière de dégradation des terres, de telle sorte que les puits de carbone commencent à se multiplier dans de nombreuses zones. La couverture végétale a augmenté dans la zone couverte par la GMV, à la différence des zones non couvertes, ce qui a entraîné une réduction de l'intensité des tempêtes de poussière dans le nord de la Chine. Depuis le début du projet, l'avancée du désert s'est réduite à environ 10 kilomètres carrés par an. De plus, chaque année, environ 1 060 kilomètres carrés de désert sont convertis en terres de qualité.</p> <p>Les détracteurs du programme font cependant valoir qu'il n'a peut-être pas réalisé ses objectifs jusqu'ici. L'une des raisons avancées tient au fait que la diminution observée dans l'intensité des tempêtes de poussière peut être le fruit d'une simple variation climatique. En deuxième lieu, le programme n'a été mis en œuvre que sur une infime partie des zones concernées par les tempêtes de poussière et les zones reconnues comme étant d'importants foyers ne sont pas couvertes. En troisième lieu, une partie des arbres et des arbustes plantés n'a pas survécu au-delà du programme, du fait d'une mauvaise gestion ou du manque d'eau. Certaines critiques se sont également concentrées sur la surexploitation des eaux souterraines, due à la plantation d'espèces mal adaptées aux milieux arides.</p>	Piao <i>et al.</i> , 2007 ; Wang <i>et al.</i> , 2010 ; Administration de l'État sur les forêts (SFA), 2011 ; Deng, Liu et Shangguan, 2014 ; Sternberg, Rueff et Middleton, 2015 ; Tan et Li, 2015 ; Feng <i>et al.</i> , 2016a ; Jiang, 2016 ; Ahrends <i>et al.</i> , 2017
Indépendance de l'évaluation	En dehors des travaux menés par les chercheurs chinois mentionnés ci-dessus, le programme n'a fait l'objet d'aucune autre évaluation indépendante.	
Acteurs clés	Le gouvernement chinois est le principal acteur et investisseur du programme ; 18 ministères et organismes du gouvernement central et des collectivités locales participent aux divers aspects du processus d'élaboration des politiques de lutte contre la désertification. L'Administration nationale des forêts (State Forestry Administration – SFA) est chargée de coordonner les activités de ces différents ministères. Les résidents et les communautés locales ont participé au processus de boisement, à la création de prairies et à certaines activités connexes. Le programme compte en outre sur la coopération dynamique d'entités non gouvernementales nationales et internationales, notamment une participation importante du secteur privé.	Lu et Wang, 2003 ; SFA, 2011 ; Yin et Yin, 2010
Données de référence	Depuis 1980, les tempêtes de poussière sont classées en dix catégories (de 0 à 9) selon une échelle de visibilité qui fait l'objet d'une surveillance assurée par les stations météorologiques. L'« indice de tempête de poussière » (Dust Storm Index – DSI) correspond à la valeur médiane de chaque niveau de visibilité sur l'échelle. Malgré des variations annuelles considérables, on observe une forte diminution du DSI depuis 1985. De plus, le nombre de jours de tempête de sable a diminué, atteignant un plancher en 1996. Toutefois, en raison des interactions complexes avec la végétation, il n'a pas été possible d'établir une relation claire et directe de cause à effet entre la mise en œuvre du programme et la diminution du nombre de tempêtes de poussière.	Tan et Li, 2015 ; Feng <i>et al.</i> , 2016b



Critère	Description	Références
Délai d'exécution	Entre 1978 et 2050.	
Facteurs limitants	La croissance excessive de la population humaine et du bétail constitue un défi écologique au regard de la capacité de charge limitée des zones sujettes à la désertification à travers le monde (Pan et al., 2013), y compris en Chine. Au cours des dix dernières années, la Chine a investi plus de 100 milliards de dollars É.-U. dans six grands programmes forestiers. Toutefois, les rendements issus de la plantation massive d'arbres dans les zones marginales peuvent s'avérer relativement faibles ou très lents à se matérialiser. Une autre lacune tient au désintérêt des agriculteurs pour les arbres après le processus de plantation, ainsi qu'à leur manque de connaissances en matière de gestion forestière. L'impact de cette politique de boisement a également souffert d'un manque de supervision par les administrations locales et de subventions insuffisantes. De manière générale, le montant des subventions n'a pas suffi à convaincre les agriculteurs de participer au programme, en dépit des fortes sommes investies par le Gouvernement chinois pour réaliser ses ambitions à travers la mise en place de systèmes de paiement pour services écosystémiques.	Ahrends <i>et al.</i> , 2017 ; Xu, Song et Song, 2017
Facteurs habilitants	Le succès obtenu à ce jour repose sur l'importance des capacités institutionnelles et administratives de la Chine. En effet, depuis 1997, la SFA a créé plusieurs institutions chargées de la lutte contre la désertification, notamment le Bureau national de lutte contre la désertification, le Centre national de surveillance de la désertification, le Centre national de formation à la lutte contre la désertification et le Centre national de recherche et de développement pour la lutte contre la désertification, tous chargés de mener des recherches et de mettre en œuvre des programmes stratégiques relatifs aux enjeux de désertification. En outre, en juin 2009, l'Académie des forêts de Chine a créé un institut spécialisé dans la lutte contre la désertification, qui relève également de la SFA. À travers des financements substantiels (4 milliards de dollars É.-U. au total pour les 28 premières années du programme), l'État apporte un solide appui aux programmes d'atténuation de la désertification. Plusieurs mesures compensatoires visant à accroître la végétation ont été mises en œuvre, notamment des incitations en espèces pour les agriculteurs souhaitant planter des arbres et des arbustes.	Jiang, 2016
Coût-efficacité	Pour la période 2002-2006, le projet de ceinture forestière des « Trois Nords » a fait l'objet de 4,147 milliards de yuans d'investissement (soit 545,6 millions de dollars É.-U.) et a généré des avantages écologiques estimés à 2,84 milliards de yuans (soit 373,7 millions de dollars É.-U.) ainsi que des avantages économiques d'une valeur de 8,06 milliards de yuans (1,0605 million de dollars É.-U.). On estime les coûts directs de la désertification à 64,2 milliards de yuans par an (7,7 milliards de dollars É.-U.) et les coûts indirects à 288,9 milliards de yuans par an. Enfin, l'analyse montre que les coûts liés à la réhabilitation des terres dégradées en raison de l'évolution de la couverture terrestre sont nettement inférieurs aux coûts de l'inaction, avec des rendements pouvant atteindre jusqu'à 4,7 yuans pour chaque yuan investi sur une période de 30 ans.	Deng et Li, 2016 ; Jiang, 2016
Équité	La prise de décision concernant la lutte contre la désertification relève essentiellement de l'administration, des spécialistes et d'autres élites sociales, et la population locale se contente souvent d'un rôle passif dans le processus décisionnel. Par exemple, les communautés locales n'ont pas eu leur mot à dire concernant les mesures de lutte contre la pollution inscrites dans la loi relative à la gestion des sables. Afin d'améliorer la restauration des terres dans les zones dégradées, le gouvernement a attribué des droits d'usage du sol aux populations locales pour une période pouvant atteindre 70 ans. Ce type de politique a permis d'améliorer la résolution des problèmes liés au régime foncier et d'accroître l'intérêt des populations locales. Le gouvernement a réinstallé des agriculteurs et des éleveurs sur des terres dégradées et a versé des subventions et des indemnités aux personnes ayant participé aux activités de restauration. Toutefois, la politique en vigueur en matière de lutte contre la désertification des terres ne prévoit pas de compensation systématique des populations locales ni de réglementation permettant de les soutenir.	Jiang, 2016
Avantages connexes	Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), également appelés hydrocarbures polycycliques, sont des composés organiques contenant uniquement du carbone et de l'hydrogène et pouvant être dangereux pour la santé humaine, avec pour principal risque le développement de cancers. La mise en œuvre du projet de ceinture forestière des « Trois Nords » s'est traduite par une diminution à long terme de la présence de deux HAP, le phénanthrène et le benz[a]pyrène, et par leur élimination dans l'atmosphère. Une série d'études sur les effets sanitaires des tempêtes de poussière dans le nord-ouest de la Chine établit des liens significatifs entre les épisodes de poussière et les hospitalisations pour troubles respiratoires et cardiovasculaires (abstraction faite des effets du SO ₂ et du NO ₂). L'Inde connaît également des tempêtes de poussière qui se révèlent parfois mortelles, comme celle survenue en mai 2018. D'après les recherches publiées (par exemple, Tan et Li, 2015 ; Wang et al., 2012), la fréquence et la gravité des tempêtes de poussière ont diminué au fil du temps, grâce aux interventions menées dans le cadre du projet de Grande Muraille verte. Selon les données statistiques du Centre national d'information météorologique de Chine (par exemple, Tan et Li, 2015), ce projet a eu un effet positif sur l'état de santé des populations vivant dans la région et au-delà. Parmi les autres avantages socio-économiques du projet, on peut également citer le développement du tourisme et l'élargissement des perspectives d'emploi pour la population locale.	Aunan et Pan, 2004 ; Li et Huntsinger, 2011 ; Huang <i>et al.</i> , 2016
Enjeux transfrontaliers	D'après le rapport d'évaluation mondiale sur les tempêtes de sable et de poussière, il semble évident que ces tempêtes provenant des zones désertiques de la Chine et de la Mongolie affectent la qualité de l'air et des océans jusqu'en Corée, au Japon, dans les îles du Pacifique et en Amérique du Nord (voir, par exemple, https://youtu.be/jGPuCeF1eM). Par ailleurs, le Plan directeur régional pour la prévention et le contrôle des tempêtes de sable et de poussière en Asie du Nord-Est est un projet auquel participent les gouvernements de la Chine, du Japon, de la Mongolie et de la Corée du Sud. Son objectif consiste à atténuer les effets sanitaires des tempêtes de poussière du nord-ouest de la Chine sur les régions situées au-delà (notamment le Japon et la Corée) en mettant l'accent sur la distance de propagation et sur le caractère transfrontalier de ces épisodes, ainsi que sur la nécessité d'une coopération régionale. La poussière des déserts joue également un rôle à part entière dans le système terrestre, car elle affecte la chimie atmosphérique, les processus climatiques, les caractéristiques des sols, la qualité de l'eau, la dynamique des nutriments et la régulation des cycles biogéochimiques dans les environnements océaniques et terrestres.	Goudie et Middleton, 2006 ; Abiodun <i>et al.</i> , 2012 ; PNUE, Organisation météorologique mondiale [OMM] et CNULCD, 2016



Critère	Description	Références
Pistes d'amélioration	Des données de recherche portant sur des zones écologiques similaires situées sur le plateau de Loess, en Chine, révèlent une concurrence pour les ressources en eau entre la végétation boisée et les besoins humains. Les décisions et les politiques gouvernementales de lutte contre la désertification doivent donc être conformes aux exigences écologiques et socio-économiques des populations, sans pour autant perturber l'équilibre hydrique de ces zones. Pour y parvenir, il convient de protéger la végétation présente sur les terres sujettes à la désertification et de planter une végétation adaptée aux conditions locales ou, dans certains cas, de laisser les terres se rétablir par elles-mêmes, sans intervention humaine. En privilégiant la diversité des services écosystémiques et leurs conséquences potentielles, plutôt que de se concentrer uniquement sur quelques services au détriment des autres, la Grande Muraille verte peut servir de modèle à d'autres régions présentant des conditions naturelles similaires. Toutefois, la mise en œuvre de la Grande Muraille verte s'accompagne d'une réduction de la production agricole qui entraîne un accroissement de la production ailleurs dans le pays ou à l'étranger. Jusqu'ici, les répercussions de cette intensification de la production intérieure et étrangère sur la dégradation potentielle des terres n'ont fait l'objet d'aucune analyse satisfaisante.	Feng et al., 2016b ; Ahrends et al., 2017

pratiques de gestion allant du pâturage contrôlé et des restrictions correspondantes à la conversion des terres cultivées en forêts ou en prairies interdites au pâturage (Middleton et Kang, 2017). L'expérience du projet de ceinture forestière des « Trois Nords » a été déterminante pour l'élaboration du Plan d'action national (PAN) de lutte contre la désertification en Chine. Instauré en 1996, le premier PAN coïncidait avec la création de la CNULCD et a fait l'objet d'une révision en 2003. Il s'agissait alors du premier PAN au monde à prévoir un système de suivi permettant de mesurer les tendances en matière de désertification.

Le modèle de partenariat public-privé, notamment avec la Fondation Elion Resources Group, connaît un grand succès. En 2015, la CNULCD a décerné à la Fondation Elion le prestigieux prix Land for Life pour avoir amélioré les moyens de subsistance de 100 000 agriculteurs et éleveurs dans le désert de Kubuqi, en Mongolie intérieure, et pour avoir transformé 11 000 kilomètres carrés de terres dégradées en zones productives et encouragé la production d'énergie verte.

Les arbres de la Grande Muraille verte forment une barrière contre les vents du désert et contribuent à la rétention de l'humidité dans l'air et dans le sol, ce qui facilite la croissance végétale. Malgré les coûts très élevés liés à sa mise en œuvre, ce programme présente un bon rapport coût-efficacité, en particulier pour l'amélioration de la santé humaine, de la biodiversité et des moyens de subsistance. Fort de cette expérience, le Gouvernement chinois prévoit d'étendre ses programmes de reboisement.

15.2.3 La fixation de valeurs seuils pour la mise en œuvre de mesures stratégiques et de gouvernance relatives à l'assainissement des sites contaminés

La pollution est la principale cause environnementale de maladies et de décès prématurés dans le monde (Landrigan *et al.*, 2018), et la contamination croissante des terres à l'échelle mondiale affecte la durabilité des ressources terrestres et leur capacité à soutenir les systèmes biologiques (Plant *et al.*, 2001 ; Ballabio *et al.*, 2018 ; Rodríguez-Eugenio, McLaughlin et Pennock, 2018). En Europe de l'Ouest, environ 342 000 sites contaminés ont été recensés (Agence européenne pour l'environnement [AEE], 2014). Aux États-Unis, le Bureau de gestion des terres et des situations d'urgence (Office of Land and Emergency Management – OLEM) supervise 540 000 sites contaminés couvrant 9,3 millions d'hectares (Pierzynski et Brajendra, 2017) et l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (US EPA) gère environ 1 400 sites fortement contaminés (US EPA, 2014). De nombreuses régions du monde abritent des terres contaminées par des substances potentiellement dangereuses pour la santé publique et l'environnement (Tóth *et al.*, 2016). La contamination des sols résulte de l'exploitation minière, des activités industrielles, des opérations militaires, de l'agriculture, des déversements de produits chimiques et pétroliers et de l'élimination des déchets (Rodríguez-Eugenio, McLaughlin et Pennock, 2018). La santé humaine est également menacée par la salinisation secondaire des sols due à une irrigation excessive ou inadaptée, un processus qui n'a encore fait l'objet d'aucune étude (Hamidov, Helmin et Balla, 2016).

La Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP), entrée en vigueur en 2004, fait partie des accords multilatéraux sur l'environnement consacrés aux politiques et aux traités mondiaux visant à protéger la santé humaine et l'environnement. Elle invite ses parties à adopter des mesures pour éliminer les rejets de POP (PNUD, 2009). De nombreux pays ont déjà ratifié ce traité mondial, dans le cadre duquel sont mises en œuvre diverses politiques d'assainissement des terres. Parmi les autres conventions relatives aux mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et aux importations de produits chimiques dangereux, on peut également citer les Conventions de Bâle et de Rotterdam, qui ont également été ratifiées par un certain nombre de parties, mais reposent sur des obligations sensiblement différentes (Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm, 2018).

En règle générale, les politiques d'assainissement des sols reposent sur des approches contraignantes et font appel au principe du pollueur-payeur (Rodrigues *et al.*, 2009). Néanmoins, dans la plupart des cas, des ressources financières publiques sont également nécessaires pour nettoyer, au bénéfice du bien commun, des zones déjà polluées. Selon le cadre DPSIR (section 1.6), cette approche stratégique cible l'état de l'environnement et vise à réduire la quantité de polluants présents dans le sol. Plusieurs gouvernements nationaux ont adopté des mesures concrètes se traduisant notamment par la mise en place de politiques et de cadres institutionnels pertinents pour la revalorisation des sols contaminés (Rodrigues *et al.*, 2009 ; AEE, 2014). La Chine offre un bon exemple avec l'adoption en 2018 d'une nouvelle loi relative à la prévention de la pollution des sols, qui doit entrer en vigueur en janvier 2019 (Xinhua, 2018). L'étude de cas ci-dessous porte sur la revalorisation des sols contaminés par l'agent orange au Vietnam, où, contrairement à d'autres sites, des données pertinentes permettent d'évaluer les politiques menées.

Étude de cas : la revalorisation des sols contaminés par l'agent orange au Vietnam

Le Vietnam possède certaines des terres les plus contaminées au monde (Lupi et Hoa, 2015), un phénomène qui résulte de la contamination par la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzodioxine (TCDD ou agent orange) pendant la guerre du Vietnam (ou deuxième guerre d'Indochine) (1955-1975). Au cours de cette guerre, entre 1961 et 1972, l'armée américaine a utilisé un herbicide (l'agent orange) contre des installations militaires vietnamiennes, entraînant la contamination des terres et la destruction de la végétation et des cultures. Plusieurs décennies après le conflit, le Gouvernement vietnamien a lancé le programme « Dépollution des zones gravement contaminées par la dioxine au Vietnam », dans le cadre de son Plan national de mise en œuvre de la Convention de Stockholm (PNM). Ce programme vise à décontaminer les zones les plus fortement polluées, à planter des arbres sur 300 000 hectares de terres contaminées, à porter assistance à toutes les victimes de la dioxine, à offrir des allocations et une assurance maladie aux personnes handicapées et à renforcer les activités de recherche relatives aux effets des produits chimiques toxiques. Le **tableau 15.5** présente un résumé des critères d'évaluation de ce programme.

**Tableau 15.5 : Résumé des critères d'évaluation – La décontamination des sols au Vietnam**

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Il existe très peu de cas dans lesquels des sols pollués par des dioxines ont été efficacement décontaminés et il semble que l'enfouissement ait été la seule solution viable dans la plupart des pays. Selon l'US EPA, les technologies d'assainissement pour la dépollution des sols et des sédiments contaminés par des dioxines sont toujours en cours d'élaboration et les techniques reconnues reposent souvent sur la destruction thermique. Le cas du Vietnam atteste un certain succès, car la propagation de la TCDD dans l'environnement a été réduite au minimum grâce à la mise en œuvre efficace du PNM.	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel [ONUDI], 2012 ; Lupi et Hoa, 2015
Indépendance de l'évaluation	La plupart des travaux d'évaluation ont été entrepris dans le cadre d'évaluations indépendantes commandées par le PNUD, l'USAID et l'ONUDI.	Agence des États-Unis pour le développement international [USAID], 2010 ; ONUDI, 2012 ; Lupi et Hoa, 2015
Acteurs clés	Les principaux acteurs impliqués dans la mise en œuvre de cette politique sont les ministères de la Défense, de l'Environnement et des Ressources naturelles, le Comité du Bureau 33 et le ministère de la Santé. Les parties prenantes qui ont fourni l'assistance technique et financière requise sont également considérées comme des acteurs clés : l'USAID, des experts tchèques, la Fondation Bill et Melinda Gates et la Fondation Ford.	Lupi et Hoa, 2015
Données de référence	Environ 45 000 m ³ d'agent orange ont été pulvérisés par l'armée américaine sur environ 10 % du territoire du Vietnam du Sud de l'époque. Environ 4,8 millions de Vietnamiens ont été touchés par cette contamination. Plus de trois millions de Vietnamiens ont été exposés à des problèmes de santé du fait de cette contamination. En réponse à cette situation, le Congrès des États-Unis s'est engagé à fournir une enveloppe de 59,5 millions de dollars É.-U. pour les activités de décontamination des terres et de soins de santé menées au Vietnam entre 2007 et 2012. Dans les zones les plus touchées, le volume estimé de dioxines rejetées dans l'environnement s'élève à 1 736 g I-TEQ, tandis que les volumes de sol assainis à Bien Hoa, Da Nang et Phu Cat étaient respectivement d'au moins 100 000 m ³ , 70 000 m ³ et 2 500 m ³ .	Lupi et Hoa, 2015
Délai d'exécution	Le processus de revalorisation des sols contaminés par l'agent orange a commencé en 1999 par la publication de la décision 33 instaurant le Comité de pilotage national 33, chargé de la coordination de toutes les questions relatives à l'agent orange. Cette étape a été suivie par la ratification de la Convention de Stockholm, qui visait l'élimination progressive des POP. Le délai imparti pour l'évaluation du succès ou de l'échec des activités d'assainissement liées à l'agent orange était de cinq ans.	
Facteurs limitants	Parmi les facteurs limitants, on peut notamment citer la mauvaise planification, l'absence d'un cadre réglementaire solide concernant la contamination par les dioxines, les lacunes en matière de données relatives aux terres contaminées et la faiblesse des capacités technologiques. On peut également ajouter les lacunes des ministères et des organismes gouvernementaux en matière de coordination des activités d'assainissement, ainsi que le manque de fonds disponibles.	PNUD, 2009
Facteurs habilitants	Plusieurs facteurs habilitants, notamment la volonté politique du gouvernement, ont favorisé la mise en place d'un cadre stratégique et institutionnel pertinent pour la mise en œuvre et la coordination des activités d'assainissement. L'appui du gouvernement des États-Unis et le soutien philanthropique de la Fondation Bill et Melinda Gates et de la Fondation Ford ont joué un rôle essentiel dans la revalorisation des sols contaminés.	
Coût-efficacité	Les données relatives au rapport coût-efficacité des programmes d'assainissement des sols sont peu nombreuses, tant au Vietnam qu'ailleurs. Toutefois, en République dominicaine, une analyse des coûts et des avantages a été menée au sujet d'un programme de dépollution d'un site contaminé au plomb. Cette évaluation a permis de montrer que les activités d'assainissement avaient réduit la charge sanitaire liée à la contamination des terres à un niveau de dépenses acceptable, conformément aux normes de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS).	Ericson <i>et al.</i> , 2018
Équité	Les communautés locales ont participé à l'élaboration et à la mise en œuvre des activités du programme, ce qui a permis de renforcer leur implication et l'appropriation locale, et de mieux promouvoir la place de l'équité dans la stratégie adoptée. Cette importance accordée à l'équité s'est également traduite par le renforcement de l'accès aux terres redevenues utilisables grâce aux programmes d'assainissement mis en œuvre.	Lupi et Hoa, 2015
Avantages connexes	Les activités d'assainissement peuvent offrir des opportunités d'emploi aux personnes et aux communautés touchées par la contamination aux dioxines. De plus, les activités commerciales autour de l'aéroport ont bénéficié de l'assainissement, car des terrains plus viables ont été mis à disposition. Le projet a généré des avantages considérables pour le pays en matière de santé. Si rien n'avait été fait, la contamination par les dioxines se serait propagée, posant un risque grave pour la santé humaine et l'environnement. Outre la neutralisation de la contamination par les dioxines, le projet s'est également fortement concentré sur l'éducation sanitaire et les activités de réduction des risques au sein des communautés situées à proximité des points les plus contaminés. Cela a permis de promouvoir une vision positive de la santé au sein de la population.	Université de l'Ouest de l'Angleterre, Unité de communication scientifique, 2013
Enjeux transfrontaliers	La mise en œuvre de cette politique n'a pas soulevé d'enjeux transfrontaliers, bien que les pays voisins aient également été touchés par la même forme de contamination pendant la guerre du Vietnam.	
Pistes d'amélioration	Le Vietnam a fait preuve d'un engagement ferme en faveur de la politique de revalorisation des terres, mais on ne sait pas exactement quelle quantité de terres contaminées a été assainie. Il s'agit d'une variable essentielle pour évaluer avec précision l'efficacité de la politique de décontamination.	



Pour mettre en œuvre sa politique d'assainissement des sols, le Vietnam s'est appuyé sur un cadre juridique et réglementaire complet, et a pu compter sur le soutien des États-Unis d'Amérique, du PNUD et de certaines fondations philanthropiques. Dans l'ensemble, la politique s'est avérée efficace et a eu des effets positifs au regard des objectifs initiaux, mais ce processus doit s'inscrire dans un programme de planification stratégique et de surveillance à long terme. Il convient de noter qu'il s'agit d'un cas particulier et que les politiques relatives aux terres contaminées doivent tenir compte des conditions locales et des cadres réglementaires nationaux mis en place par les conventions internationales. Les contraintes et les plafonds budgétaires ne doivent pas servir d'excuse à l'inaction lorsque la santé publique et le bien-être de communautés et d'écosystèmes entiers sont en jeu.

15.2.4 La prestation de services de conseil et la constitution de réseaux pour l'innovation agricole

Parmi les politiques les plus courantes, on peut notamment citer la promotion de l'innovation auprès des agriculteurs et des utilisateurs de terres, qui s'appuie sur des mesures d'incitation et sur des services d'éducation et de vulgarisation. Le semis direct (sans labour) et l'agriculture de conservation (AC) figurent parmi les technologies d'innovation qui se sont développées au cours des deux dernières décennies. En réalité, ces deux pratiques sont complémentaires et permettent d'atteindre des objectifs similaires. Le semis direct ne fait pas partie des pratiques les plus importantes de l'AC, qui repose sur deux autres principes : l'introduction de cultures de couverture et la rotation des cultures (Kassam et Friedrich, 2011). Au départ, le développement du semis direct et de l'AC visait à lutter contre l'érosion des sols, mais ces pratiques permettent également d'optimiser la production des cultures et de promouvoir la santé du sol en conservant ses matières organiques et ses éléments nutritifs et en améliorant la qualité de l'eau et de l'air. Le semis direct et l'AC sont tous deux perçus comme des processus communautaires reposant sur l'acceptation de nouveaux principes agricoles. Pourtant, leur place dans l'agriculture mondiale reste limitée. En effet, le semis direct se pratique principalement en Amérique du Nord (32 % des terres cultivées selon cette méthode à l'échelle mondiale) et du Sud (45 %). L'AC, quant à elle, couvre environ 11 % de la superficie totale des terres cultivées à travers le monde. De même que le semis direct, elle se pratique surtout en Amérique du Nord et du Sud (76,6 % de la superficie totale des terres cultivées selon cette méthode à l'échelle mondiale). L'Europe accuse un retard important, avec environ 7 millions d'hectares seulement, principalement situés en Russie, en France, en Espagne et en Italie (FAO, 2016).

Le semis direct et l'AC sont considérés comme très prometteurs pour ce qui est de la qualité du sol, de la séquestration du carbone et des avantages environnementaux (Reicosky, 2015 ; Haddaway *et al.*, 2017). Sur le plan économique, ils peuvent s'avérer moins avantageux, du moins au cours des premières années d'exploitation, avec des rendements inférieurs à ceux de l'agriculture conventionnelle (Vastola *et al.*, 2017) – un écart qui peut cependant se réduire avec le temps. L'inconvénient du semis direct et de l'AC tient à l'utilisation accrue d'herbicides qui accompagne la réduction du labour.

Les moyens d'intervention vont de la réduction des taxes sur les engrais aux subventions gouvernementales aux agriculteurs qui adoptent le semis direct (Lankoski, Ollikainen et Uusitalo, 2004). Selon le cadre DPSIR (section 1.6), cette approche stratégique vise principalement à lutter contre la pression exercée sur les sols à travers l'adoption de nouvelles technologies de labour qui perturbent le moins possible le sol, améliorent sa capacité de rétention d'eau et permettent de prévenir l'érosion (Dumanski *et al.*, 2006 ; Serraj et Sidiq, 2012). L'application à long terme des pratiques de semis direct et d'AC dépend en grande partie de leur viabilité économique pour les agriculteurs, en particulier dans les pays en développement (Krueger, 2012). Ces derniers sont largement tributaires des subventions gouvernementales, notamment pour l'acquisition des machines adaptées à ce type d'agriculture. L'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI) prévoit un gain important lié à l'adoption du semis direct dans l'ensemble de l'Asie du Sud et du Pacifique, avec une hausse des rendements pouvant atteindre 32 % pour le maïs et 47 % pour le blé, comparativement au scénario de référence (Rosegrant *et al.*, 2014).

Étude de cas : le semis direct en Australie-Occidentale

À la fin des années 1970, la culture des terres arables de l'État de l'Australie-Occidentale était gravement compromise par la sécheresse et le compactage du sol. Entre les années 1980 et le début des années 1990, les agriculteurs australiens se sont efforcés de surmonter les conséquences négatives de la sécheresse par la mise en place de systèmes de semis direct (Bellotti et Rochecouste, 2014). Face aux avantages apparents du semis direct, le taux d'adoption parmi les autres agriculteurs s'est accru pour atteindre 80 à 90 % dès 2008 (Bellotti et Rochecouste, 2014). Le **tableau 15.6** présente un résumé des critères d'évaluation.

L'implantation du semis direct en Australie a été jugée efficace pour la conservation des sols et de l'eau, pour la lutte contre les nuisibles, les maladies et les mauvaises herbes, et pour la disponibilité des éléments nutritifs des végétaux. Cette efficacité est attestée par le

**Tableau 15.6 : Résumé des critères d'évaluation – L'implantation du semis direct en Australie**

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Il est établi qu'en Australie, la pratique du semis direct améliore considérablement la conservation de l'eau dans le sol et augmente la quantité d'eau disponible pour la croissance des cultures et l'absorption des nutriments. Afin d'enrayer les pertes en nutriments des sols, dues à une longue tradition d'agriculture conventionnelle, les agriculteurs de la Nouvelle-Galles du Sud ont adopté un programme de semis direct. Sur les sites concernés, la fertilité du sol s'est considérablement améliorée et son acidité s'est stabilisée. De plus, on a constaté une nette amélioration de la teneur en carbone organique du sol. Tous ces apports positifs essentiels du semis direct sont des indicateurs clés de succès ou d'échec.	Bellotti et Rochecouste, 2014
Indépendance de l'évaluation	En 2014, des associations australiennes de semis direct ont mis en œuvre un programme qui a ensuite fait l'objet d'évaluations indépendantes menées par Bellotti et Rochecouste (2014).	Bellotti et Rochecouste, 2014
Acteurs clés	Les principaux acteurs du programme australien de semis direct sont les agriculteurs, l'Association australienne de semis direct (la Western Australian No Tillage Farmers Association) et le Gouvernement australien, qui a offert des incitations sous forme de crédits d'impôt aux agriculteurs pratiquant le semis direct ainsi qu'aux conseillers agricoles.	
Données de référence	L'IFPRI prévoit un gain important associé à l'adoption du semis direct en Asie du Sud et dans le Pacifique. L'initiative « Économie de la dégradation des terres » fait état de données positives concernant l'implantation de technologies de semis direct au Tadjikistan. Néanmoins, pour l'Australie, ces chiffres pourraient être plus faibles si l'on tient compte du taux d'adoption dont bénéficie déjà la technologie de semis direct, avec un potentiel d'expansion jugé négligeable.	Rakhmon <i>et al.</i> , 2016
Délai d'exécution	L'introduction du semis direct remonte au début des années 1960 et 1980, une période dite de sensibilisation. Par la suite, les agriculteurs ont expérimenté les techniques de culture sans labour et les ont rapidement adoptées et diffusées.	
Facteurs limitants	Le semis direct nécessite une plus grande quantité d'engrais azotés, surtout pendant les deux ou trois premières années de culture sans labour, ce qui constitue une grave contrainte pour les agriculteurs ayant peu d'accès aux intrants. L'utilisation d'herbicides est également une condition majeure pour la mise en place d'un système de semis direct. Dans bien des cas, les systèmes de culture sans labour vont de pair avec l'utilisation d'herbicides non sélectifs tels que le glyphosate. L'utilisation massive de ces herbicides peut avoir des impacts négatifs sur la biodiversité et la santé humaine. En Europe, par exemple, l'autorisation d'utiliser le glyphosate comme herbicide dans l'agriculture fait actuellement l'objet d'un examen très poussé en raison de ses implications sur la biodiversité, voire de ses éventuels effets néfastes sur la santé humaine. Si l'autorisation n'est pas renouvelée, l'adoption des systèmes de semis direct pourrait connaître un recul. Toutefois, le développement de l'agriculture de précision – un nouveau système agricole qui optimise les rendements en réduisant les intrants grâce au traitement des mégadonnées et à de nouveaux capteurs – pourrait réduire considérablement les besoins en herbicides.	Trigo <i>et al.</i> , 2009
Facteurs habilitants	Plusieurs facteurs habilitants favorisent l'adoption du semis direct en Australie. Premièrement, la perception d'un besoin de changement et le caractère complexe et évolutif de l'agriculture ont rapidement amené les agriculteurs à comprendre quelles étaient les compétences requises pour une pratique réussie du semis direct et à les adapter au contexte australien. Les systèmes de semis direct sont également considérés comme des moyens d'action prometteurs pour l'adaptation aux changements climatiques dans le domaine agricole. Ce point de vue a favorisé l'adoption généralisée du semis direct par les parties prenantes ainsi que leur soutien à cette pratique.	Bellotti et Rochecouste, 2014 ; Lal, 2014 ; Rosegrant <i>et al.</i> , 2014
Coût-efficacité	Il est prouvé que le semis direct présente plusieurs avantages en matière d'amélioration des sols et d'agronomie. Il est à noter que cette méthode permet d'optimiser les budgets d'exploitation agricole. Cet avantage varie cependant d'un endroit à un autre. Dans plusieurs régions, les données probantes attestent que, dans de bonnes conditions de gestion, le semis direct et l'AC réduisent la variabilité des rendements d'une saison à l'autre, un effet positif particulièrement visible dans les zones à faible pluviométrie.	Serraj et Sidique, 2012 ; Swella <i>et al.</i> , 2015
Équité	Dans la mesure où l'introduction du semis direct nécessite d'importants investissements dans de nouveaux équipements, il est peu probable que les agriculteurs les plus démunis puissent s'offrir cette technologie. Pourtant, les statistiques relatives à la pratique du semis direct ne reflètent pas d'écart entre les différents États australiens, ce qui prouve qu'il s'agit d'un système abordable pour la plupart des agriculteurs (entre 80 et 90 %). Bien qu'elle ne désavantage personne, la pratique du semis direct profite surtout aux agriculteurs. Dans le cadre de l'AC et en l'absence de jachère, ces derniers peuvent en effet exploiter leurs cultures au maximum.	Bellotti et Rochecouste, 2014
Avantages connexes	Les pratiques de semis direct facilitent la gestion de la conservation des cultures, des sols et de l'eau, l'amélioration du rendement des cultures, ainsi que les économies d'énergie, d'argent et de temps. Elles contribuent donc généralement à l'intensification de l'agriculture. Dans ce contexte, les principaux cobénéficiaires du semis direct sont les agriculteurs, les pouvoirs publics et le grand public, qui profitent d'une augmentation de la production alimentaire et de la durabilité des ressources foncières et environnementales.	Giller <i>et al.</i> , 2015
Enjeux transfrontaliers	Les enjeux transfrontaliers relatifs au semis direct ont trait à son rôle dans la lutte contre le réchauffement climatique. Le semis direct contribue à la réduction de l'albédo dans les zones cultivées et présente donc un grand potentiel en matière de refroidissement et de lutte contre le réchauffement climatique. Le semis direct réduit également l'émission d'oxyde nitreux (N ₂ O), qui est un puissant gaz à effet de serre, dans une proportion pouvant aller de 40 à 70 % selon la rotation.	Wallheimer, 2010 ; Omonode <i>et al.</i> , 2011
Pistes d'amélioration	Il a été avancé que le semis direct était compatible avec d'autres innovations technologiques. Les projections de l'IFPRI pour 2050 invitent les agriculteurs à tester les combinaisons de régimes suivantes : i) semis direct + collecte de l'eau ; ii) semis direct + agriculture de précision ; iii) semis direct + tolérance à la chaleur ; iv) semis direct + tolérance à la sécheresse. Dans les régions les plus humides, ces combinaisons peuvent compenser en partie la baisse des rendements observée dans les zones où se pratique le semis direct.	Rosegrant <i>et al.</i> , 2014

programme de semis direct de la Nouvelle-Galles du Sud, où cette pratique a contribué à améliorer la fertilité, à stabiliser l'acidité et à accroître la teneur en carbone organique des sols (Bellotti et Rochecouste, 2014).

15.2.5 L'instauration de systèmes alimentaires responsables au service de la réduction des déchets alimentaires et des réseaux de parties prenantes

Le système alimentaire actuel provoque un appauvrissement potentiellement irréversible des sols, de l'eau et de la biodiversité qui pourrait atteindre un point de bascule (CNULCD, 2017a ; voir la section 4.4.3). Cette situation augmente également les inégalités en matière d'accès à une alimentation suffisante, fraîche et saine, ainsi que les épidémies de maladies liées à la (mal)nutrition, telles que l'obésité, le diabète et les maladies cardiaques (Rush et Yan, 2017).

Les efforts déployés pour surmonter ces difficultés ont donné lieu à l'élaboration de politiques relatives à la production alimentaire urbaine. Leur objectif consistait à combiner la question de l'alimentation et celle du gaspillage (Campoy-Muñoz, Cardenete et Delgado, 2017) afin de réduire la pression exercée sur les terres. On estime que 30 % de tous les aliments produits sont gaspillés (FAO, 2018). Au sein de la seule Union européenne, on enregistre une perte annuelle de 88 millions de tonnes (métriques) d'aliments (Stenmarck et al., 2016), ce qui représente un coût de 143 milliards d'euros. Une grande partie de ces pertes provient de zones urbaines densément peuplées. En réduisant ces pertes, on augmenterait la quantité de terres disponibles pour des systèmes agricoles écologiques tels que l'agriculture biologique ou l'agroécologie, qui ont une incidence mineure sur l'environnement (Muller et al., 2017 ; Blakemore, 2018). De plus, presque toutes les grandes villes d'Europe (Zdruli, 2014) et du monde se sont développées sur les sols les plus propices à la production agricole (Bren d'Amour et al., 2017).

L'élaboration formelle des instruments de politique alimentaire urbaine se concentre principalement sur les deux dernières décennies. Au début des années 1990, quelques villes pionnières ont commencé à élaborer des stratégies alimentaires et à mettre en place des conseils dédiés à cette question. Les politiques alimentaires urbaines désignent les mesures que prennent les administrations municipales pour faire face aux défis alimentaires et qui nécessitent un travail de coordination entre les différents services et domaines stratégiques, ainsi que la mise en place de nouvelles structures de gouvernance (Groupe international d'experts sur les systèmes alimentaires durables [IPESA-Food], 2017a).



Encadré 15.2 : Déclaration de la CNULCD sur le système alimentaire

« Notre système alimentaire s'est focalisé sur la production à court terme et les profits plutôt que sur la durabilité environnementale à long terme. Le système agricole moderne a permis d'énormes augmentations de productivité [...] tandis que le sol, la base de la sécurité alimentaire mondiale, est contaminé, dégradé et érodé dans de nombreuses régions, entraînant des baisses à long terme de la productivité. »

(CNULCD, 2017a)

Selon le cadre DPSIR (section 1.6), cette approche stratégique cible un ensemble de facteurs relatifs aux ressources naturelles ainsi que l'urbanisation rapide afin de réduire l'utilisation non durable des ressources. En 1991, le Canada était l'un des premiers pays à mettre au point une politique alimentaire urbaine avec la création du Conseil de la politique alimentaire de Toronto, chargé de conseiller l'administration municipale sur les questions de politique alimentaire, de défendre les stratégies communautaires de sécurité alimentaire et de favoriser le dialogue entre les parties prenantes. Depuis, plusieurs villes européennes telles qu'Amsterdam, Gand, Bristol, Édimbourg et Londres ont fait l'objet de programmes de politique alimentaire urbaine. L'étude de cas ci-dessous offre une présentation détaillée du Pacte de politique alimentaire urbaine de Milan (De Cunto et al., 2017).

Étude de cas : la collaboration des villes en matière de bonnes pratiques de production alimentaire urbaine (le Pacte de politique alimentaire urbaine de Milan)

Le Pacte de politique alimentaire urbaine de Milan, qui a vu le jour en octobre 2015, offre un exemple caractéristique de la collaboration des villes en matière de bonnes pratiques alimentaires urbaines. Ce pacte politique international a été signé par un certain nombre de villes du monde entier qui se sont engagées à améliorer la durabilité des systèmes alimentaires et de l'utilisation des terres agricoles en milieu urbain (Clinton et al., 2018). Le régime alimentaire actuel pourrait ne plus être viable, étant donné ses effets négatifs et potentiellement irréversibles sur les ressources naturelles, qui sont en voie d'atteindre un point de bascule (CNULCD, 2017a). Il est nécessaire d'opérer une transformation des modes de distribution et de consommation de la production alimentaire susceptible de modifier ce régime et d'atténuer ses effets négatifs sur les terres et la santé publique. Dans cette perspective, des politiques alimentaires urbaines ont





été mises au point afin d'apporter au secteur alimentaire mondial les changements nécessaires en matière de salubrité des aliments, de sécurité alimentaire et d'utilisation et de gestion des ressources naturelles (Pacte de politique alimentaire urbaine de Milan, 2018).

À l'horizon 2030, l'objectif des Nations Unies est de parvenir à la faim « zéro » (ODD 2). L'ODD 15 (Vie terrestre) peut jouer un rôle dans la réalisation de cet objectif, mais cela ne pourra se faire qu'avec le soutien actif des villes. Actuellement signé par 167 villes, le Pacte engage les signataires à élaborer des politiques, des programmes et des initiatives durables dans tous les secteurs ayant trait aux systèmes alimentaires urbains, répartis en six groupes thématiques :

i) la gouvernance ou la garantie d'un environnement propice à une action efficace ; ii) des régimes alimentaires et une nutrition durables ; iii) l'équité sociale et économique ; iv) la production alimentaire, y compris les liens entre les zones urbaines et rurales ; v) l'approvisionnement et la distribution des produits alimentaires ; vi) la prévention, la réduction et la gestion du gaspillage alimentaire (Forster *et al.*, 2015). La mise en œuvre du cadre d'action du Pacte est strictement volontaire et vise à accélérer la collaboration entre les villes et à améliorer la durabilité des systèmes alimentaires, tout en reconnaissant les villes participantes dans la diversité de leurs objectifs et de leurs cibles (Forster *et al.*, 2015). Tous ces objectifs entretiennent des liens étroits avec la protection de l'environnement

Tableau 15.7 : Résumé des critères d'évaluation – Le Pacte de politique alimentaire urbaine de Milan et ses impacts au Mexique

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Le Pacte consolide le rôle des villes en tant qu'acteurs clés du système alimentaire mondial et favorise les liens de collaboration entre elles. Deux ans après son lancement à l'occasion de l'Exposition universelle Milan 2015, qui avait pour thème « Nourrir la planète, énergie pour la vie », et dans le cadre de la Charte de Milan, un document historique signé par le Secrétaire général des Nations Unies Ban Ki-Moon le 16 octobre 2015, le Pacte s'avère un instrument utile pour promouvoir la collaboration entre les villes en matière de politiques alimentaires et les accompagner vers l'aménagement du territoire et la durabilité environnementale.	Association européenne pour l'étude de l'obésité, 2015
Indépendance de l'évaluation	À ce stade, aucune donnée probante ne permet d'attester l'existence d'une étude d'impact portant sur le Pacte de politique alimentaire urbaine de Milan dans son ensemble. Néanmoins, plusieurs études ont été menées à l'échelle locale, notamment au Mexique.	Colchero <i>et al.</i> , 2016
Acteurs clés	Les acteurs clés du Pacte sont les maires des villes signataires, les organisations municipales de la société civile, le secteur privé et les communautés de recherche.	
Base de référence	Les données disponibles montrent qu'un habitant du Mexique consomme jusqu'à 162 litres de boissons gazeuses par an. En outre, les écoliers mexicains âgés de 5 à 11 ans consommeraient 20,7 % de boissons énergisantes, dont environ la moitié contiennent du sucre, alors que la majorité (64 %) des adultes sont en surpoids, que 28 % d'entre eux sont obèses et que 11 % souffrent d'un diabète de type 2.	Flores <i>et al.</i> , 2010 ; Brownell <i>et al.</i> , 2011 ; OMS, 2015
Délai d'exécution	Cette initiative a été lancée en janvier 2014 par le Gouvernement mexicain et l'évaluation indépendante a été réalisée en 2016.	
Facteurs limitants	Les principaux facteurs limitants relevés par le Pacte lui-même concernent les systèmes de gouvernance dans les villes souffrant de lacunes au niveau des institutions et des services administratifs, ainsi que la faible participation des parties prenantes à l'échelle municipale. Parmi les autres facteurs limitants, on peut également citer les divergences entre différentes politiques municipales et leurs conséquences sur l'autorité ou la juridiction municipale.	Forster <i>et al.</i> , 2015
Facteurs habilitants	Les principaux facteurs habilitants associés à la mise en œuvre du Pacte au Mexique sont le cadre de résultats du Pacte – fondé sur des données probantes – et la disponibilité des financements.	IPESA-Food, 2017b
Coût-efficacité	Thavorncharoensap (2017) a examiné le rapport coût-efficacité de la taxe sur les boissons visant à prévenir et à lutter contre l'obésité. Son analyse révèle que cette taxe est une mesure pertinente et rentable. Certaines villes offrent des exemples de techniques ou d'actions susceptibles de donner naissance à des politiques présentant un bon rapport coût-efficacité, notamment les microjardins, la mise en place de diverses coopératives, les applications mobiles, les magasins familiaux, les programmes de restaurants populaires et la promotion de l'agriculture urbaine.	Forster <i>et al.</i> , 2015 ; FAO, 2017 ; Thavorncharoensap, 2017
Équité	Six mesures sont particulièrement recommandées dans le cadre de la poursuite de l'équité sociale et économique : i) le recours à des mécanismes de protection sociale tels que les transferts monétaires et alimentaires à destination des populations vulnérables pour améliorer l'accès aux produits alimentaires ; ii) la réorientation des programmes de cantine scolaire pour garantir une alimentation saine ; iii) la promotion d'emplois décents ; iv) l'incitation et l'appui aux activités économiques sociales et solidaires ; v) la promotion des réseaux et le soutien des activités communautaires ; vi) la promotion de l'éducation, de la formation et de la recherche participatives.	Forster <i>et al.</i> , 2015
Avantages connexes	Les principaux avantages connexes de cette politique concernent le soutien de l'administration municipale aux résidents dans de nombreux aspects de leur quotidien, notamment à travers l'élargissement des espaces verts et de la biodiversité, la promotion d'une économie locale créatrice d'emplois, la solidarité entre les habitants, une alimentation de meilleure qualité, la restauration des espaces abandonnés, le recyclage et la gestion des déchets, et la création d'un paysage urbain diversifié pour les loisirs. En outre, cette politique a également permis de lutter contre les vagues de chaleur et de mieux gérer les îlots de chaleur à l'intérieur de la ville.	Forster <i>et al.</i> , 2015
Enjeux transfrontaliers	Ce réseau permet de réunir les administrations locales et de renforcer leur rôle dans le cadre d'une structure de gouvernance à plusieurs niveaux, offrant une plateforme multipartite pour la communication et l'échange au sujet des politiques mises en œuvre avec succès.	Tegoni et Licomati, 2017
Pistes d'amélioration	Il existe des lacunes dans certains domaines critiques, notamment le niveau de collaboration entre les ministères clés pour la mise en œuvre du Pacte, la cohésion des politiques et l'inclusion des principales parties prenantes dans le processus de mise en œuvre de la politique alimentaire.	Forster <i>et al.</i> , 2015



et la conservation de la biodiversité (**tableau 15.7**). L'étude de cas consacrée à la taxe sur les boissons sucrées instaurée au Mexique (Colchero *et al.*, 2016), présentée ci-dessous, offre un exemple caractéristique des résultats du Pacte.

Le Pacte a des conséquences sur l'environnement, l'économie, l'équité sociale et la santé des populations urbaines, ainsi que sur les liens qu'elles entretiennent avec l'agriculture rurale et urbaine. De plus en plus de villes participent à cette initiative et beaucoup d'autres devraient y adhérer à l'avenir. Plus de 400 maires, experts et délégués municipaux ont participé au troisième sommet annuel rassemblant les maires signataires du Pacte, qui a eu lieu à Valence, en Espagne, au mois d'octobre 2017. Les participants ont demandé aux organismes des Nations Unies de reconnaître leur rôle dans la mise en place d'un système alimentaire durable et d'améliorer le cadre de vie au sein et à l'extérieur des villes. L'efficacité de la politique du Pacte au Mexique se traduit par une sensibilisation accrue de la population locale aux

conséquences d'une consommation excessive de boissons gazeuses sucrées sur la santé et à la nécessité de revenir aux systèmes alimentaires traditionnels.

15.3 Les indicateurs

La gestion des terres, explicitement mentionnée dans la cible 15.3 des ODD, entretient également de nombreux liens avec les ODD 1, 2, 3, 6, 7, 11, 12 et 13. Les ODD comprennent un total de 244 indicateurs qui ont fait l'objet d'un accord collectif. Sur la base de la disponibilité des données et de leur pertinence pour les politiques de protection des terres et des sols, trois indicateurs des ODD ressortent comme étant les plus pertinents pour le présent chapitre (**tableau 15.8**) :

1. Surface des terres dégradées, en proportion de la surface totale des terres (indicateur 15.3.1) ;

Tableau 15.8 : Indicateurs pour l'évaluation de l'efficacité des politiques foncières et la mesure des progrès accomplis dans la réalisation des objectifs environnementaux mondiaux

Indicateur	Justification de la sélection	Abordé dans la partie A : Oui ou non ? Sous quelle forme ?	Abordé dans les études de cas : Oui ou non ? Lesquelles ?	Lien avec les ODD ou les accords multilatéraux sur l'environnement (AME)	Sources de données	Liens de causalité avec les politiques et autres variables ayant une incidence sur l'indicateur
1. Surface des terres dégradées, en proportion de la surface totale des terres	Indicateur ODD 15.3.1 : Il existe un consensus scientifique et politique ainsi que des précédents et un accord.	Oui : la section 4.4.3, sur les systèmes alimentaires ; l'encadré 9.3 : La Jordanie confrontée à une double crise des réfugiés et de l'eau.	Oui 2.2 Fixation de valeurs seuils 2.3 Planification et indemnisation 2.4 Programme de financement et fixation de normes pour la gestion des meilleures pratiques 2.4 Prestation de services de conseil	Il s'agit d'un indicateur de l'ODD 15. Le terme « dégradation des terres » est défini et examiné dans la CNULCD.	Voir les sources suivantes sur la dégradation des terres : Gibbs et Salmon, 2015 ; Le, Nkonya et Mizarbaev, 2016. La FAO dispose du Global Land Degradation Information System (GLADIS) ; le Réseau de solutions pour le développement durable [SDSN] (2014) a noté que les données relatives aux terres dégradées étaient « fragmentaires ». Voir également les métadonnées de la CNULCD.	L'IPBES (2018a) indique que la surface des terres dégradées, en proportion de la surface totale des terres, continue d'augmenter, principalement en raison de l'absence de politiques ou d'une mise en œuvre déficiente.
2. Surface des aires protégées terrestres, en proportion de la surface totale des terres	Indicateurs ODD 15.1.2 et 15.4.1 : Il existe un consensus scientifique et politique ainsi que des précédents et un accord.	Non	Non	Indicateurs ODD 15.1.2 et 15.4.1.	La liste des aires protégées des Nations Unies (Union internationale pour la conservation de la nature [UICN], 1994 ; UICN, 1998 ; Chape <i>et al.</i> , 2003) est disponible en ligne. On peut également consulter la Base de données mondiale sur les aires protégées. Le PNUE-CMSC a produit le rapport « Planète protégée ». Voir Organisation des Nations Unies (ONU), 2018.	Les politiques relatives aux aires protégées ont eu des effets globalement positifs, en particulier dans les pays développés, et des résultats moins prononcés dans le reste du monde.
3. Ratio entre le taux d'utilisation des terres et le taux de croissance démographique	Étant donné que l'utilisation des terres est la forme la plus forte et la plus irréversible de dégradation des terres, son découplage de la croissance démographique est la principale condition pour la préservation des terres, également en lien avec les autres ODD.	Oui. Section 2.2	Oui. 2.1 Création d'un réseau de parties prenantes	Indicateur ODD 11.3.1.	Programme des Nations Unies pour les établissements humains (ONU-Habitat) pour tous les pays du monde. Les données concernant plus de 300 villes sont suivies par l'Initiative pour la prospérité des villes, le Lincoln Institute, l'Université de New York et ONU-Habitat.	À l'échelle mondiale, la couverture terrestre est aujourd'hui principalement modifiée par l'utilisation humaine directe. Les données probantes tirées d'une étude portant sur 120 villes révèlent que la couverture terrestre urbaine augmente trois fois plus vite que la population urbaine. La dégradation des terres et la production agricole sont d'autres variables qui influent sur l'indicateur.



2. Surface des aires protégées terrestres, en proportion de la surface totale des terres (indicateur 15.3.2) ;
3. Ratio entre le taux d'utilisation des terres et le taux de croissance démographique (indicateur 11.3.1).

Ces indicateurs ont servi à évaluer l'efficacité des politiques et à mesurer les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs environnementaux fixés au niveau international, en particulier en ce qui concerne les terres et les sols.

15.3.1 Indicateur 1 : Surface des terres dégradées, en proportion de la surface totale des terres

L'expansion des activités économiques humaines et la concurrence entre les différents intérêts dont font l'objet les ressources foncières ont considérablement accru la pression qui s'exerce sur les terres et sur les écosystèmes terrestres (**figure 15.3**). Dans certains cas, elles ont également exacerbé les conflits politiques au niveau local (Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2017). Les estimations mondiales relatives à la dégradation des terres montrent qu'environ 25 % de la surface totale des terres sont dégradés, 36 % légèrement ou modérément dégradés, tandis que 10 % sont en voie d'amélioration (FAO, 2011 ; IPBES, 2018b). L'unité de mesure de cet indicateur est la surface des terres dégradées (exprimée en hectares ou en kilomètres carrés), divisée par la surface totale des terres (CNULCD, 2017b). Cet indicateur est calculé en additionnant l'ensemble des surfaces concernées par des changements et dont les conditions sont jugées négatives par les autorités nationales lorsqu'elles mesurent et évaluent chacun des trois sous-indicateurs suivants :

- ❖ la couverture terrestre et son évolution ;
- ❖ la productivité des terres ;
- ❖ les stocks de carbone sur terre et sous terre.

Cet indicateur est lié à plusieurs cibles et engagements fixés par les pouvoirs publics mondiaux, régionaux et nationaux dans le

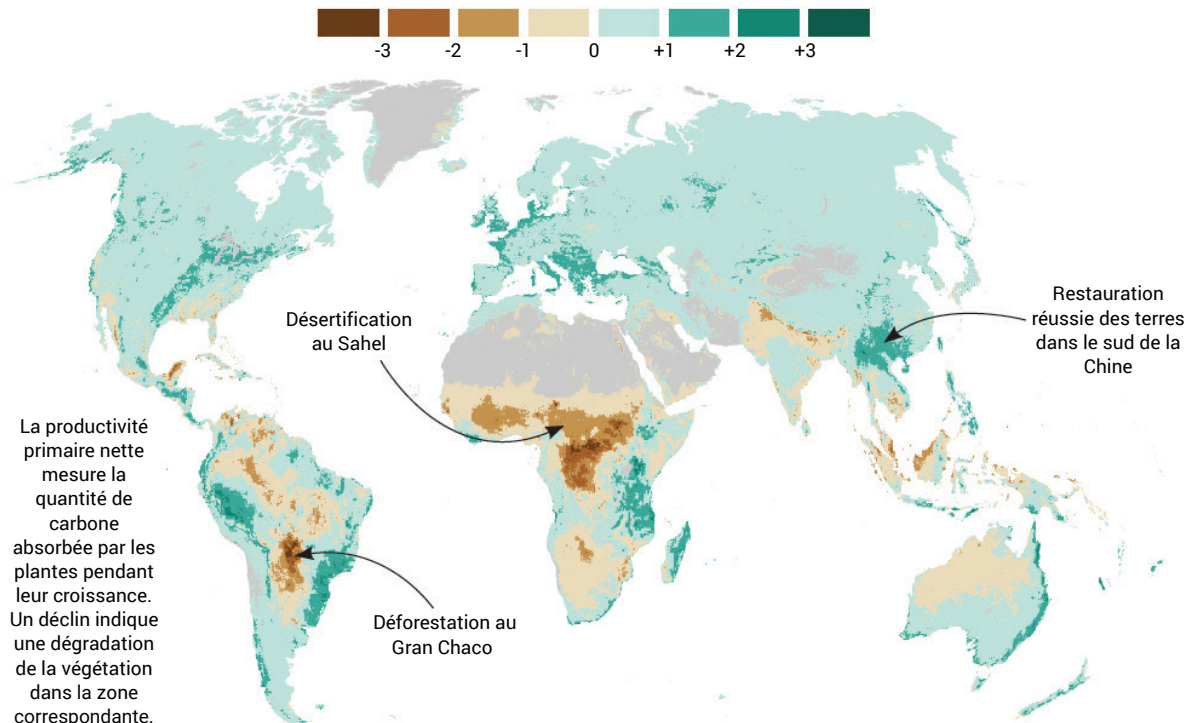
but d'enrayer et d'inverser la tendance à la dégradation des terres et de restaurer les terres dégradées (IPBES, 2018b). Il s'agit, par exemple, des Objectifs d'Aichi pour la biodiversité, du Défi de Bonn et d'initiatives régionales connexes (par exemple, l'Initiative 20x20, Initiative pour la restauration des paysages forestiers africains [AFR100], 2018), et de la cible 15.3 des ODD.

L'indicateur porte sur la nature de la dégradation constatée, qui se traduit par la réduction de la capacité des terres à fournir des biens et services écosystémiques à leurs bénéficiaires sur une période donnée (Nachtergaele *et al.*, 2011 ; Zdruli, 2014). La dégradation des terres a des conséquences directes sur la capacité de production primaire nette de biomasse, mais certains facteurs socio-économiques jouent un rôle majeur dans son apparition, notamment le lien entre l'urbanisation et la pollution des sols et de l'air qu'elle induit (Prasad et Badarinh, 2004 ; Seto, Güneralpa et Hutya, 2012). Dans certaines situations, des facteurs socio-économiques ont entravé les efforts mis en œuvre pour résoudre le problème de la dégradation des terres (Lubwama, 1999 ; Chasek *et al.*, 2011). On peut notamment citer les phénomènes d'expansion urbaine anarchique ou le déploiement de panneaux solaires favorisé par les politiques relatives aux énergies renouvelables et l'absence de directives bien définies en matière d'aménagement du territoire, qui ont pour effet d'accélérer ce type de changement d'affectation des terres au détriment de sols fertiles qui devraient être affectés à la production alimentaire ou à la préservation des apports de la nature aux populations (Diaz *et al.*, 2018).

Les politiques destinées à limiter ou à réduire la superficie des terres dégradées en proportion de la surface totale des terres ont produit des résultats limités. À l'échelle mondiale, la dégradation des terres demeure l'un des processus de dégradation les plus importants avec d'importantes répercussions en matière de sécurité alimentaire et d'environnement, et des risques pour les moyens de subsistance (IPBES, 2018b).

La **figure 15.3** montre l'importance de la séquestration du carbone dans le sol en tant qu'indicateur directement lié à la fertilité du

Figure 15.3 : Tendances de la dégradation et de la restauration des terres à travers le monde



Source : Banque mondiale (2018, p. 59).

sol et à l'atténuation des changements climatiques. L'initiative « 4 pour 1000 » encourage l'accumulation de carbone dans les sols mondiaux à un rythme de 0,4 % par an afin d'enrayer l'augmentation de la teneur en CO₂ dans l'atmosphère, qui constitue un facteur majeur de changement climatique. Cette initiative entend réaliser ses objectifs en appliquant les principes de l'agriculture de conservation et de l'agro-écologie. La figure illustre les progrès de la désertification dans le Sahel et de la déforestation en Amérique latine, ainsi que les résultats positifs de la restauration des terres dans le sud de la Chine.

15.3.2 Indicateur 2 : Surface des aires protégées terrestres en proportion de la surface totale des terres

Les préoccupations croissantes liées la dégradation de l'environnement depuis le milieu des années 1990 expliquent l'importance désormais accordée au rôle que joue la nature dans la préservation des sociétés (Butchart *et al.*, 2015 ; Diaz *et al.*, 2018). Reconnaisant l'importance de ce rôle, 193 Parties à la Convention sur la diversité biologique (CDB) ont adopté les 20 Objectifs d'Aichi, qui devaient être réalisés en 2020. L'objectif 11 relatif à la diversité biologique est particulièrement pertinent : il invite à une augmentation de 1,6 point de pourcentage (de 15,4 % à au moins 17 %) de la superficie des aires protégées à l'horizon 2020 (CDB, 2010). Cet objectif pourrait également contribuer à réduire la perte d'habitats naturels (Objectif 5), à réduire le déclin et l'extinction des espèces dus à l'action humaine (Objectif 12) et à maintenir les stocks mondiaux de carbone (Objectif 15). Depuis, les pays ont adopté les ODD (ONU, 2015), qui fixent des cibles pour 2020 et au-delà, et devraient susciter des avancées en matière d'aires terrestres protégées au cours des prochaines décennies (Allen *et al.*, 2016). L'ODD 15 fait spécifiquement référence aux écosystèmes terrestres et à leur gestion.

Cet indicateur mesure la surface des aires protégées terrestres, en proportion de la surface totale des terres, exprimée en pourcentage (ONU, 2015). L'objectif de cet indicateur consiste à évaluer dans quelle mesure les zones terrestres qui présentent une valeur écosystémique en termes de conservation de la biodiversité, de patrimoine culturel, de recherche scientifique, de loisirs et d'autres usages précieux, sont protégées, dans leur diversité et leur intégrité, contre les formes d'utilisation non durables (ONU, 2015).

L'indicateur est calculé à partir de l'ensemble des aires protégées désignées comme telles au niveau national et enregistrées dans

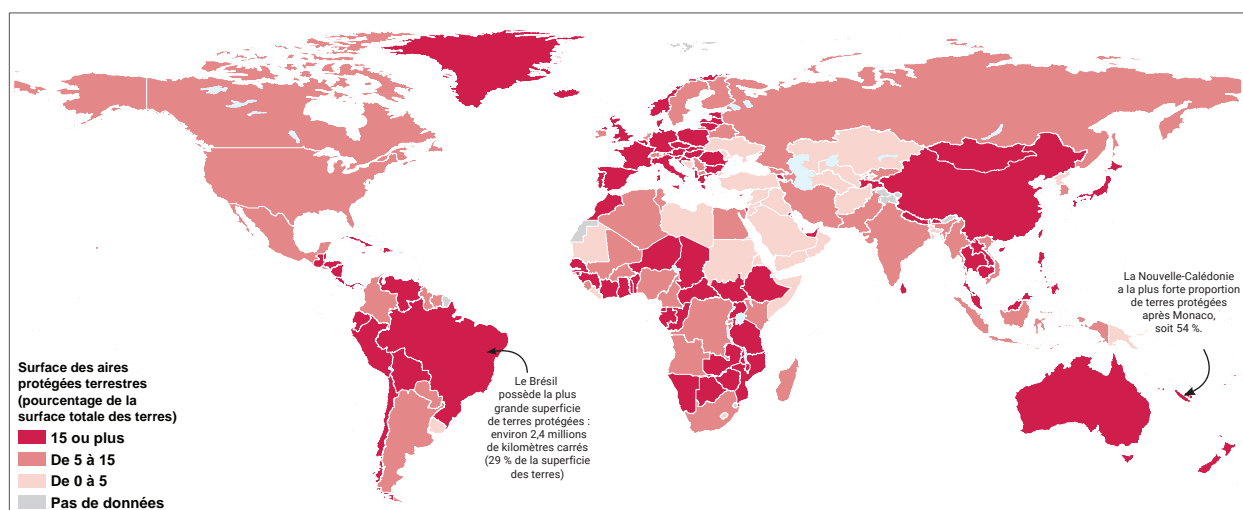
la Base de données mondiale sur les aires protégées (WDPA) (PNUE-CMSC, 2018). Les données de la Banque mondiale (2017) montrent que la proportion des aires protégées pour la période 1990-2014 est passée de 8,2 à 14,8 % de la surface totale des terres, ce qui indique une tendance positive reflétant la mise en œuvre de politiques nationales et internationales relatives à cette question (**figure 15.4**).

La gouvernance des aires protégées, en particulier des forêts primaires, est particulièrement intéressante à observer, car les données révèlent l'impact des prix de la production agricole sur les taux de déforestation au sein et à l'extérieur des aires protégées (Deiro et Escobar, 2012). Dans une étude réalisée en Amazonie, Assunção, Gadour et Rocha (2015) ont constaté une forte corrélation entre les taux de déforestation et les prix de la production agricole, tandis que Deiro et Escobar (2012) soulignent que la période 1981-2010 s'est caractérisée par la dégradation ou la perte de 45 millions d'hectares de terres, dont près de 70 % depuis 2008. Les auteurs concluent toutefois que les modifications apportées aux politiques de conservation entre 2004 et 2008 ont contribué à réduire de manière significative les taux de déforestation.

La situation géographique est un autre facteur clé qui influe sur les aires protégées. Joppa et Pfaff (2009) notent que le positionnement des aires protégées n'est pas aléatoire et qu'elles se situent souvent dans des zones inaccessibles ou inadaptées à l'agriculture, dans des régions éloignées et difficiles sur le plan topographique, sans raccordement au réseau de transports, de sorte qu'il est peu probable qu'elles soient soumises à la pression des différents facteurs responsables du changement d'affectation des terres.

De manière générale, cet indicateur est considéré comme prioritaire et fait l'objet d'un consensus, notamment scientifique et politique. Toutefois, les données relatives à l'impact des prix marchands, de l'efficacité de la gestion et d'autres facteurs propres aux sites concernés ont depuis lors donné lieu à une proposition consistant à incorporer des indicateurs permettant de mesurer les conditions propres aux différentes aires protégées et/ou l'efficacité de leur gestion, notamment des indicateurs de couverture spatiale plus équitables et représentatifs (par exemple, la superficie forestière en pourcentage de la superficie des terres).

Figure 15.4 : Surface des aires protégées terrestres, en proportion de la surface totale des terres, par pays (1990-2014)



Source : Banque mondiale (2018, p. 59).



15.3.3 Indicateur 3 : Ratio entre le taux d'utilisation des terres et le taux de croissance démographique

En 2016, environ 54,5 % de la population (humaine) mondiale vivait dans des zones urbaines, et l'ONU prédit qu'à l'horizon 2030, 60 % de la population mondiale sera urbaine (ONU, 2016a). L'augmentation totale de la population urbaine entre 2000 et 2020 est estimée à 1,48 milliard de personnes, dont 1,35 milliard dans les régions les moins développées (ONU, 2012). Étant donné que la croissance démographique s'accompagne d'une utilisation croissante des terres disponibles, les villes s'étendent bien au-delà de leurs limites administratives officielles et on observe des phénomènes d'expansion urbaine anarchique à leur périphérie (ONU-Habitat, 2017).

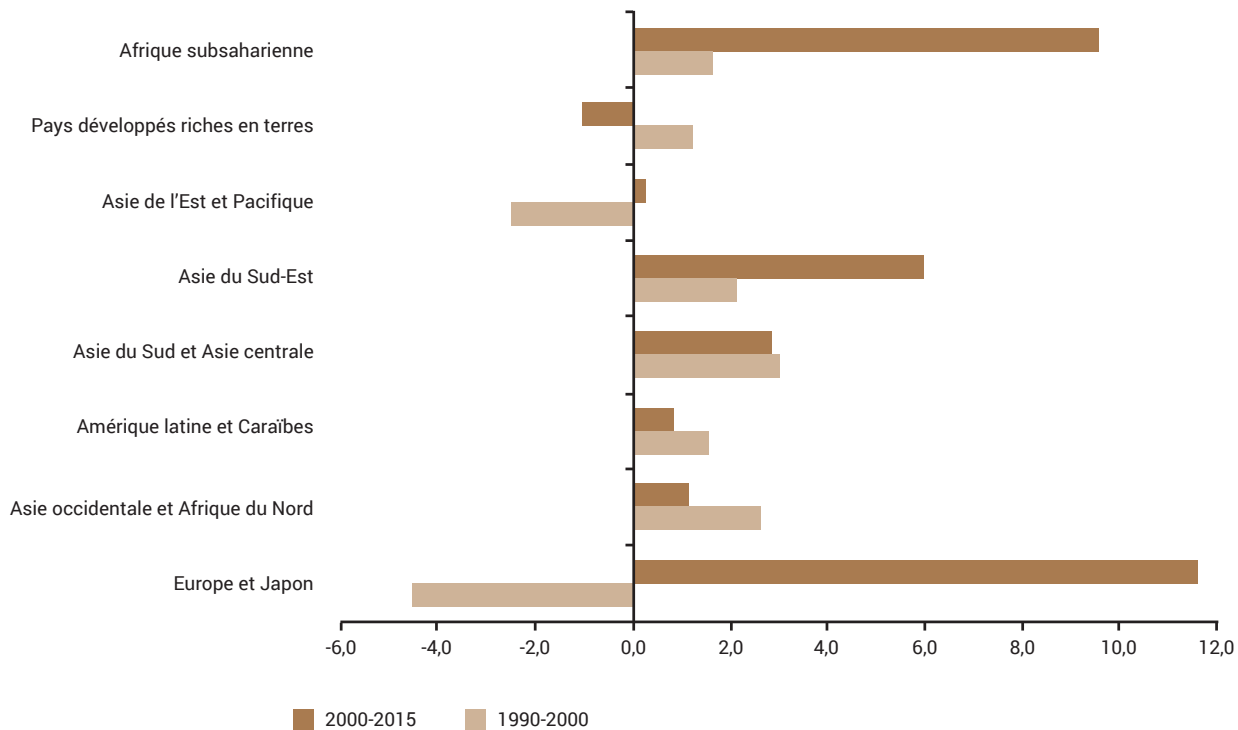
Le taux de consommation des terres est calculé en fonction des facteurs suivants : a) l'expansion de la surface bâtie directement mesurable ; b) l'étendue absolue des terres soumises à l'exploitation agricole, à la sylviculture ou à d'autres activités économiques ; c) l'exploitation trop intensive de terres agricoles et forestières (ONU, 2015). Le taux de croissance démographique correspond à l'augmentation de la population d'un pays pendant une période donnée (généralement un an), exprimée en pourcentage de la population au début de cette période (Banque mondiale, 2017) (figure 15.5).

Le ratio entre le taux d'utilisation des terres et le taux de croissance démographique est un indicateur essentiel, étroitement lié à plusieurs ODD, en particulier l'ODD 11, « Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables ».

L'évolution de la consommation des terres s'explique en grande partie par la croissance des infrastructures de transport, les lacunes en matière d'aménagement urbain et régional et la spéculation foncière (ONU-Habitat, 2015). Cette évolution produit ensuite des effets néfastes pour l'environnement (utilisation des ressources par habitant et émissions de gaz à effet de serre). Par exemple, pour chaque augmentation de 10 % des phénomènes d'expansion urbaine anarchique, on observe une augmentation de 5,7 % des émissions de CO₂ par habitant et une augmentation de 9,6 % de la pollution dangereuse par habitant. Cette situation creuse également les inégalités socio-économiques et spatiales. En 2014, par exemple, 30 % de la population urbaine mondiale (880 millions de personnes) vivait dans des taudis. En Afrique subsaharienne, cette proportion s'élevait à 55 % (ONU, 2016b).

Si les faits montrent qu'un aménagement déficient du territoire est l'un des principaux facteurs d'étalement urbain, l'élaboration de politiques efficaces joue un rôle essentiel dans la gestion de la consommation des terres (Rosni et Noor, 2016). Pour contrôler les phénomènes d'expansion urbaine anarchique, de nombreux pouvoirs publics s'appuient sur des stratégies telles que les restrictions d'utilisation des terres (par exemple, les limites imposées à la croissance urbaine et le zonage par lots minimums), les politiques fondées sur les prix, notamment les impôts fonciers (Gyourko et Molloy, 2015 ; Glaeser et Gyourko, 2017), et d'autres systèmes réglementaires fondés sur les ordonnances de zonage, les règlements de lotissement et les codes de construction. Feng *et al.* (2016a) concluent que la mise en œuvre de la politique d'aménagement du territoire en Chine a joué un rôle majeur pour garantir le plus faible taux effectif d'évolution de l'étalement. La restauration et la réutilisation d'anciennes friches industrielles

Figure 15.5 : Ratio entre le taux d'utilisation des terres et le taux de croissance démographique, selon la région et la période (1990-2015)



Source : ONU-Habitat (2015).



et d'autres types de terres déjà utilisées offrent une solution d'atténuation de la consommation qui reste encore sous-exploitée au sein des processus de planification et des politiques foncières (Tobias *et al.*, 2018).

Compte tenu des taux élevés de consommation des terres au sein de l'Union européenne – chaque jour, 275 hectares d'habitats agricoles et naturels sont convertis au profit des phénomènes d'expansion urbaine anarchique et d'autres formes d'artificialisation des sols –, cette dernière a approuvé une politique « zéro artificialisation nette des sols » à l'horizon 2050, qui vise à réduire l'artificialisation des sols dans toute l'Union en accordant la priorité aux zones vertes et aux corridors écologiques (Université de l'Ouest de l'Angleterre, Unité de communication scientifique, 2013).

Seto, Güneralpa et Hutyra (2012) affirment que la variabilité des facteurs de causalité complique l'observation de cet indicateur à une échelle internationale. L'absence de procédures normalisées pour la délimitation des unités spatiales et la reconnaissance des limites administratives entraîne des incohérences spatiales (ONU, 2018). ONU-Habitat a donc proposé une légère révision de l'indicateur 11.3.1 afin de mesurer le rapport entre le taux de consommation des terres et le taux de croissance démographique, et d'utiliser l'expression « utilisation efficace des terres » en s'appuyant sur un ratio égal ou inférieur à 1 comme condition d'efficacité.

Parmi les autres indicateurs proposés, on peut notamment citer :

- ❖ Les ressources investies dans les établissements humains, par habitant et par kilomètre carré (proposé par le Fonds d'équipement des Nations Unies [FENU]) ;
- ❖ La proportion de villes dotées d'une structure de participation directe de la société civile à la gestion et à l'aménagement des villes, fonctionnant de façon régulière et démocratique (proposé par les organismes du système statistique des Nations Unies) ;
- ❖ Le rapport entre le taux de consommation des terres et la croissance démographique urbaine, considérés à une échelle comparable (proposé par le Fonds des Nations Unies pour les populations [FNUAP]).

15.4 Conclusions

Différentes politiques et initiatives foncières ont été adoptées et mises en œuvre dans le monde entier. Il est toutefois difficile d'attribuer à des approches stratégiques spécifiques les progrès réalisés dans ce domaine thématique, et ce pour plusieurs raisons.

Premièrement, la nature transfrontalière des terres et de leurs ressources (Sikor *et al.*, 2013) entrave l'évaluation de l'efficacité des politiques. De nombreuses ressources foncières telles que les forêts ne peuvent pas être gérées au seul niveau de l'État, car elles traversent des frontières internationales. Les activités menées dans un pays ont souvent des effets sur les politiques et initiatives foncières des pays voisins. Cela empêche d'attribuer les progrès à une seule approche stratégique en matière de gestion durable des terres et de leurs ressources (Creutzig, 2017). Parmi les autres facteurs limitants, on peut notamment citer les différents régimes fonciers, ainsi que les acquisitions ou l'« accaparement » de terres à l'échelle mondiale, qui correspondent à plus de 42 millions d'hectares, principalement en Afrique. Les pays importateurs de denrées alimentaires ont accéléré leurs acquisitions pour renforcer la sécurité alimentaire mondiale.

Le défi des téléconnexions est étroitement lié à ce qui précède. En effet, la demande alimentaire dans une région du monde donnée

conduit à l'utilisation de terres dans une autre région ; l'Afrique, par exemple, est un contributeur net aux besoins alimentaires de l'Europe (Bergmann et Holmberg, 2016). Dans ce contexte, les politiques de gestion durable des terres d'un pays peuvent être influencées, positivement ou non, par la demande d'un autre pays, ce qui complique également l'attribution des progrès observés à une approche stratégique spécifique. La capacité de régénération des ressources foncières constitue un autre obstacle majeur à cette attribution. Les aliments, l'eau, les forêts et la faune sont des ressources renouvelables. Certaines ressources foncières telles que les systèmes forestiers peuvent se régénérer avec ou sans cadre stratégique, de sorte qu'il est difficile d'attribuer cette évolution à une politique spécifique de conservation des forêts.

La Banque mondiale (2006) fournit un ensemble de principes permettant de mesurer la réussite des politiques de gestion des terres et des ressources :

1. La participation de la communauté locale à tous les aspects du programme ;
2. Le soutien public à l'investissement privé dans la conservation des sols et des eaux ;
3. L'amélioration et l'entretien des routes ;
4. Une gestion macroéconomique saine, sans discrimination à l'égard de l'agriculture et des ressources naturelles ;
5. Un renforcement conséquent des capacités locales par des organisations non gouvernementales et d'autres projets de type coopératif ;
6. Le déploiement, pendant au moins une décennie, d'efforts constants par les pouvoirs publics concernés en vue d'accroître non seulement la productivité des terres, mais aussi la prise de conscience des problèmes environnementaux et des solutions envisageables au niveau local.

Certaines de ces conditions sont abordées dans les études de cas couvertes dans le présent chapitre. Toutefois, deux nouvelles approches stratégiques particulièrement prometteuses méritent d'être mentionnées. La première implique le recours à des incitations économiques pour régler les questions environnementales liées à la terre, comme le montre l'étude de cas de la Chine (section 15.2.2).

La seconde repose sur l'intensification durable de l'utilisation des terres et sur la gestion intégrée des ressources (Garnett *et al.*, 2013), en dépit des critiques portant sur le calcul global des avantages liés au concept d'intensification agricole (Rasmussen *et al.*, 2018). Cette approche se caractérise principalement par les progrès technologiques qui garantissent une productivité accrue des cultures. Cette dernière s'appuie sur la mise en œuvre de pratiques durables en matière de gestion des terres et de l'eau, telles que l'agriculture de conservation et le semis direct, décrites dans l'étude de cas sur l'Australie (section 15.2.4), mais aussi sur des systèmes de cultures mixtes tels que les légumineuses et les céréales, ainsi que sur l'agroforesterie, l'agroécologie (Banque mondiale, 2006) et l'agriculture renouvelable. L'un des principaux enseignements des études de cas proposées ici tient à l'importance d'un cadre institutionnel solide pour la mise en œuvre des politiques.

Dans l'ensemble de ces études de cas, le succès de la plupart des politiques mises en œuvre repose sur l'instauration de capacités institutionnelles et administratives adéquates. Les indicateurs proposés permettent de comparer les progrès réalisés aux principaux objectifs internationaux interdépendants tels que les ODD, et fournissent des données probantes relatives à ces avancées. L'indicateur 2, par exemple – la surface des aires protégées terrestres, en proportion de la surface totale des



terres – est lié aux Objectifs 13, 11 et 5 des Objectifs d'Aichi pour la biodiversité et s'avère également pertinent au regard de l'ODD 15 et des cibles correspondantes.

Les études de cas révèlent également que l'évaluation de l'efficacité des politiques est généralement commandée par des parties prenantes externes, tandis que les gouvernements nationaux, souvent impliqués dans l'élaboration des politiques, ne manifestent pas d'intérêt véritable pour ce processus d'évaluation. Il convient d'évaluer les politiques foncières afin d'en tirer des enseignements importants et utiles pour ajuster le contenu des politiques et la mise en œuvre des stratégies.

Parmi les lacunes les plus évidentes, on peut notamment citer le fait que la plupart des politiques foncières nationales ne s'inscrivent pas dans les objectifs fixés à l'échelle internationale. Cet aspect a son importance, surtout du point de vue des ODD, si l'on considère que la mise en œuvre de ces politiques ne contribuera pas – ou bien peu – à la réalisation des objectifs internationaux. Dans le Protocole de Kyoto, il n'est même pas fait mention du rôle des terres et des sols dans les changements climatiques. Lorsque les gouvernements nationaux ratifient des conventions internationales, il est important que celles-ci puissent prendre appui sur des politiques nationales pertinentes, accompagnées d'indicateurs de référence permettant de suivre les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs stratégiques.

Références



- Abiodun, B.J., Adegewa, Z.D., Oguntunde, P.G., Salami, A.T. et Ajayi, V.O. (2012). Modeling the impacts of reforestation on future climate in West Africa. *Theoretical and Applied Climatology* 110(1-2), 77-96. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0614-1>.
- Administration de l'État sur les forêts (Chine) (2011). *A Bulletin of Status Quo of Desertification and Sandification in China*. Beijing. <https://www.documentcloud.org/documents/1237947-state-forestry-administrationdesertification.html>.
- Agence de protection de l'environnement (États-Unis) (2014). *Protection & Restoring Land: Making a Visible Difference in Communities*. OSWER FY14 End of Year Accomplishments Report. <https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/oswerexecsummaryfy14webfinal.pdf>.
- Agence des États-Unis pour le développement international (2010). *Environmental Remediation at Da Nang Airport: Environmental Assessment in Compliance with 22 CFR 216*. <https://www.yumpu.com/en/document/read/35169019/environmental-remediation-at-da-nang-airport-agent-orange>.
- Agence européenne pour l'environnement (2014). *Progress in Management of Contaminated Sites*. Copenhagen. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/progress-in-management-of-contaminated-sites-3/assessment>.
- Ahrends, A., Hollingsworth, P.M., Beckschäfer, P., Chen, H., Zomer, R.J., Zhang, L. et al. (2017). China's fight to halt tree cover loss. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284(1854). <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2559>.
- Akhtar-Schuster, M., Stringer, L.C., Erlewein, A., Metternicht, G., Minelli, S., Safriel, U. et al. (2017). Unpacking the concept of land degradation neutrality and addressing its operation through the Rio conventions. *Journal of Environmental Management* 195, 4-15. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.044>.
- Allen, C., Metternicht, G. et Wiedmann, T. (2016). National pathways to the Sustainable Development Goals (SDGs): A comparative review of scenario modelling tools. *Environmental Science & Policy* 66, 199-207. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.09.008>.
- Association européenne pour l'étude de l'obésité (2015). *2015 Milan Declaration: A Call to Action on Obesity*. Teddington. <https://cdn.easo.org/wp-content/uploads/2018/12/16195534/EASO-Milan-Declaration-FINAL.pdf>.
- Assunção, J., Gandour, C. et Rocha, R. (2015). Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: Prices or policies? *Environment and Development Economics* 20(6), 697-722. <https://doi.org/10.1017/S1355770X15000078>.
- Aunan, K. et Pan, X.-C. (2004). Exposure response functions for health effects of ambient air pollution applicable for China – A meta-analysis. *Science of the Total Environment* 329(1-3), 3-16. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.008>.
- Ballabio, C., Panagos, P., Lugato, E., Huang, J.-H., Orgiazzi, A., Jones, A. et al. (2018). Copper distribution in European topsoils: An assessment based on LUCAS soil survey. *Science of the Total Environment* 636, 282-298. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.268>.
- Banque mondiale (2006). *Sustainable Land Management: Challenges, Opportunities, and Trade-Offs*. Washington. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/7132/366540PAPER0511PUBLIC0as0of0July71.pdf>.
- Banque mondiale (2010). *Lao PDR Development Report 2010. Natural Resource Management for Sustainable Development: Hydropower and Mining*. Washington. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/235551468090867517/pdf/59050WPO0Box3510LDR20101FullReport.pdf>.
- Banque mondiale (2017). *World Development Indicators*. Washington. <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&type=metadata&series=FR.LND.PT1.D.ZS>.
- Banque mondiale (2018). *Atlas of Sustainable Development Goals: From World Development Indicators*. Washington. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29788/9781464812507.pdf>.
- Bellotti, B. et Rochecouste, J.F. (2014). The development of conservation agriculture in Australia: Farmers as innovators. *International Soil and Water Conservation Research* 2(1), 21-34. [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30011-3](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30011-3).
- Bergmann, L. et Holmberg, M. (2016). Land in Motion. *Annals of the American Association of Geographers* 106(4), 932-956. <https://doi.org/10.1080/24694452.2016.1145537>.
- Blakemore, R.J. (2018). Critical decline of earthworms from organic origins under intensive, humid SOM-depleting agriculture. *Soil Systems* 2(2), 33. <https://doi.org/10.3390/soilsystems2020033>.
- Bren d'Amour, C., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B., Erb, K.-H. et al. (2017). Future urban land expansion and implications for global croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(34), 8939-8944. <https://doi.org/10.1073/pnas.1606036114>.
- Brownell, K.D., Farley, T., Willett, W.C., Popkin, B.M., Chaloupka, F.J., Thompson, J.W. et al. (2011). The public health and economic benefits of taxing sugar-sweetened beverages. *The New England Journal of Medicine* 361(16), 1599-1605. <https://doi.org/10.1056/NEJMhpr0905723>.
- Butchart, S.H.M., Clarke, M., Smith, R.J., Sykes, R.E., Scharlemann, J.P.W., Harfoot, M. et al. (2015). Shortfalls and solutions for meeting national and global conservation area targets. *Conservation Letters* 8(5), 329-337. <https://doi.org/10.1111/conl.12158>.
- Campoy-Muñoz, P., Cardenete, M.A. et Delgado, M.C. (2017). Economic impact assessment of food waste reduction on European countries through social accounting matrices. *Resources, Conservation and Recycling* 122, 202-209. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.02.010>.
- Castella, J.-C., Lestrelin, G., Hett, C., Bourgoign, J., Fitriana Y.R., Heinemann, A. et al. (2013). Effects of landscape segregation on livelihood vulnerability: Moving from extensive shifting cultivation to rotational agriculture and natural forests in northern Laos. *Human Ecology* 41(1), 63-76. <https://doi.org/10.1007/s10745-012-9538-8>.
- Chape, S., Blyth, S., Fish, L., Fox, P. et Spalding, M. (2003). *2003 United Nations List of Protected Areas*. Gland : Union internationale pour la conservation de la nature. <https://archive.org/details/2003unitednations03chap/page/n3>.
- Chasek, P., Essahli, W., Akhtar-Schuster, M., Stringer, L.C. et Thomas, R. (2011). Integrated land degradation monitoring and assessment: Horizontal knowledge management at the national and international levels. *Land Degradation & Development* 22(2), 272-284. <https://doi.org/10.1002/ldr.1096>.
- Choi, S. et Gankhuuyag, U. (2016). *Financing for the Sustainable Development Goals: Role of Fiscal Reforms, Revenue Management and Sovereign Wealth Funds in the Extractives Sector Examined*. Bangkok, 7-8 décembre. https://www.unpei.org/ives-sector-examined_s0dby0mncqivasmxw4krz-2/.
- Clinton, N., Stuhlmacher, M., Miles, A., Uludere Aragon, N., Wagner, M., Georgescu, M. et al. (2018). A global geospatial ecosystem services estimate of urban agriculture. *Earth's Future* 6(1), 40-60. <https://doi.org/10.1002/2017EF000536>.
- Colchero, M.A., Popkin, B.M., Rivera, J.A. et Ng, S.W. (2016). Beverage purchases from stores in Mexico under the excise tax on sugar sweetened beverages: Observational study. *BMJ* 352, 6704. <https://doi.org/10.1136/bmj.h6704>.
- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (2017a). *Global Land Outlook*. Bonn. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res.pdf.
- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (2017b). *Proportion of Land That Is Degraded over Total Land Area – Indicator 15.3.1*. <https://knowledge.unccd.int/publications/proporation-land-degraded-over-total-land-area-indicator-1531> (consulté le 6 novembre 2018).
- Convention sur la diversité biologique (2010). *X/2. Plan stratégique 2011-2020 et objectifs d'Aichi relatifs à la diversité biologique. Décision adoptée par la Conférence des parties à la Convention sur la diversité biologique lors de sa dixième réunion*. UNEP/CBD/COP/DEC/X/2. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-fr.doc>.
- Creutzig, F. (2017). Govern land as a global commons. *Nature* 546(7656), 28-29. <https://doi.org/10.1038/546028a>.
- De Cunto, A., Tegoni, C., Sonnino, R., Michel, C. et Lajili-Djalai, F. (2017). *Food in Cities: Study on Innovation for a Sustainable and Healthy Production, Delivery, and Consumption of Food in Cities*. Bruxelles : Commission européenne. https://ec.europa.eu/research/openview/pdf/rise/food_in_cities.pdf.
- Deiro, B. et Escobar, H. (2012). *Brasil perdeu um RJ de áreas protegidas*. Université fédérale do Pernambuco. <http://www.estadao.com.br/noticias/impreso-brasil-perdeu-um-rj-de-areasprotegidas,975519>.
- Deng, L., Liu, G.-b. et Shanguan, Z.-p. (2014). Land-use conversion and changing soil carbon stocks in China's « Grain-for-Green » program: A synthesis. *Global Change Biology* 20(11), 3544-3556. <https://doi.org/10.1111/gcb.12508>.
- Deng, X. et Li, Z. (2016). Economics of land degradation in China. Dans Nkonya, E., Mirzabae, A. et von Braun, J. (dir.), *Economics of Land Degradation and Improvement: A Global Assessment for Sustainable Development*. Chapitre 13, 385-399. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-19168-3_13.pdf.
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R.T., Molnár, Z. et al. (2018). Assessing nature's contribution to people. *Science* 359(6373), 270-272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>.
- Dumanski, J., Peiretti, R., Benites, J.R., McGarry, D. et Pieri, C. (2006). The paradigm of conservation agriculture. *Proceedings of World Association of Soil and Water Conservation P1(7)*, 58-64. <http://www.unpaecm.org/publication/ConservationAgri/ParaOCA.pdf>.
- Ericson, B., Caravanos, J., Depratt, C., Santos, C., Cabral, M.G., Fuller, R. et al. (2018). Cost effectiveness of environmental lead risk mitigation in low- and middle-income countries. *GeoHealth* 2(2), 87-101. <https://doi.org/10.1002/2017GH000109>.
- Feng, L., Du, P., Zhu, L., Luo, J. et Adaku, E. (2016a). Investigating sprawl along China's urban fringe from a spatio-temporal perspective. *Applied Spatial Analysis and Policy* 9(2), 233-250. <https://doi.org/10.1007/s12061-015-9149-z>.
- Feng, X., Fu, B., Piao, S., Wang, S., Ciais, P., Zeng, Z. et al. (2016b). Revegetation in China's Loess Plateau is approaching sustainable water resource limits. *Nature Climate Change* 6, 1019-1022. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE3092>.
- Flores, M., Macías, N., Rivera, M., Lozada, A., Barquera, S., Rivera-Dommarco, J. et al. (2010). Dietary patterns in Mexican adults are associated with risk of being overweight or obese. *The Journal of Nutrition* 140(10), 1869-1873. <https://doi.org/10.3945/jn.110.121533>.
- Forster, T., Egal, F., Escudero, A.G., Dubbeling, M. et Renting, H. (dir.) (2015). *Milan Urban Food Policy Pact. Selected Good Practices from Cities*. Milan : Fondazione Giangiacomo Feltrinelli. <https://ruaf.org/assets/2019/11/Milan-Urban-Food-Policy-Pact-Selected-Good-Practices-from-Cities.pdf>.
- Garnett, T., Appleby, M.C., Balmford, A., Bateman, I.J., Benton, T.G., Bloomer, P. et al. (2013). Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies. *Science* 341(6141), 33-34. <https://doi.org/10.1126/science.1234485>.
- Gibbs, H.K. et Salmon, J.M. (2015). Mapping the world's degraded land. *Applied Geography* 57, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.024>.
- Giller, K.E., Andersson, J.A., Corbeels, M., Kirkegaard, J., Mortensen, D., Erenstein, O. et al. (2015). Global conservation agriculture. *Frontiers in Plant Science* 6(872). <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00870>.
- Glaeser, E. et Gyourko, J. (2017). *The Economic Implications of Housing Supply*. Cambridge, MA : National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w23833.pdf>.
- Global Witness (2013). *Rubber Barons: How Vietnamese Companies and International Financiers Are Driving a Land Grabbing Crisis in Cambodia and Laos*. https://www.globalwitness.org/documents/10525/rubber_barons_lores_0_1.pdf.
- Goudie, A.S. et Middleton, N.J. (2006). *Desert Dust in the Global System*. Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9783540323549>.
- Groupe d'experts international sur les systèmes alimentaires durables (2017a). *What Makes Urban Food Policy Happen? Insights from Five Case Studies: Executive Summary*. Londres. http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/Cities_execsummary.pdf.
- Groupe d'experts international sur les systèmes alimentaires durables (2017b). *What Makes Urban Food Policy Happen? Insights from Five Case Studies*. Londres. http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/Cities_full.pdf.
- Gyourko, J. et Molloy, R. (2015). Regulation and housing supply. Dans Duranton, G., Henderson, J.V. et Strange, W. (dir.), *Handbook of Regional and Urban Economics*. Amsterdam : Elsevier Science. Chapitre 19, 1289-1337. <https://econpapers.repec.org/bookchap/eeeregchp/5-1289.htm>.
- Haddaway, N.R., Hedlund, K., Jackson, L.E., Kätterer, T., Lugato, E., Thomsen, I.K. et al. (2017). How does tillage intensity affect soil organic carbon? A systematic review. *Environmental Evidence* 6(30). <https://doi.org/10.1186/s13750-017-0108-9>.
- Hamidov, A., Helming, K. et Balla, D. (2016). Impact of agricultural land use in Central Asia: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 36(1), 6. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0337-z>.
- Henríquez-Hernández, L.A., González-Antuña, A., Boada, L.D., Carranza, C., Pérez-Arellano, J.L., Almeida-González, M. et al. (2018). Pattern of blood concentrations of 47 elements in two populations from the same geographical area but with different geological origin and lifestyles: Canary Islands (Spain) vs. Morocco. *Science of the Total Environment* 636, 709-716. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.311>.
- Huang, T., Zhang, X., Ling, Z., Zhang, L., Gao, H., Tian, C. et al. (2016). Impacts of large-scale land-use change on the uptake of polycyclic aromatic hydrocarbons in the artificial three northern regions shelter forest across northern China. *Environmental Science & Technology* 50(23), 12885-12893. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04835>.
- Initiative pour la restauration des paysages forestiers africains (2018). *Afri100*. <http://afr100.org/> (consulté le 6 novembre 2018).



Jiang, H. (2016). Taking down the « Great Green Wall »: The science and policy discourse of desertification and its control in China. Dans Behrke, R. et Mortimore, M. (dir.), *The End of Desertification? Disrupting Environmental Change in the Drylands*. Berlin : Springer. 513-536. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-16014-1_19.

Joppa, L.N. et Pfaff, A. (2009). High and far: Biases in the location of protected areas. *PLoS One* 4(12), e8273. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008273>.

Kassam, A. et Friedrich, T. (2011). Conservation agriculture: Principles, sustainable land management and ecosystem services. *Società Italiana di Agronomia XI. Convegno Nazionale, Università degli Studi Teramo*. Rome, 7-9 septembre. https://www.researchgate.net/profile/Theodor-Friedrich/publication/267861426_Conservation_Agriculture_Principles_Sustainable_Land_Management_and_Ecosystem_Services/links/547f08b10cf2de80e7cc7265/Conservation-Agriculture-Principles-Sustainable-Land-Management-and-Ecosystem-Services.pdf.

King, P.N. et Mori, H. (2007). Policy selection and diffusion theory. *International Review for Environmental Strategies* 7(1), 17-38. <https://www.iges.or.jp/en/pub/policy-selection-and-diffusion-theory/en>.

Krueger, S. (2012). *Conservation Crusader: Paraguayan Rolf Derpsch Helped Expand No-Till Across Globe*. Corn + Soybean Digest. <http://www.cornandsoybeandigest.com/conservation/conservation-crusader-paraguayan-rolf-derpsch-helped-expand-no-till-across-globe>.

Lal, R. (2014). Soil conservation and ecosystem services. *International Soil and Water Conservation Research* 2(3), 36-47. [https://doi.org/10.1016/S2095-6333\(15\)30021-6](https://doi.org/10.1016/S2095-6333(15)30021-6).

Lambin, E.F., Meyfroidt, P., Rueda, X., Blackman, A., Börner, J., Cerutti, P.O. et al. (2014). Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. *Global Environmental Change* 28, 129-140. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.007>.

Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N. et al. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet* 391(10119), 462-512. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0).

Lankoski, J., Ollikainen, M. et Uusitalo, P. (2004). *No-Till Technology: Benefits to Farmers and the Environment?* Helsinki : Université d'Helsinki. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/1975/635/Discuss1.pdf>.

Le, Q.B., Nkonya, E. et Mirzabaev, A. (2016). Biomass productivity-based mapping of global land degradation hotspots. Dans Nkonya, E., Mirzabaev, A. et von Braun, J. (dir.), *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*. Springer. Chapitre 10, 55-84. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-19168-3_4.

Li, W. et Huntsinger, L. (2011). China's grassland contract policy and its impacts on herder ability to benefit in inner Mongolia: Tragic feedbacks. *Ecology and Society* 16(2). <https://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss2/art1/>.

Lu, Q. et Wang, S. (2003). *Dust-Sand Storms in China: Disastrous Effects and Mitigation Strategies*. XII^e Congrès forestier mondial. Québec, 21-28 septembre. <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0859-R5.HTM>.

Lubwana, F.B. (1999). Socio-economic and gender issues affecting the adoption of conservation tillage practices. Dans Kaumbutho, P.G. et Simalenga, T.E. (dir.), *Conservation Tillage with Animal Traction*. Kampala : Réseau de traction animale pour l'Afrique orientale et australe. 155-160. <https://pdfs.semanticscholar.org/27b8/6a6c8c3669f5e4af4448b376946714bea3b.pdf>.

Lupi, C. et Hoa, N.K. (2015). *GEF/UNDP Project Environmental Remediation of Dioxin Contaminated Hotspots in Viet Nam Terminal Evaluation Report*. <https://erc.unpd.org/evaluation/documents/download/8716>.

Marques, M.J., Schwilch, G., Lauterburg, N., Crittenden, S., Tesfai, M., Stolte, J. et al. (2016). Multifaceted impacts of sustainable land management in drylands: A review. *Sustainability* 8(2), 177. <https://doi.org/10.3390/su8020177>.

Messeri, J., Bader, C., Hett, C., Epprecht, M. et Heinemann, A. (2015). Towards a spatial understanding of trade-offs in sustainable development: A meso-scale analysis of the nexus between land use, poverty, and environment in the Lao PDR. *PLoS One* 10(7), e0133418. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133418>.

Middleton, N. et Kang, U. (2017). Sand and dust storms: Impact mitigation. *Sustainability* 9(6), 1053. <https://doi.org/10.3390/su9061053>.

Ministère du Plan et de l'Investissement (Laos) (2011). *The Seventh Five-Year National Socio-Economic Development Plan (2011-2015)*. Vientiane. http://www.laundp.org/content/dam/laopdr/docs/Reports%20and%20publications/LA_7th%20SEDP_Eng.pdf.

Muller, A., Schader, C., El-Hage Scialabba, N., Brüggemann, J., Isensee, A., Erb, K.-H. et al. (2017). Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communications* 8(1290). <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w>.

Musée américain d'histoire naturelle (2008). *China's Great Green Wall: A Dust Antidote?* <https://www.youtube.com/watch?v=BlISOrA3qfa> (consulté le 6 novembre 2018).

Nachtergaele, F., Petri, M., Biancalani, R., van Lynden, G., van Velthuisen, H. et Bloise, M. (2011). *Global Land Degradation Information System (GLADIS): Version 1.0. An Information Database for Land Degradation Assessment at Global Level*. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

O'Callaghan, J. (2014). Will China's Great GREEN Wall save the country from dust storms? 100 billion tree project could halt advancing Gobi Desert. *Daily Mail*, <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2874368/Will-China-s-Great-GREEN-Wall-save-country-dust-storms-100-billion-tree-project-halt-advancing-Gobi-Desert.html>.

Omonode, R.A., Smith, D.R., Gál, A. et Vyn, T.J. (2011). Soil nitrous oxide emissions in corn following three decades of tillage and rotation treatments. *Soil Science Society of America Journal* 75(1), 152-163. <https://doi.org/10.2136/sssaj2009.0147>.

Organisation de coopération et de développement économiques (2017). *The Governance of Land Use in OECD Countries: Policy Analysis and Recommendations*. Paris. <https://www.oecd.org/gov/the-governance-of-land-use-in-oecd-countries-9789264268609-en.htm>.

Organisation des Nations Unies (2012). *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*. New York. http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/WUP2011_Report.pdf.

Organisation des Nations Unies (2015). *17 Goals to Transform Our World*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/> (consulté le 6 novembre 2018).

Organisation des Nations Unies (2016a). *The World's Cities in 2016: Data Booklet*. New York. http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the-worlds-cities-in-2016_data_booklet.pdf.

Organisation des Nations Unies (2016b). *Sustainable Development Goal 11: Make Cities and Human Settlements Inclusive, Safe, Resilient and Sustainable: Progress and Info* (2016). <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg11> (consulté le 6 novembre 2018).

Organisation des Nations Unies (2018). *Metadata & Reference*. <http://data.un.org/DataMartInfo.aspx> (consulté le 6 novembre 2018).

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2010). *Global Forests Resources Assessment 2010: Country Report. Lao People's Democratic Republic*. Rome. <http://www.fao.org/forestry/20366-06af02afcc37e155d6de871dafdf77bbf.pdf>.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2011). *L'état des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde : gérer les systèmes en danger*. Rome. <http://www.fao.org/docrep/017/1688f/1688f.pdf>.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2016). *Agriculture de conservation*. <http://www.fao.org/conservation-agriculture/fr/>.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2017). *Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-b1813e.pdf>.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2018). *Les pertes alimentaires. Les gaspillages alimentaires*. <http://www.fao.org/platform-food-loss-waste/fr/> (consulté le 6 novembre 2018).

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et Groupe technique intergouvernemental sur les sols (2015). *Status of the World's Soil Resources: Main Report*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-5199e.pdf>.

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (2012). *Introduction of BAT/BEP Methodology to Demonstrate Reduction or Elimination of Unintentionally Produced Persistent Organic Pollutants (UPOPs) Releases from the Industry in Vietnam*. Vienne. <https://vnncpc.org/en/project/ap-dung-batbep-trong-giam-phat-thai-upop-2/>.

Organisation mondiale de la Santé (2015). *Global Health Observatory Data Repository*. <http://apps.who.int/gho/data/node.main.320A897A72ang-en>.

Pacte de politique alimentaire de Milan (2018). *Milan Urban Food Policy Pact*. <https://www.milanurbanfoodpolicypact.org/> (consulté le 6 novembre 2018).

Panorama mondial des approches et technologies de conservation (2016). *World Overview of Conservation Approaches and Technologies*. <https://www.vocant.net/en/> (consulté le 6 novembre 2018).

Phimmavong, S., Ozarska, B., Midgley, S. et Keenan, R. (2009). Forest and plantation development in Laos: History, development and impact for rural communities. *The International Forestry Review* 11(4), 501-513. <https://www.jstor.org/stable/43739828>.

Phompila, C., Lewis, M., Ostendorf, B. et Clarke, K. (2017). Forest cover changes in Lao tropical forests: Physical and socio-economic factors are the most important drivers. *Land* 6(2), 23. <https://doi.org/10.3390/land6020023>.

Piao, S., Friedlingstein, P., Ciais, P., Viovy, N. et Demarty, J. (2007). Growing season extension and its impact on terrestrial carbon cycle in the Northern Hemisphere over the past 2 decades. *Global Biogeochemical Cycles* 21(3). <https://doi.org/10.1029/2006GB002888>.

Pierzynski, G. et Brajendra (dir.) (2017). *Threats to Soils: Global Trends and Perspectives. A Contribution from the Intergovernmental Technical Panel on Soils, Global Soil Partnership Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Global Land Outlook Working Paper. Bonn : Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification. https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/17%20Threats%20to%20Soils_Pierzynski_Brajendra.pdf.

Plant, J., Smith, D., Smith, B. et Williams, L. (2001). Environmental geochemistry at the global scale. *Applied Geochemistry* 16(11-12), 1291-1308. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(01\)00036-1](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(01)00036-1).

Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2018a). *The Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Europe and Central Asia: Summary for Policymakers*. Fischer, M., Rounsevell, M., Torre-Marín Rando, A., Mader, A., Church, A., Elbakidze, M. et al. (dir.). Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_2b_eca_digital_0.pdf.

Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2018b). *The Assessment Report on Land Degradation and Restoration: Summary for Policymakers*. Scholes, R., Montanarella, L., Brainich, A., Berger, N., ten Brink, B., Cantele, M. et al. (dir.). Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_3bi_ldr_digital.pdf.

Prasad, V.K. et Badarinarth, K.V.S. (2004). Land use changes and trends in Human Appropriation of above ground Net Primary Production (HANPP) in India (1961-98). *The Geographical Journal* 170(1), 51-63. <https://doi.org/10.1111/j.0016-7398.2004.05015.x>.

Programme des Nations Unies pour le développement (2009). *Environmental Remediation of Dioxin Contaminated Hotspots in Viet Nam*. https://www.vn.undp.org/content/vietnam/en/home/operations/projects/closed-projects/environment_climate/Environmental-Remediation-of-Dioxin-Contaminated-Hotspots-in-Vietnam/ (consulté le 6 novembre 2018).

Programme des Nations Unies pour le développement (2014). *Sustainable Forest and Land Management in the Dry Dipterocarp Forest Ecosystems of Southern Lao PDR*. New York. <https://www.thegef.org/project/sustainable-forest-and-land-management-dry-dipterocarp-forest-ecosystems-southern-lao-pdr>.

Programme des Nations Unies pour le développement (2016). *Managing Investment through a Poverty and Environment Lens*. <http://www.laundp.org/content/laopdr/en/home/presscenter/pressreleases/2016/04/27/managing-investment-through-a-poverty-and-environment-lens/>.

Programme des Nations Unies pour le développement et Programme des Nations Unies pour l'environnement (2013). *Stories of Change from the Joint UNDP-UNEP Poverty-Environment Initiative*. Nairobi. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/32434/SOC.pdf>.

Programme des Nations Unies pour le développement et Programme des Nations Unies pour l'environnement (2018). *Lao PDR*. <http://www.unpei.org/what-we-do/pei-countries/laopdr> (consulté le 6 novembre 2018).

Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature (2018). *World Database on Protected Areas*. <https://www.protectedplanet.net/c/world-database-on-protected-areas> (consulté le 6 novembre 2018).

Programme des Nations Unies pour l'environnement, Organisation météorologique mondiale et Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (2016). *Global Assessment of Sand and Dust Storms*. Shepherd, G. (dir.). http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7681/Global_Assessment_of_sand_and_dust_storms_2016.pdf.

Programme des Nations Unies pour les établissements humains (2015). *11-3 Sustainable Urbanization*. <https://unhabitat.org/11-3-sustainable-urbanization> (consulté le 6 novembre 2018).

Programme des Nations Unies pour les établissements humains (2017). *UN-Habitat Global Activities Report 2017: Strengthening Partnerships in Support of the New Urban Agenda and the Sustainable Development Goals*. Nairobi. https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/GAR2017_web_160517.pdf.

Rakhmon, S., Thomas, R., Ergashev, M. et Khisravshokh, S. (2016). *Tajikistan Case Study Policy Brief*. Bonn : Economics of Land Degradation Initiative. <http://repol.mel.cgiar.org/handle/20.500.11766/5107>.

Rasmussen, L.V., Coopsaet, B., Martin, A., Mertz, O., Pascual, U., Corbera, E. et al. (2018). Social-ecological outcomes of agricultural intensification. *Nature Sustainability* 1, 275-282. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0070-8>.



- Reicosky, D.C. (2015). Conservation tillage is not conservation agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation* 70(5), 103A-108A. <https://doi.org/10.2489/jswc.70.5.103A>.
- Réseau de solutions pour le développement durable (2014). *Indicators for Sustainable Development Goals: A Report by the Leadership Council of the Sustainable Development Solutions Network*. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/3233indicatorreport.pdf>.
- Rodrigues, S.M., Pereira, M.E., Ferreira da Silva, E., Hursthouse, A.S. et Duarte, A.C. (2009). A review of regulatory decisions for environmental protection: Part I – Challenges in the implementation of national soil policies. *Environment International* 35(1), 202-213. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.08.007>.
- Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. et Pennock, D. (2018). *Soil Pollution: A Hidden Reality*. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/3/i9183fEN/i9183en.pdf>.
- Rojó, L., Bautista, S., Orr, B.J., Vallejo, R., Cortina, J. et Derak, M. (2012). Actions de prévention et de restauration pour combattre la désertification. Une évaluation intégrée : le projet PRACTICE. *Science et changements planétaires/Sécheresse* 23(3), 219-226. <https://doi.org/10.1684/sec.2012.0351>.
- Rosegrant, M.W., Koo, J., Cenacchi, N., Ringle, C., Robertson, R., Fisher, M. et al. (2014). *Food Security in a World of Natural Resource Scarcity: The Role of Agricultural Technologies*. Washington : Institut international de recherche sur les politiques alimentaires. <http://ebrary.ifpri.org/utis/getdownloaditem/collection/p15738coll2/id/128022/filename/128233.pdf/mapsto/pdf/type/singleitem>.
- Rosni, N.A. et Noor, N.M. (2016). A review of literature on urban sprawl: Assessment of factors and causes. *Journal of Architecture, Planning and Construction Management* 6(1), 12-35. <https://journals.iium.edu.my/kaed/index.php/japcm/article/download/193/207>.
- Rush, E.C. et Yan, M.R. (2017). Evolution not revolution: Nutrition and obesity. *Nutrients* 9(5), 519. <https://doi.org/10.3390/nu9050519>.
- Sanz, M.J., de Vente, J., Chotte, J.-L., Bernoux, M., Kust, G., Ruiz, I. et al. (2017). *Sustainable Land Management Contribution to Successful Land-Based Climate Change Adaptation and Mitigation. A Report of the Science-Policy Interface*. Bonn : Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/UNCCD_Report_SLM.pdf.
- Schönweger, O., Heinmann, A., Eprecht, M., Lu, J. et Thalongsenchanh, P. (2012). *Concessions and Leases in the Lao PDR: Taking Stock of Land Investments*. Berne : Université de Berne. <https://catalogue.nla.gov.au/Record/6571317>.
- Schwilch, G., Liniger, H.P. et Humli, H. (2014). Sustainable land management (SLM) practices in drylands: How do they address desertification threats? *Environmental Management* 54(5), 983-1004. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0071-3>.
- Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm (2018). *Synergies*. <http://www.brsmas.org/> (consulté le 6 novembre 2018).
- Serraj, R. et Siddique, K.H.M. (2012). Conservation agriculture in dry areas. *Field Crops Research* 132, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.03.002>.
- Seto, K.C., Güneralp, B. et Hutyra, L.R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(40), 16083-16088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>.
- Sikor, T., Auld, G., Bebbington, A.J., Benjaminsen, T.A., Gentry, B.S., Hunsberger, C. et al. (2013). Global land governance: From territory to flow? *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5(5), 522-527. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.06.006>.
- Stenmarck, Å., Jensen, C., Quesed, T. et Moates, G. (2016). *Estimates of European Food Waste Levels*. Bruxelles : Union européenne. <https://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/Estimates%20of%20European%20food%20waste%20levels.pdf>.
- Sternberg T., Rueff, H. et Middleton, N. (2015). Contraction of the Gobi Desert, 2000-2012. *Remote Sensing* 7(2), 1346-1358. <https://doi.org/10.3390/rs70201346>.
- Swella, G.B., Ward, P.R., Siddique, K.H.M. et Flower, K.C. (2015). Combinations of tall standing and horizontal residue affect soil water dynamics in rainfed conservation agriculture systems. *Soil and Tillage Research* 147, 30-38. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.11.004>.
- Tan, M. et Li, X. (2015). Does the Green Great Wall effectively decrease dust storm intensity in China? A study based on NOAA NVDI and weather station data. *Land Use Policy* 43, 42-47. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.10.017>.
- Tavera, C. (2015). *Lao PDR Country Study Report for the Independent Evaluation of the Scale-up Phase (2008-2013) of the UNDP-UNEP Poverty – Environment Initiative and Mid-term Evaluation of the Second Phase (2012–2014) of the Lao PDR PEI Country Programme*. Programme des Nations Unies pour le développement et Programme des Nations Unies pour l'environnement. <http://erc.undp.org/evaluation/documents/download/9553>.
- Tavera, C., Alderman, C. et Nordin, N. (2016). *Independent Evaluation of the Scale-Up Phase (2008-2013) of the UNDP-UNEP Poverty – Environment Initiative*. <https://www.unpep.org/files/sites/default/files/dmdocuments/pei%20evaluation%20final%20report.pdf>.
- Tegoni, C. et Licomati, S. (2017). The Milan urban food policy pact: The potential of food and the key role of cities in localizing SDGs. *Journal of Universities and International Development Cooperation* 1, 372-378. <http://www.ojs.unifo.it/index.php/junco/article/view/2173>.
- Teshome, A., de Graaff, J., Ritsema, C. et Kassie, M. (2015). Farmers' perceptions about the influence of land quality, land fragmentation and tenure systems on sustainable land management in the North Western Ethiopian Highlands. *Land Degradation & Development* 27(4), 884-898. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ldr.2298>.
- Thavorncharoensap, M. (2017). *Effectiveness of Obesity Prevention and Control*. Tokyo : Banque asiatique de développement. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/226281/adb-tp654.pdf>.
- Tobias, S., Conen, F., Duss, A., Wenzel, L.M., Buser, C. et Alewell, C. (2018). Soil sealing and unsealing: State of the art and examples. *Land Degradation & Development* 29(6), 2015-2024. <https://doi.org/10.1002/ldr.2919>.
- Tóth, G., Herrmann, T., Szatmári, G. et Pásztor, L. (2016). Maps of heavy metals in the soils of the European Union and proposed priority areas for detailed assessment. *Science of the Total Environment* 565, 1054-1062. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.115>.
- Trigo, E., Cap, E., Malach, V. et Villarreal, F. (2009). *The Case of Zero-Tillage Technology in Argentina*. IFPRI Discussion Paper. Washington : Institut international de recherche sur les politiques alimentaires. <http://www.ifpri.org/cdmref/p15738coll2/id/29503/filename/29504.pdf>.
- Union internationale pour la conservation de la nature (1994). *1993 United Nations List of National Parks and Protected Areas*. Gland. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22735/1993_UN_parks_protected_areas.pdf.
- Union internationale pour la conservation de la nature (1998). *1997 United Nations List of Protected Areas*. Gland. <https://archive.org/details/1997unitednation97wcmv/page/n9>.
- Université de l'Ouest de l'Angleterre, Unité de communication scientifique (2013). *Science for Environment Policy In-Depth Report. Soil Contamination: Impacts on Human Health*. Commission européenne. http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR5_en.pdf.
- Vastola, A., Zdruli, P., D'Amico, M., Pappalardo, G., Viccaro, M., Di Napoli, F. et al. (2017). A comparative multidimensional evaluation of conservation agriculture systems: A case study from a Mediterranean area of Southern Italy. *Land Use Policy* 68, 326-333. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.034>.
- Wallheimer, B. (2010). *No-Till, Rotation Can Limit Greenhouse Gas Emissions from Farm Fields*. Université Purdue. <https://www.purdue.edu/newsroom/research/2010/101220VynNitrous.html> (consulté le 6 novembre 2018).
- Wang, S., Fu, B., Piao, S., Lü, Y., Ciais, P., Feng, X. et al. (2015). Reduced sediment transport in the Yellow River due to anthropogenic changes. *Nature Geoscience* 9, 38-41. <https://doi.org/10.1038/NNGEO2602>.
- Wang, X.M., Zhang, C.X., Hasi, E. et Dong, Z.B. (2010). Has the three Norths Forest Shelterbelt Program solved the desertification and dust storm problems in arid and semiarid China? *Journal of Arid Environments* 74(1), 13-22. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.08.001>.
- Weber, M., Driessen, P.P.J. et Runhaar, H.A.C. (2014). Evaluating environmental policy instruments mixes: A methodology illustrated by noise policy in the Netherlands. *Journal of Environmental Planning and Management* 57(9), 1381-1397. <https://doi.org/10.1080/09640568.2013.808609>.
- Wellmann, D. (2012). *The Legal Framework of State Land Leases and Concessions in the Lao PDR*. Integrated Rural Development in Poverty Regions of Laos. https://data.opendevelopmentmekong.net/library_record/the-legal-framework-of-state-land-leases-and-concessions-in-the-lao-pdr.
- Xinhua (2018). *China Focus: China Adopts New Law on Soil Pollution Prevention*. http://www.xinhuanet.com/english/2018-09/01/c_137434559.htm (consulté le 6 novembre 2018).
- Xu, D., Song, A. et Song, X. (2017). Assessing the effect of desertification controlling projects and policies in northern Shaanxi Province, China by integrating remote sensing and farmer investigation data. *Frontiers of Earth Science* 11(4), 689-701. <https://doi.org/10.1007/s11707-016-0601-4>.
- Yin, R. et Yin, G. (2010). China's primary programs of terrestrial ecosystem restoration: Initiation, implementation, and challenges. *Environmental Management* 45(3), 429-441. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9373-x>.
- Zdruli, P. (2014). Land resources of the Mediterranean: Status, pressures, trends and impacts on future regional development. *Land Degradation & Development* 25(4), 373-384. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ldr.2150>.
- Zdruli, P. et Zucca, C. (2018). Maintaining soil health in dryland areas. Dans Reicosky, D. (dir). *Managing Soil Health for Sustainable Agriculture, Volume 2*. Cambridge Burleigh and Dods Science Publishing. Chapitre 19. <https://shop.bdsublishing.com/checkout/Store/bds/Detail/WorkGroup/3-190-56261>.



Chapitre 16



Les politiques sur l'eau douce



Auteur coordonnateur : Peter King (Institute for Global Environmental Strategies)

Auteurs principaux : Erica Gaddis (Service de la qualité de l'environnement, Utah), James Grellier (Centre européen de l'environnement et de la santé humaine, université d'Exeter), Anna Maria Grobicki (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO]), Rowena Hay (Umvoto), Naho Mirumachi (King's College, Londres), Gavin Mudd (Institut royal de technologie de Melbourne, université RMIT), Farhad Mukhtarov (université Érasme de Rotterdam) et Walter Rast (Centre de l'eau et de l'environnement de Meadows, université d'État du Texas)

Membres honoraires de GEO : Beatriz Rodríguez-Labajos (université autonome de Barcelone), Jaee Sanjay Nikam (université d'État de l'Arizona) et Patricia Nayna Schwerdtle (université Monash)



Pour élaborer une politique efficace en matière d'eau douce, il est essentiel de s'attaquer aux forces motrices et aux pressions concernées. Il est possible d'y parvenir grâce à des mécanismes réglementaires contraignants, des subventions, des investissements d'accompagnement et le renforcement des capacités des acteurs. L'adoption d'approches novatrices fondées sur les processus, telles que l'expérimentation, l'apprentissage et la déclaration volontaire, peut également s'avérer utile. {16.2.1, 16.2.4}

La cohérence et la synergie sont nécessaires pour s'assurer que les politiques tiennent compte des liens entre l'eau, l'alimentation, l'énergie, la santé et les écosystèmes. On adopte généralement une combinaison de politiques pour répondre aux exigences des différents secteurs et gérer les répercussions échappant au périmètre des politiques relatives à l'eau douce. Ce type de combinaison doit occuper une place centrale dans l'élaboration des politiques relatives à l'eau douce, afin de répondre à la complexité des liens entre qualité et quantité de l'eau, agriculture, santé humaine, écosystèmes et systèmes énergétiques. Cette vision intégrée permet de mettre en œuvre des politiques cohérentes et synergiques, ce qui constitue un avantage important au regard de l'influence que les politiques relatives à l'eau exercent sur d'autres politiques sectorielles, notamment agricoles et énergétiques. {16.2.1, 16.2.2}

En matière d'eau douce, les politiques sont souvent fortement déterminées par le contexte. Néanmoins, il existe également différents types de politiques et d'approches de gouvernance susceptibles d'être adaptées à des contextes locaux variés. Les approches de gouvernance et les types de politiques sont variés. La conception, la mise en œuvre et l'évaluation de ces politiques exigent la mise en place de structures institutionnelles, de ressources économiques et d'autres facteurs favorables. {16.1, 16.2.3, 16.2.5}

Les politiques relatives à l'eau douce gagneraient à mieux prendre en compte les avantages connexes pour les écosystèmes et la santé humaine. Les changements de qualité et de quantité de l'eau dus à des interventions telles que les investissements dans les infrastructures et les aléas naturels exigent de prendre en compte les menaces directes pour la santé humaine. Pourtant, l'optimisation des avantages connexes potentiels demeure peu répandue. {16.1, 16.2.2, 16.3}

L'efficacité des politiques démontre l'importance du rôle des citoyens, du secteur privé et des organismes non gouvernementaux, en particulier dans le cadre des processus participatifs. La mise en œuvre de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) est un processus participatif, fondé sur la coordination intersectorielle et sur un engagement accru des acteurs non gouvernementaux. Des efforts de collaboration sont nécessaires pour susciter la participation du secteur privé, des organisations non gouvernementales, de l'administration locale et des citoyens. La mobilisation des parties prenantes est un processus inscrit dans le long terme et leur mise en relation nécessite un effort d'investissement. Les institutions doivent

être conçues de manière à favoriser l'intégration de ces relations dans les processus décisionnels, et non leur prise en compte au cas par cas. Le transfert de la gouvernance de l'eau exige des investissements, un renforcement des capacités et des efforts de sensibilisation soutenus et durables. L'échange de connaissances à l'échelle infranationale favorise la participation efficace des parties prenantes. {16.1, 16.2.1, 16.2.2, 16.2.5}

L'évaluation de l'efficacité des politiques est renforcée par l'établissement de rapports réguliers et transparents et par un suivi systématique. Pour garantir l'efficacité d'une politique, il convient de fixer au préalable des critères de réussite, afin de pouvoir procéder à des comparaisons et tirer des enseignements par la suite. Les stratégies fondées sur la normalisation des rapports de développement durable, l'élaboration de mécanismes nationaux pour l'établissement des rapports et le recours à des pôles de connaissances pour l'élaboration des rapports scientifiques ont déjà fait leurs preuves {16.2}. Les rapports et la surveillance permettent de suivre les progrès accomplis à l'échelle nationale et mondiale, de les confronter aux objectifs de développement durable (ODD) et de mettre en évidence les chaînes de causalité propres à une politique d'intervention donnée. {16.3.1, 16.3.2}

Face à des approches stratégiques de plus en plus intégrées et complexes, il convient de ne pas négliger les besoins de base en matière d'assainissement de l'environnement et de réparation des dommages hérités. Même les économies développées ont sans cesse besoin de règlements, de solutions techniques et d'investissements permettant d'améliorer les pratiques en matière d'utilisation de l'eau et de prévenir la dégradation de la qualité de l'eau {16.1}. Pour inverser les tendances actuelles en matière d'utilisation de l'eau, il peut s'avérer nécessaire de réviser certaines politiques. {16.6.1}

Pour gagner en efficacité, les politiques relatives à l'environnement et à l'eau douce peuvent s'appuyer sur la prise en compte des questions sociales, en particulier l'équité et la santé. Les disparités constatées au sein d'un pays ou entre pays développés et en développement peuvent justifier le déploiement d'efforts nationaux et mondiaux visant à traiter la question de l'accès à l'eau et aux services d'assainissement. Cela permettra également de consolider le droit humain à l'eau et à l'assainissement. {16.2.3, 16.2.5}

En matière d'eau douce, la mise en œuvre de politiques efficaces et innovantes, profitant à la fois aux populations et à la planète, offre des perspectives de transformation. L'approche fondée sur les flux environnementaux offre des perspectives de transformation, car elle permet d'envisager chaque cours d'eau comme un système vivant à part entière, d'évaluer ses besoins quantitatifs en eau et d'équilibrer ces besoins avec ceux de divers secteurs économiques. La généralisation de ce type d'évaluation donne une place centrale aux flux environnementaux dans le processus de gestion et de gouvernance des bassins fluviaux, ce qui favorise l'intégration de la gestion de l'eau et des paysages à l'échelle des bassins versants. {16.2.1}



16.1 Introduction

Les objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) ont incité les pays à s'attaquer aux questions relatives à l'accès durable à l'eau potable et aux services d'assainissement de base. Les ODD offrent désormais un cadre global encore plus ambitieux, permettant d'aborder des préoccupations multidimensionnelles ayant trait à la disponibilité, à la qualité, à l'utilisation et à la gouvernance de l'eau. Au chapitre 9 de la partie A, nous avons identifié un vaste ensemble de politiques utilisées dans le monde entier pour traiter certains aspects des cibles définies dans l'ODD 6. Il s'agit notamment d'approches stratégiques générales telles que les instruments de marché, les programmes de réglementation, la surveillance, le renforcement des capacités, ainsi que des interventions propres au secteur de l'eau telles que l'assainissement et l'utilisation combinée des eaux de surface et souterraines.

Les politiques décrites à la section 9.9 témoignent de l'attention croissante accordée aux échelles géographiques de plus grande envergure. Elles intègrent des enjeux dépassant le seul périmètre du bassin fluvial, comme c'est le cas du commerce virtuel de l'eau, et associent différentes échelles institutionnelles échappant au cadre national. Par conséquent, la présente analyse de l'efficacité des politiques relatives à l'eau douce se penche d'abord sur les nombreuses utilisations de l'eau inscrites dans les politiques en vigueur et sur les considérations multisectorielles propres à certaines approches stratégiques. Elle fait également ressortir les forces et les faiblesses des politiques qui établissent un lien entre l'eau, l'alimentation, l'énergie, le climat, les écosystèmes et la santé.

16.2 Les principales politiques et approches de gouvernance

Les différents acteurs responsables de l'élaboration des politiques s'efforcent de prendre en compte les liens entre l'eau, l'alimentation et l'énergie, afin que les politiques adoptées en matière d'eau douce intègrent les liens entre le cycle hydrologique, les écosystèmes, et les systèmes alimentaires et énergétiques. Les efforts déployés pour répondre à ce besoin sont toutefois relativement nouveaux et se heurtent à la multiplicité des échelles spatiales, temporelles et de gouvernance. Les enjeux relatifs à l'équité, qui consistent à éviter les injustices dues aux procédures en vigueur, jouent un rôle important dans la réflexion sur l'efficacité des politiques relatives à ces liens intersectoriels. Par le biais d'études de cas et d'une analyse des indicateurs liés aux ODD, le présent chapitre illustre l'importance du concept de liens intersectoriels au regard de l'efficacité des politiques et de leur rapport coût-efficacité. Les différentes études de cas proposées ici illustrent des politiques de gestion de l'eau nationales et transfrontalières issues du monde

entier, caractérisées par un succès modeste et par des difficultés de mise en œuvre suivantes :

- ❖ Concilier autonomisation des gestionnaires locaux de l'eau et maintien de protections uniformes à l'échelle des pays et des bassins fluviaux transfrontaliers ;
- ❖ Trouver un mode de conception et d'exploitation des barrages permettant de réduire les impacts sur les écosystèmes, de favoriser la santé humaine, l'agriculture et l'énergie, et de prendre en considération les flux environnementaux et le recours à une gestion adaptative ;
- ❖ Réformer la politique de gestion des risques d'inondation pour respecter les exigences de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), qui donne des responsabilités accrues aux collectivités locales ;
- ❖ Garantir des services d'approvisionnement de base aux communautés pauvres issues de régions déficitaires en eau ;
- ❖ Renforcer la cohérence et la transparence des rapports de développement durable établis par le secteur privé.

En outre, trois indicateurs ayant trait aux politiques relatives à l'accès à l'eau, à l'assainissement et aux prélèvements d'eau sont également examinés. Ces indicateurs représentent une autre façon d'évaluer la politique mondiale de l'eau.

Ces études de cas et ces indicateurs illustrent les différents moyens d'intervention et domaines thématiques qui ont vu le jour et assurent ensemble une gestion intégrée des enjeux relatifs aux liens intersectoriels. Il s'agit d'une rupture par rapport aux processus décisionnels assumés par une autorité gouvernementale unique et d'une évolution vers une gouvernance fondée sur une série de règles, de principes et de procédures impliquant diverses parties prenantes.

Les approches stratégiques et les études de cas abordées dans le présent chapitre (**tableau 16.1**) sont liées à la typologie des politiques décrite au chapitre 10.

16.2.1 Les cadres réglementaires pour la gestion de la qualité des eaux transfrontalières

Les cours d'eau transfrontaliers sont communs à deux ou plusieurs États. La gestion de ces fleuves, rivières, lacs ou aquifères limitrophes repose sur la coordination et la mise en place d'institutions multilatérales. Les accords internationaux entre États constituent des aménagements officiels pour la gouvernance des eaux transfrontalières.

Dans le cas particulier des rivières et des fleuves transfrontaliers, les accords sont devenus de plus en plus nombreux et complets au fil du temps, reflétant une approche intégrée de la gestion des cours

Tableau 16.1 : Approches stratégiques et études de cas

Approche de gouvernance	Moyen d'intervention	Étude de cas
Politiques contraignantes ; renforcement des capacités des acteurs ; soutien à l'investissement	Objectifs de qualité de l'eau coordonnés par un accord transfrontalier binational	Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs
Renforcement des capacités des acteurs ; politiques contraignantes	Flux environnementaux	Gestion adaptative du barrage de Glen Canyon
Programmes d'incitation économique ; politiques contraignantes	Conception collaborative des institutions	Réduction des risques de catastrophe, gestion des risques d'inondation au Royaume-Uni – stratégie <i>Making Space for Water</i> et politique de gestion des risques d'inondation
Politiques contraignantes ; programmes d'incitation économique ; soutien à l'investissement	Tarification de l'eau et gratuité des services d'approvisionnement de base	Politique de gratuité des services de base pour l'approvisionnement en eau en Afrique du Sud
Promotion de l'innovation ; renforcement des capacités des acteurs ; persuasion des consommateurs, des employeurs et des actionnaires	Normalisation des rapports de développement durable	Exploitation minière – durabilité de l'eau



d'eau et des lacs limitrophes (Giordano *et al.*, 2014). En 2007, on dénombrait 250 traités relatifs aux eaux douces et 30 autres sont conclus à chaque décennie (Giordano *et al.*, 2014), le plus souvent axés sur la qualité de l'eau et sur l'environnement. Toutefois, on constate généralement que les obligations, les responsabilités et les mécanismes d'application de la loi en matière de qualité de l'eau ne sont pas clairement établis (Giordano *et al.*, 2014). Les accords réglementaires ont tendance à exclure les mécanismes d'échange direct de données et d'informations (Gerlak, Lautze et Giordano, 2011). La combinaison de ces tendances révèle l'importance accordée à la qualité de l'eau, mais aussi les difficultés liées à la mise en place de moyens d'intervention spécifiques.

Les organismes de bassin versant (OBV) pour les masses d'eau transfrontalières peuvent servir de canaux pour la mise en œuvre des traités. En règle générale, les OBV ont pour principales fonctions : i) la collecte, le suivi et la réglementation des données ; ii) la planification des bassins versants ; iii) le développement d'infrastructures et d'équipements (Partenariat mondial de l'eau [GWP], 2017). De nombreux OBV reposent sur les principes de la GIRE, qui visent l'efficacité, l'équité et la durabilité écologique, tout en s'attaquant aux problèmes de qualité et de quantité de l'eau. Selon le cadre Forces motrices-Pressions-État-Impact-Réponse (DPSIR) (section 1.6), cette approche institutionnelle vise à identifier les pressions à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau, ainsi que les modalités d'utilisation raisonnable et équitable de l'eau et les enjeux écosystémiques correspondants.

Le succès des accords et des cadres dépend de la vigilance et de la précision dont ils font l'objet. En effet, le développement institutionnel ne garantit pas à lui seul l'amélioration de la qualité de l'eau et n'empêche pas les pratiques clandestines (Bernauer et Kuhn, 2010), ce qui pourrait remettre en cause l'efficacité de la coopération (Mirumachi, 2015).

Étude de cas : l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs

En réponse à la pollution du bassin des Grands Lacs (Thornton *et al.*, 1999), les États-Unis et le Canada, sous l'égide du Traité des eaux limitrophes (1909), ont signé l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (2012).

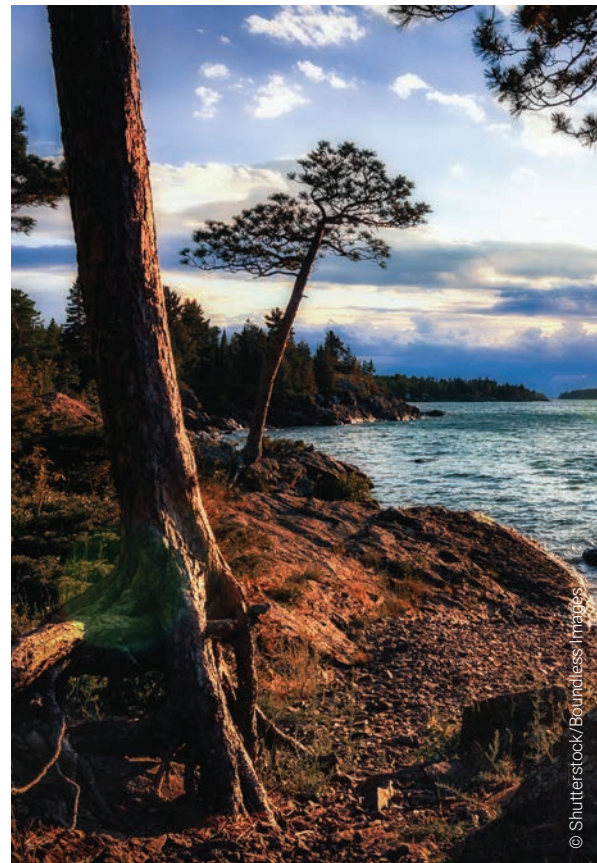
Avec plus de 30 millions d'habitants (Agence de protection de l'environnement [US EPA], 2017), le bassin des Grands Lacs reçoit d'importants rejets polluants issus d'un large éventail de sources ponctuelles et diffuses d'origine industrielle, agricole, forestière ou urbaine (Marvin, Painter et Rossmann, 2004). Les polluants les plus préoccupants au regard de leur impact sur les écosystèmes et la santé humaine sont les métaux agissant par bioamplification – tel le mercure – et les polluants organiques persistants (POP), à savoir les biphényles polychlorés (BPC), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les naphtalènes polychlorés (NPC), les pesticides organochlorés (POC), les éthers diphenyliques polybromés (EDPB) et les perfluorocarbures (PFC) (Helm *et al.*, 2011). Parmi les autres risques écosystémiques, on peut notamment citer les espèces envahissantes, la prolifération d'algues nuisibles et l'eutrophisation (Smith *et al.*, 2015).

L'accord actuel comporte des annexes qui abordent diverses questions relatives à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, notamment les secteurs préoccupants, la gestion à l'échelle des lacs, la dépollution, le maintien de l'écosystème et les impacts des changements climatiques. Il englobe une palette de politiques impliquant les institutions fédérales, étatiques et locales, et favorisant une coopération (réglementée ou volontaire) fondée sur la combinaison de mesures issues des programmes, politiques et ressources propres à chaque pays concerné.

La Commission mixte internationale (CMI) est une institution binationale permanente de règlement des différends. En vertu du traité de 1909, la CMI est investie du pouvoir d'appliquer des

principes directeurs pour l'utilisation de l'eau et d'un pouvoir d'arbitrage des différends (Krantzberg et De Boer, 2008). De plus, les administrations fédérales des deux pays demandent périodiquement à la CMI d'examiner des questions précises relatives aux eaux limitrophes (Findlay et Telford, 2006 ; McLaughlin et Krantzberg, 2012). Par conséquent, en vertu du Traité des eaux limitrophes, la CMI tient des réunions semestrielles abordant un ensemble de questions relatives à la frontière commune entre Canada et États-Unis (<https://www.ijc.org/fr/bibliotheque/proces-verbal>). Dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, la CMI a reçu un mandat spécifique aux Grands Lacs : conseiller les gouvernements, formuler des recommandations et rendre compte des progrès accomplis dans la mise en œuvre de l'accord. À cette fin, les Parties à l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (c'est-à-dire les gouvernements nationaux) tiennent des réunions semestrielles qui portent spécifiquement sur la mise en œuvre de l'accord (CMI, 1980 ; CMI, 1981 ; CMI, 2001 ; CMI, 2017).

Le Protocole de 1987 de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs distingue 43 « secteurs préoccupants ». On a constaté que ces secteurs (12 au Canada, 26 aux États-Unis et cinq secteurs binationaux) présentaient une forte dégradation de la qualité de l'eau et de la santé des écosystèmes. La dégradation de l'environnement est principalement héritée du passé et imputable aux activités industrielles, à l'agriculture, au ruissellement des eaux urbaines et rurales, aux effluents d'eaux usées municipales, à la planification de l'utilisation du sol et aux pratiques adoptées sur les terres urbaines et rurales. Tous ces facteurs contribuent à la dégradation de la qualité de l'eau et à la contamination des sédiments des rivières et des lacs, avec de graves répercussions sur les habitats et les populations de poissons et d'animaux sauvages. Le **tableau 16.2** présente notre évaluation de l'efficacité de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs.



**Tableau 16.2 : Évaluation de l'efficacité de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs**

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Sept secteurs préoccupants (trois au Canada et quatre aux États-Unis) ont été retirés de la liste. Plusieurs autres secteurs considérés comme étant en voie de rétablissement devraient leur emboîter le pas.	US EPA, 2017
Indépendance de l'évaluation	Les progrès sont généralement signalés par les Parties et évalués par la CMI, sur avis de deux grands conseils consultatifs (le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs et le Conseil consultatif scientifique). Le Conseil de la qualité de l'eau propose des avis et une évaluation d'ordre stratégique, tandis que le Conseil consultatif scientifique se concentre sur les aspects scientifiques. La CMI publie également un rapport d'évaluation triennal qui : i) présente les progrès accomplis par les Parties ; ii) résume les commentaires recueillis auprès du grand public concernant le rapport d'étape produit par les Parties ; iii) comprend une évaluation du degré de conformité des programmes mis en œuvre aux objectifs généraux et spécifiques de l'accord.	Conseil national de la recherche des États-Unis, 1985) ; CMI, 2017
Acteurs clés	Les principaux acteurs sont les gouvernements des États-Unis et du Canada, en collaboration avec d'autres administrations qui soutiennent la mise en œuvre de l'Accord. La fonction d'évaluation est l'un des rôles clés de la CMI dans le cadre de son aide aux gouvernements.	CMI, 2017
Données de référence	Dans le cadre de l'Accord, les Parties ont adopté neuf objectifs généraux, qui définissent les objectifs écosystémiques de haut niveau qu'elles s'efforcent de concrétiser. Les Parties ont également mis en place une série de neuf indicateurs écosystémiques, assortis de 44 sous-indicateurs, afin d'évaluer l'état des Grands Lacs et de déterminer si des progrès ont été accomplis au regard des objectifs généraux.	CMI, 2017
Délai d'exécution	L'Accord est entré en vigueur au moment de son adoption par les deux gouvernements en 1972, la modification la plus récente étant intervenue en 2012. Depuis plus de 45 ans, il fournit un cadre binational qui permet aux deux pays de travailler à la restauration et à la protection des Grands Lacs.	US EPA, 2017
Facteurs limitants	Les progrès réalisés par les Parties sont soumis à un important dispositif de supervision mettant à contribution le grand public (par exemple, au moyen de webinaires publics binationaux sur des questions de fond). Néanmoins, des voix se sont élevées pour réclamer un discours plus inclusif et une participation accrue des citoyens, en particulier pendant les périodes de renégociation de l'Accord. Il a également été préconisé d'abandonner l'approche ponctuelle fondée sur la résolution des problèmes au profit d'un processus de réflexion plus innovant, inscrit dans une vision plus stratégique.	Krantzberg, 2012
Facteurs habilitants	Le Canada et les États-Unis disposent de capacités leur permettant de recruter le personnel nécessaire et de s'acquitter des importantes obligations stratégiques, institutionnelles, techniques et financières inhérentes à la réalisation des objectifs de l'accord. Les deux pays bénéficient également d'un système permanent pour la mise en œuvre de plans de restauration des secteurs préoccupants. Enfin, ils souhaitent instaurer un système adaptatif d'expérimentation et d'apprentissage pour l'exécution des travaux de restauration ayant trait à la réalisation des objectifs généraux de l'accord.	Hall, O'Connor et Ranieri, 2006
Coût-efficacité	Les deux pays sont tributaires des services écosystémiques fournis par les lacs, où l'activité économique liée à la pêche récréative et commerciale représente à elle seule sept milliards de dollars des États-Unis par an. L'adoption d'une approche élargie fondée sur la prise en compte du bassin versant a permis de doubler l'habitat des espèces de poissons pour un coût de 70 millions de dollars des États-Unis. Au contraire, l'approche moins intégrée, focalisée sur les barrages ou les traversées routières, s'est avérée extrêmement inefficace et a entraîné une réduction de l'habitat de 24 % et de 88 %.	Southwick Associates, 2008 ; Neeson <i>et al.</i> , 2015
Équité	La gouvernance des Grands Lacs comprend environ 120 titulaires de droits ancestraux amérindiens, des Premières Nations et métis, ainsi que des personnes à faible revenu et des minorités, offrant ainsi des possibilités de gestion collective. Les savoirs traditionnels et le point de vue de la communauté de la Première Nation de l'île Walpole, au Canada, ont contribué à l'élaboration d'un projet de restauration des terres humides du marais du lac Swan et à la planification des mesures mises en œuvre.	Hildebrand, Pebbles et Fraser, 2002 ; Jetoo, 2017
Avantages connexes	En améliorant la qualité de l'eau, l'accord a créé plusieurs formes de richesse, notamment à travers l'optimisation du produit de la pêche récréative et commerciale (voir « Coût-efficacité », ci-dessus), l'utilisation récréative des ressources et le tourisme. Les principaux bénéficiaires sont les riverains des lacs et de leurs bassins versants, les amateurs de sports nautiques et de pêche, les touristes et les visiteurs.	
Enjeux transfrontaliers	La dégradation de la qualité de l'eau des Grands Lacs, sauf quand elle se limite à des baies fermées ou autres milieux semblables, a généralement des répercussions transfrontalières, ce qui constitue la première raison d'être de l'Accord. Ce dernier a favorisé la création d'autres initiatives de gouvernance transfrontalière dans la région, telles que l'Alliance des villes (voir « Pistes d'amélioration », ci-dessous).	Jetoo, 2017
Pistes d'amélioration	En 2003, l'Alliance des villes des Grands Lacs et du Saint-Laurent a donné une existence officielle à un réseau de plus de 130 villes impliquées dans des mesures de restauration et de protection des Grands Lacs. L'Alliance des villes repose sur des financements publics, des droits d'adhésion et des financements assurés par des fondations privées. Par conséquent, l'accès à un financement supranational constituerait une amélioration. La CMI pourrait également accorder plus d'attention aux indicateurs de progrès, de sorte que tous ceux qui participent à la protection et à la restauration des ressources soient informés des progrès accomplis.	Jetoo, 2017



La façon dont les 43 secteurs préoccupants initiaux ont été pris en charge au fil du temps est un indicateur des progrès accomplis grâce à cette politique (figure 16.1). Le retrait de sept secteurs initialement inscrits sur la liste témoigne d'un certain succès, bien que les 36 secteurs restants reflètent également les difficultés rencontrées dans la mise en œuvre de ce type de mesures correctives. Plusieurs décennies sont parfois nécessaires avant de pouvoir observer un changement biophysique dans un secteur préoccupant. Afin d'évaluer de manière plus immédiate les progrès accomplis dans les zones où des mesures correctives précises sont entreprises, on peut s'appuyer sur les politiques adoptées et déployées en matière de protection des Grands Lacs.

Pour rendre compte des progrès réalisés dans le cadre de l'accord, les gouvernements du Canada et des États-Unis publient notamment un « Rapport d'étape des Parties » tous les trois ans. L'identification de la vaste palette de services écosystémiques fournis par les Grands Lacs aux deux pays est l'un des principaux facteurs permettant de faciliter la coopération. De plus, les deux pays ont des visions et des attentes similaires et sont tributaires des Grands Lacs. Enfin, comparativement à beaucoup d'autres régions du monde, disposent de capacités leur permettant de recruter le personnel nécessaire et de s'acquitter des importantes

obligations stratégiques, institutionnelles, techniques et financières inhérentes à la réalisation des objectifs de l'accord.

Les mesures ambitieuses mises en œuvre pour la surveillance, l'analyse et le rétablissement de la qualité de l'eau dans les Grands Lacs représentent un coût considérable. Par exemple, l'Initiative de restauration des Grands Lacs, lancée en 2010 pour accélérer les efforts visant à protéger et à restaurer les Grands Lacs, a financé des projets à hauteur de plus de 2,3 milliards de dollars É.-U. pour assurer le fonctionnement futur de l'initiative (US EPA, 2017). Les efforts visant à optimiser les habitats pour soutenir le secteur de la pêche comprennent le démantèlement de centaines de petits barrages et ponceaux qui entravent partiellement ou entièrement le déplacement des poissons pour le frai (Kemp et O'Hanley, 2010). Bien qu'il s'agisse d'une activité relativement mineure sur le plan économique, ce type de démantèlement a un impact important sur la vie aquatique des lacs et présente une valeur récréative pour les populations riveraines. En revanche, il favorise le frai de certaines espèces envahissantes parmi les plus agressives des lacs, ce qui constitue un effet secondaire de la politique et requiert une évaluation scientifique. Les modèles d'optimisation utilisés par Neeson *et al.* (2015) indiquent que la façon la plus rentable de gérer la restauration des Grands Lacs consiste à supprimer les

Figure 16.1 : Carte de l'emplacement et de l'état de l'ensemble des secteurs préoccupants canadiens et américains du bassin des Grands Lacs



[Source de l'image traduite : <https://binational.net/wp-content/uploads/2019/10/Great-Lakes-AOC-FR-without-circles.png>]

Source : Binational.net, 2018.



barrages et les traversées routières dans l'ensemble du bassin. L'adoption d'une approche élargie fondée sur la prise en compte du bassin versant a permis de doubler l'habitat des espèces de poissons pour un coût de 70 millions de dollars des États-Unis, tandis que l'approche moins intégrée, focalisée sur les barrages ou les traversées routières, s'est avérée extrêmement inefficace et a entraîné une réduction de l'habitat de 24 % et de 88 % respectivement. Ce rapport coût-avantage constitue un argument en faveur de l'approche écosystémique adoptée par la CMI.

16.2.2 La gestion adaptative des flux environnementaux dans les secteurs de l'eau et de l'énergie

Les préoccupations suscitées par la dégradation des écosystèmes fluviaux due aux dérivations et aux retenues d'eau ont conduit à une large reconnaissance de l'importance des flux environnementaux (Poff *et al.*, 1997 ; Arthington *et al.*, 2006 ; Banque mondiale, 2018). Les flux environnementaux visent à décrire la quantité, le moment et la qualité des flux d'eau nécessaires pour soutenir les écosystèmes dulcicoles et estuariens ainsi que les moyens de subsistance et le bien-être des populations tributaires de ces écosystèmes (Fondation internationale des fleuves, 2007). Les flux environnementaux peuvent être intégrés à la législation nationale relative à la gestion des ressources hydriques et à l'aménagement des bassins fluviaux, en tant que « variable principale » pour la durabilité des écosystèmes aquatiques (Poff *et al.*, 1997 ; Speed *et al.*, 2013). Par exemple, la loi nationale sud-africaine sur l'eau (1998) exige que les réserves d'eau préservent la salubrité des rivières et répondent aux besoins humains fondamentaux. Le concept de flux environnementaux est particulièrement utile pour examiner les liens entre le développement environnemental et les exigences humaines.

Pour orienter et protéger les flux environnementaux, on peut notamment procéder à l'ajustement adaptatif des volumes d'eau libérés par les barrages et du moment de leur libération. Cette approche s'efforce d'agir sur les liens entre l'eau et l'énergie (hydroélectricité), ainsi qu'entre l'eau et l'alimentation lorsque l'irrigation est nécessaire à la production agricole, notamment dans les régions où l'eau est rare. La gestion adaptative s'appuie sur des données empiriques issues d'expériences de libération d'eau à grande échelle conçues pour tester les hypothèses relatives aux réactions physiques et biologiques causées par l'écoulement dans les fleuves, les plaines inondables ou les estuaires (Konrad *et al.*, 2011, p. 949). La libération de flux importants constitue une intervention complexe impliquant un large éventail de facteurs, au-delà de la seule variabilité du débit, et susceptible de produire un grand nombre d'avantages écologiques, sociaux et économiques avec une efficacité accrue (Olden *et al.*, 2014, p. 179).

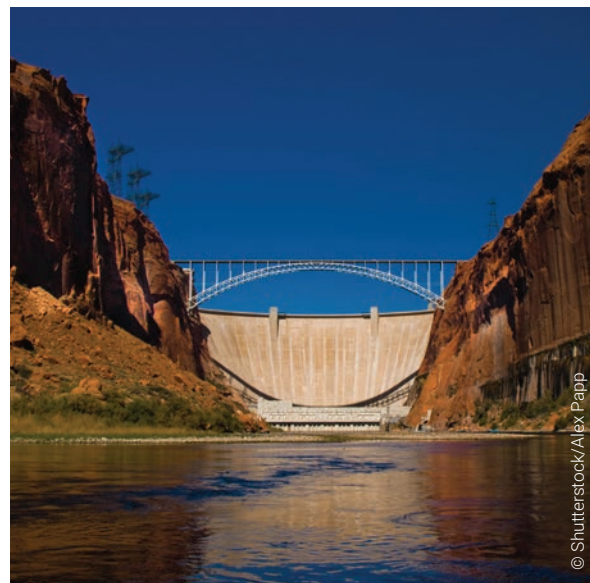
On considère que la gestion adaptative offre plus de souplesse que les méthodes de gestion conventionnelles, parce qu'elle permet de tenir compte des incertitudes et de tester leurs conséquences. La gestion adaptative axée sur les flux environnementaux permet de simuler les effets du régime hydrologique naturel sur les régimes des sédiments, de l'eau et des habitats en aval, et peut être modifiée au fil du temps, au rythme des nouvelles informations disponibles (Richter *et al.*, 2006, p. 299). Toutefois, elle est souvent contrainte par des cadres institutionnels complexes et par le manque de financement (Kingsford, Biggs et Pollard, 2011 ; Allan et Watts, 2017). En outre, jusqu'à ce jour, les expériences relatives aux flux environnementaux se sont limitées aux grands barrages des États-Unis, de l'Australie et de l'Afrique du Sud. Malgré un nombre important de barrages existants ou en projet, d'autres régions telles que l'Asie du Sud-Est, l'Amérique du Sud et certaines parties de l'Europe produisent encore peu de données concernant les flux environnementaux (Olden *et al.*, 2014, p. 178). La gestion adaptative est en mesure de garantir une forme de justice procédurale à travers des outils tels que la participation citoyenne, mais soulève toutefois des préoccupations en matière d'équité et d'éthique, car les expériences menées reposent sur des distinctions entre différentes catégories sociales (Huitema *et al.*, 2009).

Les expériences à grande échelle ciblant les flux ne sont pas exemptes de controverses et chaque partie prenante a son propre point de vue sur leur succès ou leur échec (Olden *et al.*, 2014, p. 177). Le recours à ce type d'expérience pour éclairer la gestion adaptative est source de complexité et d'incertitude, et il convient donc de mettre en place un processus d'apprentissage réflexif et de compréhension graduelle (Sabatier *et al.*, 2005). L'échange actif de connaissances et la collecte d'un large éventail de données probantes sur l'apprentissage sont susceptibles de renforcer l'efficacité de l'utilisation des flux environnementaux dans la gestion adaptative (Allan et Watts, 2017). Selon le cadre DPSIR, cette caractéristique concerne la possibilité d'exercer une influence sur les interventions mises en œuvre (section 1.6).

L'étude de cas ci-après porte sur le fleuve Colorado, en aval du barrage de Glen Canyon (États-Unis), et met en lumière un exemple d'engagement à long terme en faveur de l'expérimentation et de la gestion adaptative éclairée, utilisées au bénéfice d'une zone particulièrement étendue, dépassant le seul bassin versant du barrage, et des aires nationales de conservation environnantes.

Étude de cas : les expériences portant sur les flux et la gestion adaptative du barrage de Glen Canyon, sur le fleuve Colorado (États-Unis)

Construit en 1963, le barrage de Glen Canyon permet d'endiguer le fleuve Colorado sur 300 kilomètres en amont du parc national du Grand Canyon, créant ainsi le lac Powell. Le fleuve Colorado charrie une lourde charge de sédiments qui fait partie intégrante de l'habitat et de l'écologie du système. Le barrage a eu pour effet de réguler le débit du fleuve, de sorte que les débits modérés sont plus fréquents et que la variation entre les hauts débits et les bas débits s'est réduite (Melis, 2011, p. 8). La gestion adaptative a été introduite à mesure que l'on constatait les impacts négatifs de la modification du débit sur les espèces aquatiques et terrestres, notamment la perte d'habitats riverains et la mise en danger de certaines espèces de poissons (Collier, Web et Andrews, 1997). À partir de 1996, suite à la publication par le secrétaire à l'Intérieur d'un compte rendu officiel des décisions relatif à la mise en place d'une expérience axée sur les flux, les stratégies d'exploitation des barrages ont commencé à prendre en compte les flux environnementaux. La libération programmée de l'eau du barrage visait à recréer artificiellement des conditions semblables aux flux saisonniers préalables à l'érection du barrage. Cette expérience, qui portait sur les liens entre l'eau et l'énergie, avait pour objectif de trouver un nouveau plan d'exploitation du barrage permettant la reconstitution et la durabilité à long terme des ressources situées



© Shutterstock/Alex Papp

**Tableau 16.3 : Évaluation de l'efficacité de la gestion adaptative du barrage de Glen Canyon**

Critère	Description	Références
Succès ou échec	La première expérience a été considérée comme un succès, ouvrant la voie à d'autres expériences. Le compte rendu officiel des décisions de 2016 offre un exemple concret de résultat illustrant le caractère graduel inhérent à la bonne compréhension des flux environnementaux.	DOI, 1996, p. G-11
Indépendance de l'évaluation	Les expériences et l'approche de gestion adaptative ont été évaluées par le DOI, par l'Institut d'études géologiques des États-Unis (USGS) et par plusieurs publications scientifiques approuvées par les pairs.	Collier, Webb et Andrews, 1997, p. 83 ; Webb <i>et al.</i> , 1999 ; Meretsky, Patten et Stevens, 2000 ; Hazel <i>et al.</i> , 2006 ; DOI, 2008 ; Korman, Kaplinski et Melis, 2010 ; Melis, 2011 ; DOI, 2016
Acteurs clés	Le Bureau of Reclamation et le Service des parcs nationaux sont chargés d'élaborer le plan de gestion adaptative. Ces organismes collaborent avec 15 groupes de parties prenantes, notamment des organismes gouvernementaux, des commissions fluviales, des consommateurs d'énergie et des tribus autochtones. Le Centre de surveillance et de recherche du Grand Canyon de l'USGS joue un rôle particulièrement important dans l'accompagnement technique des organismes gouvernementaux et dans la facilitation des échanges d'informations entre les différents acteurs et avec les organisations de la société civile.	DOI, 2016
Données de référence	Les expériences ont été conçues pour imiter les conditions antérieures à l'érection du barrage. Les inondations naturelles se produisent à une fréquence et à une échelle plus importantes, avec un débit moyen cinq fois plus élevé que le débit de référence du fleuve, selon les estimations.	Melis, 2011, p. 7
Délai d'exécution	Au cours des deux décennies précédentes, de nombreuses expériences ont été menées et le <i>Glen Canyon Dam Long-Term Experimental and Management Plan</i> (DOI, 2016) est conçu pour orienter les modalités d'exploitation du barrage au cours des 20 prochaines années.	DOI, 2016
Facteurs limitants	L'exploitation du barrage de Glen Canyon est encadrée par un vaste ensemble de lois, de règlements et de traités. Il convient également de prendre en compte une série de facteurs liés à l'environnement, aux ressources culturelles, à la consultation des tribus, à la commercialisation de l'électricité, ainsi qu'à l'approvisionnement en eau et à la répartition de cette ressource.	
Facteurs habilitants	De nombreux textes législatifs fonctionnent en synergie. En d'autres termes, la cohérence des politiques a été maintenue, à différentes échelles et dans différents secteurs, au fur et à mesure des changements de législation.	p. ex. Congrès des États-Unis, 1973 ; DOI, 1992 ; DOI, 2018
Coût-efficacité	La décision de gestion adaptative adoptée dans le compte rendu officiel des décisions de 2016 fait suite à la comparaison de sept scénarios d'exploitation du barrage et de niveau de débit destinée à évaluer les coûts et les impacts de chacune de ces options. Cette démarche a permis de constater que la valeur actualisée nette des interventions de gestion adaptative était plus élevée que celle de l'inaction (statu quo).	DOI, 2016
Équité	La consultation des parties prenantes, fondée sur des processus de participation citoyenne, visait à déterminer la façon dont chacune d'entre elles pourrait s'impliquer dans les processus. Toutefois, il semblerait que certaines tribus autochtones aient éprouvé des difficultés à transmettre des valeurs culturelles qui débordaient le cadre normatif des enquêtes et des évaluations scientifiques. Ce problème met en lumière un manque de capacités en matière de participation citoyenne ainsi que des lacunes relatives à la confrontation entre recherche scientifique et savoirs traditionnels.	Austin et Drye, 2011
Avantages connexes	Les expériences menées ont permis d'identifier un ensemble d'avantages connexes ou d'« objectifs en termes de ressources » allant des ressources culturelles aux activités récréatives, et bénéficiant aussi bien au site du projet qu'aux zones situées en aval. Les effets (positifs ou négatifs) de ces expériences sur la santé humaine ne sont pas considérés comme substantiels, bien que certains effets négatifs liés à la dégradation de la qualité de l'eau aient été mis en avant pour justifier l'arrêt des expériences.	Valdez <i>et al.</i> , 2000 ; Melis, 2011 ; DOI, 2016
Enjeux transfrontaliers	Les expériences menées doivent respecter les termes du Traité de l'eau liant les États-Unis et le Mexique en matière de répartition des ressources en eau, ainsi que l'article 1801 du Titre XVII – Protection du Grand Canyon du code des règlements fédéraux des États-Unis.	
Pistes d'amélioration	Certaines critiques font valoir la nécessité de renforcer les mécanismes de règlement des différends dans le cadre de l'approche de gestion adaptative.	Camacho, Susskind et Schenk, 2010



en aval, sans réduire la capacité et la flexibilité de l'hydroélectricité au-delà du niveau nécessaire à la reconstitution et à la durabilité à long terme (Département de l'Intérieur [DOI], 1996, p. G-11).

La première expérience fondée sur des débits importants, réalisée en 1996, est considérée comme la première expérience internationale d'envergure sur les flux (Collier, Webb et Andrews, 1997, p. 83 ; Meretsky, Wegner et Stevens, 2000, p. 583). D'autres expériences ont été menées en 2004 et 2008 (Melis, 2011, p. 9), puis en 2012, 2013, 2016 et 2017. Les 16 premières années d'expériences fondées sur des débits importants ont servi de base au protocole relatif à ce type d'expérience (DOI, 2011), qui prévoit une gestion adaptative du barrage de Glen Canyon. Les effets de ces expériences sont analysés dans le cadre de l'étude d'impact environnemental et des plans de gestion adaptative requis par la loi sur la politique environnementale nationale des États-Unis. Le **tableau 16.3** présente notre évaluation de l'efficacité de la gestion adaptative du barrage de Glen Canyon.

Grâce à ces expériences, la compréhension scientifique et l'approche stratégique de la gestion adaptative ont évolué progressivement vers un équilibre entre production hydroélectrique et préoccupations écologiques (Gunderson, 2015). Le protocole de libération à haut débit a permis d'augmenter la taille des bancs de sable, ce qui a eu des effets bénéfiques sur le chevesne à bosse (une espèce menacée), la reconstitution de la végétation riveraine et le renforcement des activités récréatives. Le programme a pu produire ces améliorations sans déroger aux accords existants en matière d'approvisionnement en eau et de répartition de cette ressource, et mettre en œuvre l'intégration de la gestion de l'eau et de la demande d'hydroélectricité.

Plusieurs éléments stratégiques ont rendu la gestion adaptative possible. Le Bureau of Reclamation, organisme du DOI, a pour mandat d'instaurer l'équilibre entre les considérations environnementales et les considérations économiques lors de la construction d'un barrage (DOI, 2016). En outre, la loi sur les espèces menacées d'extinction, entre autres, favorise la conservation des espèces menacées, tandis que la loi de 1992 sur la protection du Grand Canyon recommande une gestion adaptative (Meretsky, Wegner et Stevens, 2000, p. 580). Il faut également tenir compte de l'approvisionnement en eau des États situés en aval, Mexique compris, tel qu'il a été déterminé par le Traité de l'eau de 1944 liant les deux pays. La gestion adaptative ne fonctionne donc pas dans un vide institutionnel, mais se déploie au contraire à l'intersection de nombreuses institutions et échelles géographiques, suscitant ainsi une interdépendance. Par conséquent, la gestion adaptative exige une appréhension globale de l'ensemble des institutions susceptibles d'influer sur cette approche stratégique.

L'utilisation des données et la production de connaissances ont également leur importance, compte tenu de l'incertitude inhérente aux expériences axées sur les flux (Konrad *et al.*, 2011, p. 955). À cet égard, le Centre de surveillance et de recherche du Grand Canyon de l'USGS agit comme un pôle de connaissances facilitant l'expérimentation et l'apprentissage. Cette incertitude est un facteur à la fois favorable et défavorable à l'efficacité des flux environnementaux et des approches de gestion adaptative. L'expérimentation et le suivi continu sont essentiels pour faciliter la modification des stratégies (Melis, 2011, p. 141-142).

16.2.3 Une nouvelle approche de la réduction des risques de catastrophe liés à l'eau

La réduction des risques de catastrophe se définit comme « le concept et la pratique de la réduction des risques de catastrophes par des efforts systématiques d'analyse et de réduction des facteurs de causalité des catastrophes » (Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes [UNISDR], 2017). Elle vise à réduire la gravité des catastrophes en partant du principe qu'un aléa naturel n'entraîne pas inéluctablement une catastrophe.

La réduction des risques de catastrophe est donc une approche stratégique préventive fondée sur des objectifs tels que la réduction de l'exposition au danger et de la vulnérabilité des communautés aux pertes et dommages matériels, aux déplacements, à la mortalité et aux autres effets néfastes des catastrophes. Elle a pour principaux avantages d'améliorer la gestion et la surveillance des terres, de l'environnement et des ressources, ainsi que la préparation aux éventualités, par exemple au moyen de systèmes d'alerte précoce et de plans d'évacuation (UNISDR, 2017). La réduction des risques de catastrophe consiste principalement à opérer des choix stratégiques appropriés et à mettre en œuvre des mesures préventives permettant aux pays et aux États de réduire l'ampleur des catastrophes environnementales. Les cadres de réduction des risques de catastrophe ont évolué et déploient désormais des efforts plus importants pour limiter préventivement l'ampleur des catastrophes, tenir compte de l'allongement des calendriers de mise en œuvre (actuellement, 2015-2030, comme plusieurs autres cadres mondiaux), et mettre l'accent sur les processus plutôt que sur les objectifs finaux (Réseau inter-agences d'analyses régionaux, 2016, p. 4).

Les catastrophes propres à chaque région ont une incidence sur les mécanismes de gouvernance des risques de catastrophe. Il en résulte souvent des investissements considérables dans les infrastructures, parfois accompagnés de dispositifs fortement institutionnalisés (par exemple, en Pologne, aux Pays-Bas et à Singapour). Toutefois, la volonté de changement et la combinaison des forces favorables à ce changement donnent également naissance à des stratégies modérées (en Belgique, en France) ou très diversifiées (au Royaume-Uni) (Wiering *et al.*, 2017, p. 20-24).

Le renforcement des efforts nationaux de réduction des risques de catastrophe et de préparation individuelle résulte souvent d'une catastrophe majeure telle que le tsunami survenu en 2004 dans l'océan Indien (Hoffmann et Muttarak, 2017, p. 32). La réduction des risques de catastrophe occupe une place de plus en plus importante dans les programmes politiques, grâce à des évolutions telles que les objectifs du Cadre d'action de Sendai (UNISDR, 2015). Parallèlement, l'implication accrue des femmes, des enfants et des personnes âgées favorise une approche centrée sur la personne. Il existe de nettes différences entre pays développés et pays en développement en ce qui concerne le niveau de préparation aux catastrophes, et les capacités dont disposent les pays en développement pour faire face aux catastrophes et aux pertes en vies humaines qui en résultent posent de graves problèmes d'équité (Al-Nammari et Alzaghal, 2015).

Le renforcement de la réduction des risques de catastrophe passe par une plus grande efficacité des politiques mises en œuvre, par exemple en matière de disponibilité de l'eau potable dans certaines zones ou régions, selon le niveau de vulnérabilité et de préparation observé. Les inondations et les tempêtes, en particulier, exercent des pressions directes sur la qualité de l'eau, tandis que les sécheresses influent aussi bien sur la quantité d'eau que sur sa qualité. Des politiques efficaces peuvent également améliorer les interventions visant à réduire les risques de catastrophe en s'attaquant aux menaces qui pèsent sur la disponibilité de l'eau potable gérée en toute sécurité et sur les réseaux d'égouts touchés, qui peuvent avoir des répercussions sur la santé humaine.

Étude de cas : la politique de gestion des risques d'inondation en Angleterre et au pays de Galles (Royaume-Uni)

En Angleterre et au pays de Galles, les inondations entraînent de lourdes pertes financières et des conséquences importantes sur la santé. En effet, les inondations de 2007 ont causé des dommages d'une valeur de 3,2 milliards de livres sterling (Penning-Rowell, 2015). En 2014, dans ces deux pays, le nombre de ménages habitant l'une des plaines inondables identifiées par l'Agence pour l'environnement représentait 8,5 % de l'ensemble des biens immobiliers et le quart d'entre eux était exposé à un risque important (Penning-Rowell et Pardoe, 2015, p. 5). Par conséquent,

**Tableau 16.4 : Évaluation de l'efficacité de la politique de gestion des risques d'inondation en Angleterre**

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Le gouvernement du Royaume-Uni a déclaré que le système de gestion des risques d'inondation s'était avéré efficace et avait permis d'obtenir des succès significatifs, notamment en assurant une meilleure protection à plus de 500 000 propriétés immobilières depuis 2005. Toutefois, certains jugent que la nouvelle répartition des financements, fondée sur l'analyse des coûts et des avantages, pose des problèmes d'équité, de même que la priorité accordée aux méthodes structurelles de gestion des risques d'inondation.	Parlement du Royaume-Uni, 2017
Indépendance de l'évaluation	Sir Michael Pitt (2008) a entrepris un examen indépendant à la suite des nombreuses inondations de l'été 2007. L'évaluation détaillée et les recommandations de l'examen ont permis d'engager une série de réformes relatives à la gestion des risques d'inondation et des rapports d'étape ont été publiés par le ministère britannique de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales (DEFRA, 2012). Chatterton <i>et al.</i> (2016) ont mené une évaluation des coûts et des impacts des inondations de 2013-2014, en se basant sur les catégories de l'évaluation de 2007. L'évaluation de la politique mise en œuvre peut également s'appuyer sur le rapport publié par le DEFRA en 2017 et sur la réponse du gouvernement britannique.	Pitt, 2008 ; DEFRA, 2012 ; Chatterton <i>et al.</i> , 2016
Acteurs clés	Les parties prenantes sont le DEFRA, l'Agence pour l'environnement, les collectivités locales, les compagnies des eaux, les contrôleurs des crues, le forum national sur les inondations, ainsi que des consultants. Jusqu'à ce jour, la principale réforme politique adoptée a consisté à confier aux collectivités locales des responsabilités accrues en matière de gestion des risques d'inondation.	Gouvernement du Royaume-Uni, 2010 ; Laakso, Heiskanen et Matschoss, 2016
Données de référence	Depuis 23 ans, le montant moyen (et ajusté en fonction de l'inflation) des dommages causés par les inondations au Royaume-Uni s'élève à environ 250 millions de livres sterling par an (Penning-Rowse, 2015). Les inondations de l'été 2007, dont les dommages sont estimés à 3,2 milliards de livres sterling, ont eu un impact significatif et ont donné lieu à une réforme accélérée de la gestion des risques d'inondation.	Penning-Rowse, 2015
Délai d'exécution	Le Flood and Waters Act (2010) s'inspire d'une stratégie antérieure, Making Space for Water, lancée en 2004 (DEFRA, 2004), et d'une stratégie gouvernementale plus récente, Future Water (DEFRA 2008), ainsi que du rapport de Sir Michael Pitt, qui fait autorité (DEFRA, 2008).	DEFRA, 2004 ; DEFRA, 2008 ; Pitt, 2008 ; Gouvernement du Royaume-Uni, 2010
Facteurs limitants	Le nouveau cadre stratégique confère aux collectivités locales le rôle principal en matière de préparation et d'intervention en cas d'inondation par des eaux de surface, sans toutefois les doter véritablement des capacités financières, humaines et techniques nécessaires pour relever ces nouveaux défis. Dans tout le pays, les collectivités locales rencontrent des difficultés pour répondre aux fortes attentes relatives à la gestion des risques d'inondation, car elles demeurent sous-financées et manquent de ressources.	Penning-Rowse, 2015
Facteurs habilitants	Pour la période 2015-2021, les solutions dures, douces et naturelles relevant de la gestion des risques d'inondation ont bénéficié d'un financement record de 2,5 milliards de livres sterling.	Penning-Rowse, 2015
Coût-efficacité	Le fait que les inondations dévastatrices de l'hiver 2013-2014 aient causé des dommages économiques qui se situent dans la moyenne des dommages annuels des deux dernières décennies (environ 250 millions de livres sterling) peut laisser penser que les mesures de gestion des risques d'inondation adoptées depuis 2007 ont été efficaces (Thorne, 2014).	Thorne, 2014
Équité	Certaines régions du Royaume-Uni sont plus sujettes que d'autres aux inondations dues aux eaux de surface. Au Royaume-Uni, le marché de l'assurance des biens est libéralisé, ce qui signifie que les assureurs peuvent exiger des primes plus élevées pour les maisons situées dans une zone à haut risque d'inondation. Cette possibilité désavantage certains ménages par rapport à d'autres, ce qui soulève des questions quant à l'équité de la politique de gestion des risques d'inondation (Penning-Rowse et Pardoe, 2015 ; Begg, Walker et Kuhlicke, 2015).	Begg, Walker et Kuhlicke., 2015 ; Penning-Rowse et Pardoe, 2015
Avantages connexes	La gestion naturelle des inondations, fondée sur la planification et le changement d'affectation des terres, peut aider à atténuer la pollution diffuse issue des terres agricoles et à réduire les impacts de l'érosion des sols sur les écosystèmes lacustres (Dadson <i>et al.</i> , 2017). Cela illustre la façon dont les dynamiques intersectorielles les plus complexes peuvent trouver des solutions dans une gestion mise en œuvre à l'échelle des systèmes. La restauration des habitats terrestres et aquatiques peut fournir des services supplémentaires de stockage du carbone (Keesstra <i>et al.</i> , 2018). Parmi les avantages connexes potentiels, on peut notamment citer la rétention de l'eau en amont, dans des étangs et des aquifères qui pourront ensuite pallier les carences en eau en période de sécheresse et aider à atténuer les impacts écologiques négatifs de la chaleur.	Dadson <i>et al.</i> , 2017 ; Keesstra <i>et al.</i> , 2018
Enjeux transfrontaliers	Aucun.	
Pistes d'amélioration	Une réforme future allant dans le sens d'un cadre réglementaire plus strict en matière de drainage durable constituerait une amélioration.	Begg, Walker et Kuhlicke, 2015



la politique de gestion des risques d'inondation a connu des changements majeurs au cours des 15 dernières années. L'accent est notamment mis sur les mesures « plus douces » de prévention des inondations, sur les solutions inspirées de la nature et sur la préparation des citoyens, comme l'illustrent la stratégie Making Space for Water (« Dégager des espaces pour l'eau ») (Ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales [DEFRA], 2004 ; Mukhtarov, 2009) et la loi sur la gestion des inondations et de l'eau (Flood and Water Management Act 2010 ; Parlement du Royaume-Uni, 2010). Il s'agit là d'une rupture par rapport à des stratégies reposant sur une dépendance accrue à l'égard des infrastructures (par exemple, Wiering *et al.*, 2017).

Il existe une autre approche de gouvernance pour la gestion des risques d'inondation, fondée sur la collaboration à plusieurs niveaux entre les différentes parties prenantes et sur la mise en œuvre de la GIRE grâce à la coordination intersectorielle et à une participation citoyenne accrue (Mukhtarov, 2009). Depuis le transfert de responsabilités autrefois assumées par le DEFRA et l'Agence pour l'environnement, et suite à l'examen des politiques (Pitt, 2008) et à la loi sur la gestion des inondations et des eaux de surface, les collectivités locales jouent désormais un rôle significatif dans la planification et la gestion des eaux de surface (par exemple, les eaux de crue).

Cette politique encourage également la prise en compte des avantages pour la diversité biologique, la santé humaine et la qualité de l'eau au sein des stratégies de réduction des risques de catastrophe. L'évaluation de Pitt (Pitt, 2007 ; Pitt, 2008) appelle à l'installation de systèmes de drainage durables dans les nouveaux bâtiments et au changement d'affectation des terres en milieu urbain afin de réduire le ruissellement et d'améliorer la rétention d'eau. À l'heure actuelle, des mesures volontaires sont mises en œuvre pour instaurer un système de drainage durable. Le **tableau 16.4** présente notre évaluation de l'efficacité de la politique de gestion des risques d'inondation en Angleterre.

La gestion des risques d'inondation au Royaume-Uni offre un exemple de réforme globale de la politique relative aux inondations, prévoyant la refonte du processus de gestion des eaux de surface en Angleterre et au pays de Galles. L'avenir nous dira si le nouveau système est plus efficace que le précédent. Toutefois, d'importants résultats positifs sont déjà visibles, notamment le nombre important de propriétés immobilières (500 000 depuis 2005) jouissant d'une meilleure protection contre les risques d'inondation (Parlement du Royaume-Uni, 2017).

Le succès durable de la nouvelle politique de gestion des risques d'inondation et l'accent mis sur la gestion des eaux de surface semblent dépendre de la capacité des gouvernements nationaux et régionaux à coordonner les programmes d'atténuation et la gestion naturelle des risques d'inondation avec les collectivités locales. Pour mieux comprendre l'impact de la gestion locale sur les stratégies de gestion des risques d'inondation, des recherches supplémentaires sont nécessaires. Néanmoins, il semble raisonnable d'affirmer qu'un transfert de responsabilités réussi doit s'accompagner d'une augmentation des budgets et d'un renforcement des capacités des collectivités locales en matière de coordination, ainsi que d'un renforcement du soutien apporté par des organismes nationaux tels que l'Agence pour l'environnement et le DEFRA. Il appartient aux collectivités locales de garantir la préparation aux inondations et, le cas échéant, d'intervenir, mais pour ce faire, chacune d'entre elles doit disposer des capacités financières, humaines et techniques nécessaires pour relever ces nouveaux défis. Dans tout le pays, les collectivités locales rencontrent des difficultés pour répondre aux fortes attentes relatives à la gestion des risques d'inondation, car elles demeurent sous-financées (Begg, Walker et Kuhlicke, 2015 ; Penning-Rowsell et Johnson, 2015). En outre, la multiplicité des acteurs et des responsabilités concernés par cette politique représente un défi supplémentaire pour une mise en œuvre coordonnée (Begg, Walker et Kuhlicke, 2015).

16.2.4 Les programmes d'incitation économique et les subventions au service de la gratuité des services de base pour l'approvisionnement en eau

Le droit à l'eau porte notamment sur la quantité, la salubrité, l'acceptabilité, l'accessibilité physique et le coût de l'eau destinée à des usages personnels et domestiques (Résolution A/RES/64/292 de l'Assemblée générale des Nations Unies [AGNU] ; voir AGNU, 2010). De plus en plus de pays reconnaissent officiellement ce droit depuis l'adoption de la Résolution A/RES/64/292. En 2014, dans le cadre de l'analyse et l'évaluation mondiales sur l'assainissement et l'eau potable, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) indiquait que 70 pays sur 94 avaient reconnu le droit à l'eau (OMS, 2014, p. 14).

Les constitutions et les lois reconnaissant le droit à l'eau doivent être soutenues par la mise en œuvre d'outils ciblant le financement et la budgétisation. Ces mesures sont d'autant plus importantes que les considérations financières et budgétaires sont réputées constituer un obstacle au respect du droit à l'eau et à l'assainissement (de Albuquerque et Roaf, 2012). Les États ont souvent été confrontés à des problèmes liés au recouvrement des coûts et aux frais de transaction (Obani et Gupta, 2016, p. 679). Les subventions font partie des efforts de tarification susceptibles de garantir le droit à l'eau par l'intermédiaire d'incitations économiques. Elles sont souvent utilisées pour favoriser l'accessibilité financière des services d'approvisionnement en eau et d'assainissement, avec des mécanismes tels que les suppléments de revenu, les subventions croisées, les grilles tarifaires progressives, le prix universel avec rabais et la gratuité du service d'eau de base (de Albuquerque et Roaf, 2012, p. 54 et 83).

Bien que des tensions subsistent, l'élaboration des OMD a permis de faciliter la coexistence d'une approche axée sur les droits de la personne et d'une approche axée sur l'eau comme bien économique (Obani et Gupta, 2014). La tarification de l'eau, si elle est efficace, inclut l'ensemble des coûts économiques nécessaires à l'approvisionnement en eau (Grafton, 2017, p. 30-31) et permet de souligner le fait que le droit à l'eau n'implique pas nécessairement la gratuité de l'approvisionnement (Haut-Commissariat des Nations Unies aux droits de l'homme, 2010, p. 11-12). En outre, le droit à l'eau doit être envisagé dans la perspective plus large des nombreux usages de l'eau, par exemple pour la sécurité alimentaire, en particulier à l'échelle des ménages. De manière générale, le droit à l'eau et à l'assainissement ne tient pas compte d'enjeux tels que l'impact des besoins agricoles en eau et du commerce virtuel de l'eau sur les usagers riches et sur les usagers plus défavorisés (Obani et Gupta, 2016, p. 685). C'est donc le contexte local qui définit le droit à l'eau. L'application de ce droit illustre indirectement les liens qui unissent l'eau et la sécurité alimentaire, ainsi que les inégalités auxquelles peuvent donner lieu les disparités entre différents contextes locaux.

Selon le cadre DPSIR (section 1.6), cette approche stratégique vise principalement à garantir les conditions de base d'une eau potable sûre et salubre. La tarification et les subventions s'inscrivent souvent dans un contexte de gouvernance plus large, incluant notamment l'établissement d'exigences minimales pour la qualité de l'eau ainsi que la mise en place d'autorités de régulation (de Albuquerque et Roaf, 2012). La politique sud-africaine de gratuité des services de base pour l'approvisionnement en eau constitue l'un des tout premiers exemples de reconnaissance constitutionnelle du droit à l'eau et permet d'étudier une expérience politique avec plus de deux décennies de recul (voir le **tableau 16.6**). Elle illustre également la nécessité d'utiliser des mesures économiques telles que la tarification par tranches pour tenir compte du contexte hydrologique et socio-économique local (von Hirschhausen *et al.*, 2017).



Étude de cas : la politique de gratuité des services de base pour l'approvisionnement en eau en Afrique du Sud

Le gouvernement sud-africain a lancé sa politique de gratuité des services de base pour l'approvisionnement en eau (Free Basic Water Policy, FBWP) en 2001. Il entendait ainsi remédier aux risques de santé publique liés au manque d'accès à l'eau potable et à l'assainissement, et fournir à la population des services d'approvisionnement en eau subventionnés. Cette politique de soutien aux plus démunis permet de fournir 6 000 litres d'eau potable par ménage et par mois (Ministère des Eaux et Forêts [DWAF], 2002, p. 7). Par extension, cette politique vise à réduire la pauvreté en fournissant un service de base (DWAF, 2002, p. 1), dans un pays historiquement marqué par les inégalités.

La FBWP exige que les approches axées sur la réduction de la consommation d'eau s'accompagnent de services gratuits et efficaces garantissant un niveau minimum d'approvisionnement en eau. Face à l'hétérogénéité des situations d'une municipalité à une autre, la FBWP suggère d'offrir différents niveaux de service en fonction de la capacité de paiement du consommateur : pompes manuelles, robinets communautaires, réservoirs de cour et de toit réglementés ou eau courante à domicile (DWAF, 2002). En outre, plusieurs types d'incitations économiques ont été mises en place afin de répondre à la diversité des consommateurs à l'échelle d'une municipalité (voir le **tableau 16.5**). Le **tableau 16.6** présente notre évaluation de l'efficacité des incitations économiques dans la politique de gratuité des services de base pour l'approvisionnement en eau en Afrique du Sud.

La FBWP constitue une première étape majeure dans la mise en œuvre du droit humain à l'eau et réunit un ensemble de lois et de moyens d'intervention permettant d'asseoir l'importance de ce droit. Les municipalités sont tenues d'utiliser un système

tarifaire conforme à l'article 74 de la Municipal Systems Act (loi sur les systèmes municipaux). Ce système reflète le principe de l'utilisateur-payeur : au-delà du volume de base, la consommation d'eau est facturée (DWAF, 2003, p. 29). Les compteurs sont une façon de mesurer ou contrôler la quantité d'eau fournie gratuitement (DWAF, 2002, p. 29). Le seuil de 6 000 litres par ménage et par mois a fait débat et le DWAF a reconnu, en 2007 (2007, p. 5), que 25 litres par personne et par jour pouvaient s'avérer insuffisants pour de nombreux ménages et qu'il convenait d'augmenter progressivement ce volume.

Les aspects économiques de la mise en œuvre ne sont pas négligeables, compte tenu de l'importance des écarts régionaux et socio-économiques observés à l'échelle du pays, avec des répercussions en matière d'équité. Le taux de recouvrement des coûts de l'approvisionnement en eau dans les zones rurales est très faible (PEA, 2011). Les zones urbaines sont approvisionnées en eau à 96 %, mais faute d'une démarche prioritaire en faveur de l'entretien des actifs, ces derniers risquent de se dégrader (PEA, 2011) et d'affecter le rapport coût-efficacité.

L'efficacité du recouvrement des coûts par les responsables des services des eaux (en l'occurrence, les municipalités) pose également des questions d'équité. Les problèmes de recouvrement ont une incidence sur le niveau de prestation des services. Pour les ménages de Durban, par exemple, le volume de base gratuit est devenu le volume maximum (Loftus, 2006). Le recouvrement des coûts est nécessaire pour offrir des avantages permettant d'étendre la couverture et de garantir une meilleure répartition géographique de la charge financière, afin que la FBWP ne profite pas exclusivement à ceux qui, disposant déjà d'une infrastructure, tirent facilement avantage de la subvention (Balfour *et al.*, 2005, p. 16).

Tableau 16.5 : Trois options pour garantir la gratuité des services de base pour l'approvisionnement en eau

	Option 1 Tarification par tranches	Option 2 Crédits ciblés	Option 3 Niveaux de service ciblés
Description	La tarification progressive par tranches s'applique à tous les consommateurs résidentiels. La première tranche, généralement fixée entre zéro et 6 000 litres, est gratuite. En dessous d'un certain seuil de consommation, les ménages pauvres n'ont pas de frais mensuels fixes.	Chaque ménage identifié comme pauvre bénéficie d'un crédit sur l'approvisionnement en eau qui suffit généralement à couvrir la quantité d'eau dont ils ont besoin (6 000 litres par mois, le plus souvent).	Les niveaux de service correspondant à un débit limité (sous le seuil de consommation des ménages pauvres) sont fournis gratuitement. Le tarif normal s'applique aux niveaux de service supérieurs, sauf pour les ménages pauvres ayant toujours bénéficié d'un niveau de service supérieur.
Méthode de ciblage	Aucun ciblage (la première tranche, jusqu'à 6 000 litres, est gratuite pour tous les ménages). Toutefois, il peut s'avérer nécessaire de mettre en place une redevance mensuelle fixe ciblée pour les lieux de villégiature.	Cette option nécessite un système d'identification des ménages pauvres, généralement fondé sur un indicateur de référence (le revenu ou les dépenses du ménage).	Le ciblage correspond au choix de niveau de service opéré par le consommateur (ou, dans certains cas, par l'autorité).
Applicabilité	Principalement dans les grandes municipalités urbaines. Cette option ne convient pas aux zones caractérisées par une forte proportion de résidences secondaires, sauf lorsqu'elle est complétée par une redevance mensuelle fixe ciblée.	Applicable dans les municipalités de grande taille, mais plus courante dans les petites et moyennes municipalités, surtout urbaines. Cette option exige la mise en place d'un système de facturation pour tous les consommateurs.	Convient mieux aux municipalités à caractère essentiellement rural.

Source : DWAF (2002, p. 27-29).



Tableau 16.6 : Évaluation de l'efficacité des incitations économiques dans la politique de gratuité des services de base pour l'approvisionnement en eau en Afrique du Sud

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Le ministère des Eaux et Forêts d'Afrique du Sud (DWAF) dresse un bilan positif des 22 premiers mois d'application de la gratuité des services de base pour l'approvisionnement en eau, en particulier dans les zones urbaines. En 2007, le DWAF a en outre indiqué que plus de 75 % de la population bénéficiait d'un service de base gratuit pour l'approvisionnement en eau et que la majorité de ces bénéficiaires (69 %) étaient des ménages pauvres. Toutefois, le niveau de réussite n'est pas le même dans les zones urbaines et rurales, avec des lacunes persistantes en matière d'approvisionnement dans les zones rurales reculées. En outre, il a été signalé que la fourniture d'eau potable avait diminué de 8 % entre 2012 et 2014.	DWAF, 2002 ; Muller, 2008, p. 79 ; Programme pour l'eau et l'assainissement (PEA), 2011a, p. 2 ; Ministère de l'Eau et de l'Assainissement (DWS), 2014, p. 7
Indépendance de l'évaluation	La politique de gratuité des services de base pour l'approvisionnement en eau (FBWP) a été évaluée en interne par le DWAF, la Commission de recherche sur l'eau et d'autres organismes gouvernementaux connexes, et de manière approfondie dans des articles scientifiques approuvés par les pairs et dans la littérature « grise ».	DWAF, 2002 ; Mehta et Ntshona, 2004 ; Balfour <i>et al.</i> , 2005 ; Loftus, 2006 ; DWAF, 2007 ; Loftus, 2007 ; Muller, 2008 ; von Schnitzler, 2008 ; Dugard, 2008 ; PEA, 2011a ; Naidoo <i>et al.</i> , 2012 ; DWS, 2014 ; South Africa Statistics, 2016
Acteurs clés	Le DWAF (devenu le ministère de l'Eau et de l'Assainissement [DWS]) est l'organisme chargé de la supervision de la FBWP. L'administration centrale joue un rôle de régulation dans ce processus décentralisé. Les municipalités, les régies des eaux et les fournisseurs de services privés participent à la mise en œuvre à l'échelle locale.	FSSF, 2011a
Données de référence	Le droit à l'eau n'était pas reconnu avant la mise en œuvre de la politique. Lors de l'introduction de la FBWP en 2001, il a été signalé que sur 44,8 millions de personnes, 5 millions (soit 11 %) n'avaient pas accès à un approvisionnement en eau potable et que 6,5 millions (soit 15 %) ne bénéficiaient pas d'un niveau de service de base clairement établi (DWAF, 2003, p. 1).	DWAF, 2003, p. 1
Délai d'exécution	Cette politique s'inscrit dans un processus stratégique plus large de démocratisation post-apartheid engagé à partir de 1994. La FBWP a également été mise en œuvre et suivie pendant la période 2000-2015, en vue d'atteindre la cible 7C des OMD.	
Facteurs limitants	Les contraintes physiques liées à la disponibilité de l'eau dans une région aride mettent en péril le processus d'approvisionnement. La politique cible les « ménages pauvres » sans toutefois définir ce terme.	Muller, 2008 ; Naidoo <i>et al.</i> , 2012
Facteurs habilitants	Cette politique met en œuvre l'article 27 de la Constitution, qui énonce le droit à l'eau ; elle est régie par la loi de 1997 sur les services de distribution d'eau et par la loi nationale sur l'eau de 1998. En outre, le Cadre stratégique pour les services de distribution d'eau de 2003 et plusieurs autres cadres réglementaires orientent la mise en œuvre de la FBWP. Ils sont complétés par des normes nationales relatives aux niveaux de service telles que les normes du DWS (2017). La politique soutient le déploiement d'un ensemble de mesures économiques visant à faciliter l'approvisionnement, dans un contexte où l'accès à l'eau renvoie aux inégalités sociales héritées de l'apartheid. Cette politique s'inscrit également dans un effort de décentralisation ; on peut donc y voir une composante d'un changement de gouvernance plus global.	Muller, 2008 ; DWS, 2017
Coût-efficacité	En Afrique du Sud, l'investissement moyen par habitant dans l'approvisionnement en eau est relativement élevé (385 dollars É.-U. par habitant en milieu urbain et 278 dollars É.-U. par habitant en milieu rural). Le caractère inégal du rapport coût-efficacité est illustré par le fait que, d'une municipalité à l'autre, la viabilité des subventions croisées dépend d'un certain nombre de facteurs, parmi lesquels le niveau de ressources des consommateurs et la répartition des types d'utilisateurs.	DWAF, 2007 ; PEA, 2011
Équité	Une étude estime qu'en 2000, la charge de morbidité imputable à l'eau non potable et à l'insalubrité en Afrique du Sud s'élevait à 13 434 décès, dont une part très élevée d'enfants (Lewin <i>et al.</i> , 2007). Cette politique constitue un premier pas vers la prise en compte de ces conséquences sanitaires. Toutefois, l'utilisation de compteurs d'eau prépayés pour la collecte des recettes liées aux services d'approvisionnement en eau entraîne des coûts élevés pour certains utilisateurs ayant dépassé le seuil de gratuité du service de base. L'utilisation du ménage comme unité de prestation de services ne permet pas de couvrir les personnes vivant dans des quartiers informels ou dans des habitations d'arrière-cour.	Bond et Dugard, 2008 ; McDonald, 2008
Avantages connexes	Il était prévu que la FBWP génère des avantages connexes en matière de santé publique, de bien-être et d'équité entre les sexes. Mehta et Ntshona (2004, p. 19) fournissent des données probantes à ce sujet. Toutefois, les résultats obtenus et les données produites sur cet aspect ne relèvent pas du domaine public.	DWAF, 2002 ; Mehta et Ntshona, 2004, p. 19
Enjeux transfrontaliers	L'Afrique du Sud possède plusieurs bassins versants et aquifères transfrontaliers, mais cette politique porte sur des objectifs et sur un processus de mise en œuvre nationaux, qui ne semblent pas avoir de conséquences directes ou visibles sur l'exercice du droit humain à l'eau dans d'autres États riverains.	
Pistes d'amélioration	Dans la continuité de la FBWP, une politique de gratuité des services de base en matière d'assainissement a été instaurée en 2009. Les avantages connexes de sa mise en œuvre pour la FBWP pourront faire l'objet d'une analyse ultérieure. Le rapport coût-efficacité pourrait intégrer les coûts sanitaires et l'efficacité de la politique de gratuité des services de base en matière d'assainissement. La cohésion des politiques pourrait être renforcée par des approches intégratives impliquant une meilleure interaction institutionnelle. Une attention particulière aux besoins des quartiers informels permettrait d'améliorer l'équité.	



16.2.5 L'établissement volontaire de rapports de développement durable relatifs aux ressources en eau dans le secteur minier

L'exploitation minière consomme de grandes quantités d'eau et présente des risques considérables pour les ressources en eau à court et à long terme (Spitz et Trudinger, 2008) (voir aussi la section 9.5.5). Toutes les communautés locales accueillant un projet minier d'envergure plus ou moins importante partagent les mêmes préoccupations concernant les impacts potentiels sur les utilisateurs existants et sur la valeur des ressources en eau. Ces préoccupations sont liées aux expériences minières passées et à leurs conséquences sur les ressources en eau (pollution, réduction du débit des cours d'eau, baisse du niveau des eaux souterraines, détournement de rivières, altération de la qualité de l'eau, etc.). Les gouvernements, les entreprises et les collectivités reconnaissent la nécessité fondamentale, pour l'industrie minière, de gérer efficacement les risques liés aux ressources en eau (par exemple, Norgate et Lovel, 2006 ; Rankin, 2011).

Le principal protocole encadrant la production de rapports de développement durable est la Global Reporting Initiative (GRI), un programme mondial lancé en 1997 sous la forme d'une coalition de parties prenantes gouvernementales, communautaires et d'entreprises, qui visait à rendre ces rapports aussi courants et importants que les rapports d'activité des entreprises. La norme actuelle de la GRI comprend un large éventail d'indicateurs relatifs à la santé des communautés locales et à des enjeux sociaux, économiques et environnementaux, à l'intention du secteur minier, mais aussi de toute autre entreprise ou organisation. La GRI aborde la question de l'équité en proposant des orientations qui permettent d'établir des rapports relatifs aux différents approches de gestion et à leur incidence sur les groupes vulnérables, sur les modalités d'identification et de mobilisation des parties prenantes locales, et sur les mesures adoptées par les entreprises pour atténuer les risques et les impacts sur les collectivités locales. Depuis le Sommet de la Terre de Johannesburg en 2002, l'industrie minière mondiale, par l'entremise du Conseil international des mines et des métaux (ICMMI), exige désormais que ses sociétés membres publient un rapport de développement durable annuel.

Étude de cas : le cadre de comptabilité environnementale pour l'eau dans l'industrie minière australienne

Les premières recherches sur les données relatives à l'eau communiquées par les sociétés minières révèlent que les données figurant dans les rapports de développement durable sont parfois modifiées d'une année à l'autre sans explication, que l'interprétation de notions telles que l'« eau consommée » ou l'« eau recyclée » varie d'une mine à l'autre et que le traitement des problèmes de qualité de l'eau est insuffisant (Mudd, 2008 ; Northey *et al.* 2016). Ces constats ont amené le Minerals Council of Australia (MCA) à élaborer un cadre de comptabilité environnementale pour l'eau (MCA, 2012), qui permet de quantifier le bilan hydrique d'une mine et de rendre compte des indicateurs spécifiques de la GRI sous la forme de rapports de développement durable. Ce cadre de comptabilité environnementale pour l'eau (Water Accountability Framework) est un grand pas en avant dans la mise en place d'une approche uniforme de production des rapports sur la gestion de l'eau dans les mines. Les 49 sociétés membres du MCA représentent 85 % de l'activité minière australienne et plus de 90 % des exportations nationales de minéraux (MCA, 2017a).

L'intérêt croissant pour la responsabilité des entreprises a joué un rôle important en faveur de la production de rapports de développement durable, tout comme les pressions exercées par les investisseurs et les actionnaires des sociétés minières, et par les communautés locales touchées par l'exploitation minière. Dans la lutte contre les risques liés à l'eau dans l'industrie minière, le principal facteur limitant tient à la capacité technique de chaque entreprise et de ses mines. Par exemple, les mines ne sont pas toutes dotées des systèmes de surveillance, d'expertise technique (notamment pour la modélisation

du bilan hydrique) et de déclaration nécessaires à la production, en temps opportun, de rapports de développement durable précis. En tout état de cause, une gestion efficace de la consommation d'eau et des coûts connexes exige un suivi, de sorte qu'il est avantageux pour une mine d'investir dans de tels systèmes, qui lui permettent de réduire ses coûts d'exploitation, de garantir la transparence, d'améliorer sa réputation et de réduire au minimum les risques pour les ressources en eau. Dans son étude de rentabilité du cadre de comptabilité environnementale pour l'eau, le MCA souligne qu'au regard de l'analyse coût-efficacité, la production de rapports de développement durable de qualité peut s'avérer plus avantageuse que l'inaction, favorisant à la fois la confiance des investisseurs, l'acceptation sociale des activités exercées au sein des collectivités, la réduction des coûts d'exploitation (grâce aux économies d'eau) et l'efficacité de la gestion environnementale reconnue par les organismes de réglementation (voir MCA, 2017b). Le **tableau 16.7** ci-dessous présente notre évaluation de l'efficacité du cadre de comptabilité environnementale pour l'eau dans l'industrie minière australienne.

Le nombre croissant d'entreprises établissant leurs propres rapports de développement durable témoigne du succès de cette approche stratégique. Le fait que le MCA et, désormais, l'ICMMI obligent leurs membres à produire des rapports sur l'eau atteste également le succès de cette initiative. Toutefois, le cadre de comptabilité environnementale pour l'eau et les protocoles de l'ICMMI comportent quatre grandes faiblesses :

- i) La question de la qualité de l'eau dans les sources utilisées pour l'exploitation minière ;
- ii) Les liens entre les indicateurs de la GRI et la surveillance étroite des ressources en eau potentiellement affectées, en particulier en ce qui concerne la qualité et le débit ;
- iii) Les liens entre les exigences réglementaires relatives aux ressources en eau et la production de rapports de développement durable ;
- iv) Améliorer la prise en compte du bassin versant et du contexte climatique dans les données sur l'eau, afin de mieux interpréter et appréhender l'utilisation de l'eau au sein de l'industrie minière et les risques qu'elle pose pour les ressources en eau.

En outre, à l'exception de quelques travaux universitaires, les données et les informations sur l'eau publiées dans les rapports de développement durable ont très rarement fait l'objet d'évaluations formelles. Depuis l'adoption par la GRI d'un cadre normatif plutôt que d'un ensemble de lignes directrices, les processus indépendants de vérification et d'assurance qualité sont de plus en plus répandus et leurs résultats intéressent particulièrement les investisseurs responsables, les autorités de régulation et les parties prenantes communautaires concernées par ces enjeux.

De manière générale, l'efficacité de cette stratégie au regard de l'impact des activités minières sur les ressources en eau n'a pas encore fait l'objet d'une évaluation rigoureuse. Toutefois, la forte proportion de sociétés minières australiennes qui publient des rapports de développement durable intégrant le cadre de comptabilité environnementale pour l'eau laisse présumer de l'utilité de cette approche comme outil de gestion.

16.3 Les indicateurs (lien avec les ODD et les AME)

Les indicateurs suivants, relatifs à l'accès à l'eau potable, à l'assainissement et au prélèvement d'eau, permettent d'approfondir l'examen des diverses politiques de gestion des ressources en eau douce et contribuent à améliorer la santé humaine par divers moyens. Ces indicateurs ont été choisis pour leur sensibilité aux politiques et parce que leur importance est largement reconnue dans le cadre des cibles actuelles des ODD et des accords multilatéraux sur l'environnement en vigueur. Pour les besoins de ce chapitre, l'analyse des indicateurs vise à présenter les



Tableau 16.7 : Évaluation de l'efficacité du cadre de comptabilité environnementale pour l'eau dans l'industrie minière australienne

Critère	Description	Références
Succès ou échec	Le nombre croissant d'entreprises ayant désormais recours à l'établissement de rapports de développement durable en Australie, ainsi l'obligation de produire des rapports sur l'eau instaurée par le Minerals Council of Australia (MCA) et le Conseil international des mines et des métaux (ICMMI), témoignent de la diffusion réussie de cette approche stratégique.	Mudd, 2008 ; Northey, Haque et Mudd, 2013
Indépendance de l'évaluation	La GRI ayant adopté un cadre normatif plutôt qu'un ensemble de lignes directrices, la vérification externe du respect des normes en vigueur est une pratique de plus en plus courante, bien que l'étendue de cette vérification soit variable. Les rapports relatifs à l'eau ont rarement fait l'objet d'évaluations formelles.	Mudd, 2008 ; Northey <i>et al.</i> , 2016
Acteurs clés	Les sociétés minières individuelles, leurs associations professionnelles, les collectivités locales, les parties prenantes (par exemple, les groupes de défense de l'environnement), les organismes gouvernementaux de réglementation, les parties prenantes financières.	Franks <i>et al.</i> , 2014
Données de référence	Il n'existe pas de données de référence officielles. L'absence de rapports sur l'eau avant le milieu des années 1990 pourrait constituer le point de départ tacite de cette stratégie.	Mudd, 2008
Délai d'exécution	Le processus d'établissement de rapports de développement durable et les données correspondantes ont évolué au cours des 20 dernières années. Depuis 2016, la GRI est devenue un cadre normatif officiel plutôt qu'un ensemble de lignes directrices.	Mudd, 2008 ; Northey, Haque et Mudd, 2013 ; Northey <i>et al.</i> , 2016
Facteurs limitants	Les entreprises et les mines sont limitées par les capacités techniques dont elles disposent pour surveiller et documenter les processus liés à l'eau et leurs impacts.	Mudd, 2008 ; Northey, Haque et Mudd, 2013 ; Northey <i>et al.</i> , 2016
Facteurs habilitants	L'intérêt croissant pour la redevabilité des entreprises et les pressions exercées par les investisseurs et les actionnaires des sociétés minières, ainsi que par les communautés touchées par l'exploitation minière.	Mudd, 2008 ; Franks <i>et al.</i> , 2014 ; MCA, 2017a
Coût-efficacité	Il est logique que les entreprises établissent leurs propres rapports, afin d'éviter les retards occasionnés par un conflit, les litiges coûteux et les atteintes à leur image de marque. De plus, la production de rapports de développement durable de qualité favorise l'acceptation sociale des activités d'exploitation au sein des communautés locales.	Mudd, 2008 ; Franks <i>et al.</i> , 2014
Équité	La production de rapports de développement durable peut être avantageuse pour toutes les parties prenantes australiennes – sociétés minières, communautés, gouvernement –, mais on ne sait pas exactement quel impact elle pourrait avoir sur l'équité dans d'autres parties du monde.	Franks <i>et al.</i> , 2014
Avantages connexes	La production de rapports de développement durable permet aux chercheurs d'avoir accès aux données, favorisant ainsi le calcul des coûts associés au cycle de vie de certains métaux et minéraux, l'innovation au service de la durabilité des procédés et l'évaluation des répercussions des nouvelles technologies minières sur les ressources en eau.	MCA, 2017a
Enjeux transfrontaliers	L'adoption à l'échelle mondiale de rapports de développement durable normalisés favoriserait une meilleure gestion transnationale des questions liées à l'eau dans le secteur minier.	ICMMI, 2017
Pistes d'amélioration	Les rapports de développement durable relatifs aux ressources en eau produits par les entreprises pourraient faire l'objet d'une étude détaillée permettant d'en évaluer la portée, la qualité et l'efficacité. Le cadre de comptabilité environnementale pour l'eau et les protocoles de l'ICMMI présentent des faiblesses majeures. La mise en ligne de bases de données communes sur les ressources en eau favoriserait l'exploitabilité des données sur l'eau et renforcerait la transparence.	Mudd, 2008 ; Northey, Haque et Mudd, 2013 ; Northey <i>et al.</i> , 2016

politiques qui influent sur les tendances en matière d'eau potable, d'assainissement et de prélèvement d'eau. Il existe une grande diversité de politiques et notre analyse souligne l'importance de les combiner afin de réaliser des objectifs mondiaux tels que les ODD et de faciliter la mise en œuvre à l'échelle locale.

16.3.1 Indicateur 1 : Proportion de la population utilisant des services d'alimentation en eau potable gérés en toute sécurité

L'indicateur 6.1.1 des ODD porte sur la proportion de la population mondiale utilisant des services d'alimentation en eau potable gérés en toute sécurité, en appui à la santé publique. La notion de « gestion en toute sécurité » renvoie à l'eau provenant d'une source d'eau améliorée située sur place, disponible en cas de besoin et exempte de contamination fécale et de contaminants chimiques prioritaires (OMS et Fonds des Nations Unies pour l'enfance

[UNICEF], 2017), où « source d'eau améliorée » (indicateur de l'OMD) s'entend de l'eau de pluie, de l'eau courante, de l'eau issue de bornes-fontaines, de trous de forage, de puits ou de sources, conditionnée ou livrée directement. Les « services d'alimentation en eau potable » renvoient à l'accessibilité, à la disponibilité et à la qualité de la source principale utilisée par les ménages pour la boisson, la cuisson, l'hygiène personnelle et d'autres usages domestiques (OMS et UNICEF, 2017). Les produits chimiques d'intérêt prioritaire varient d'un pays à l'autre, mais l'arsenic et le fluorure sont considérés comme des contaminants prioritaires à l'échelle mondiale, eu égard à leur impact potentiel sur la santé humaine.

Portée et mesure

De 2000 à 2015, le Programme commun OMS/UNICEF de suivi de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement (JMP) a utilisé une classification binaire des sources d'eau potable



améliorées et non améliorées comme indicateur à des fins de suivi et d'évaluation. Dans le cadre du suivi de la cible 6.1 des ODD, le JMP a affiné cet indicateur afin de faciliter la distinction entre les différents niveaux de service et l'évaluation de la gestion en toute sécurité des approvisionnements (OMS et UNICEF, 2017). L'échelle des services d'approvisionnement en eau potable établie par le JMP a également été mise à jour avec le déplacement de la mention « géré en toute sécurité », qui constitue désormais l'échelon le plus élevé (**tableau 16.8**).

Selon le JMP, entre 1990 et 2015, 2,6 milliards de personnes dans le monde ont obtenu l'accès à une source améliorée d'eau potable (UNICEF et OMS, 2015) (**figure 16.2**). Ce chiffre porte à environ 75 % la proportion de la population mondiale bénéficiant d'un approvisionnement en eau courante sur place.

Pertinence stratégique

Cet indicateur est une version modifiée de l'indicateur 7.8 des OMD (proportion de la population utilisant une source d'eau potable améliorée) et présente un lien direct avec la cible 6.1 des ODD : « D'ici à 2030, assurer l'accès universel et équitable à l'eau potable, à un coût abordable ». Cet indicateur se rapproche également des efforts politiques déployés depuis de nombreuses années à l'échelle mondiale pour garantir la bonne gestion de l'eau et la protection de la santé humaine, notamment les accords multilatéraux sur l'environnement tels que le Protocole sur l'eau et la santé de 1999.

Relations de causalité

L'évolution progressive en faveur de la gouvernance de l'eau est largement attribuable à l'évolution des services d'alimentation en eau potable. La première intervention consiste à installer une infrastructure physique assurant l'approvisionnement en eau

potable. Les efforts déployés pour installer l'eau courante, par exemple, permettent généralement de réduire la contamination microbienne de l'eau à la source et de l'eau stockée par les ménages (Shields *et al.*, 2015). Bien que les solutions techniques soient encore présentes dans le secteur de l'assainissement (PEA, 2011b), l'adoption d'approches participatives complémentaires est de plus en plus courante (voir également la section 16.2.2). En Inde, par exemple, la politique nationale visant à fournir une eau sûre à la population repose sur une approche sociotechnologique (Khurana et Sen, 2008).

L'établissement d'objectifs nationaux semble également favoriser l'augmentation du nombre de personnes bénéficiant d'un accès à l'eau potable. Une évaluation récente de l'accès à l'eau menée dans 97 pays a révélé qu'entre 1980 et 2013, environ la moitié d'entre eux avaient atteint ou visaient l'accès universel (Luh *et al.*, 2017). L'OMD relatif à l'eau potable a permis de réduire de moitié la proportion de personnes privées d'accès à l'eau potable en 2012, soit trois ans avant la date limite fixée pour la réalisation de cet objectif. Ce premier succès a donné lieu à l'établissement de cibles nationales inspirées par les objectifs mondiaux ambitieux inscrits dans les ODD. À condition qu'ils disposent des capacités nécessaires, on peut s'attendre à ce que les pays qui se sont fixé de telles cibles soient en meilleure position pour améliorer la couverture de l'accès à l'eau potable que des pays n'affichant pas ce type d'ambitions (Luh *et al.*, 2017).

Autres facteurs d'influence

L'accès universel peut être entravé non seulement par des facteurs hydrologiques tels que les précipitations, qui peuvent contribuer à la rareté de l'eau, ou par des risques tels que la contamination microbienne, mais également par des facteurs économiques. Dans les pays qui connaissent un développement rapide tels que l'Inde, la pollution et la surexploitation de l'eau sont liées à l'industrialisation et à l'expansion agricole qui, à leur tour, influent sur la qualité de l'eau (Khurana et Sen, 2008). Le rythme de la croissance démographique constitue également un obstacle au renforcement de la couverture de l'accès à l'eau potable et à l'assainissement, en particulier en Afrique subsaharienne et en Océanie (UNICEF et OMS, 2015).

Une mauvaise connaissance ou une maîtrise insuffisante des problèmes de qualité de l'eau risquent de compromettre la sécurité des services d'approvisionnement en eau potable, tant dans les pays développés que dans les pays en développement. Au Bangladesh, le nombre de puits tubulaires a augmenté, mais l'analyse de la qualité de l'eau n'est pas une pratique courante (Fischer, 2017), ce qui entrave la bonne compréhension des risques sanitaires liés aux contaminants microbiens et non microbiens. Cette situation peut avoir de graves conséquences pour la santé publique. Par exemple, les mesures prises dans les années 1970 pour réduire l'impact sanitaire des maladies microbiennes liées à l'utilisation des eaux de surface ont donné lieu à l'installation généralisée de puits tubulaires, qui constituent eux-mêmes une source d'eau à forte teneur en arsenic inorganique (Flanagan, Johnston et Zheng, 2012). La santé des populations qui utilisent ces sources d'eau potable s'en est trouvée gravement affectée, avec des conséquences allant des lésions cutanées au cancer et aux effets cognitifs (Abdul *et al.*, 2015), ce qui a entraîné une stigmatisation et d'autres impacts sociaux graves (Kabir *et al.*, 2015).

Autres indicateurs possibles

Afin de mieux appréhender la population bénéficiant de services d'approvisionnement en eau potable gérés en toute sécurité, on peut envisager l'élaboration d'un indicateur mettant l'accent sur les disparités entre populations rurales et urbaines, et prenant appui sur les quintiles de richesse. Entre 1995 et 2012, le JMP est parvenu à assurer un suivi de l'évolution de la couverture en matière d'accès à l'eau potable (UNICEF et OMS, 2015), mais il pourrait tirer avantage de données plus complètes et de rapports plus rigoureux.

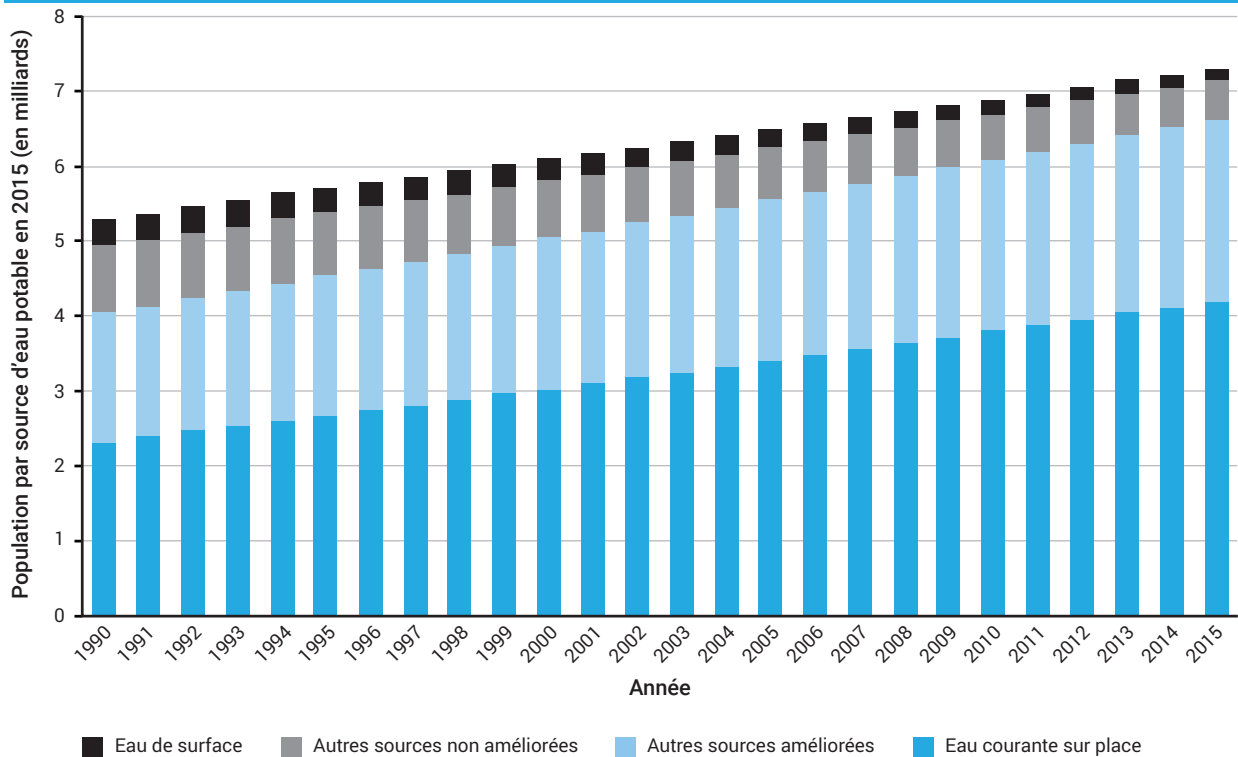
Tableau 16.8 : Échelle des services d'approvisionnement en eau potable du JMS

Niveau de service	Définition
Géré en toute sécurité 	Eau potable provenant d'une source améliorée située sur place et disponible en cas de besoin, exempte de contamination de matières fécales (et des produits chimiques d'intérêt prioritaire).
Élémentaire 	Eau potable provenant d'une source améliorée avec un temps de collecte de 30 minutes ou moins aller-retour, incluant la file d'attente.
Limité 	Eau potable provenant d'une source améliorée avec un temps de collecte de plus de 30 minutes aller-retour, incluant la file d'attente.
Non amélioré 	Eau potable provenant de puits creusés non protégés ou de sources non protégées.
Pas de service 	Eau potable collectée directement d'un cours d'eau, barrage, lac, étang, ruisseau, conduit, canal d'irrigation.

Source : Adapté de OMS et UNICEF (2017).



Figure 16.2 : Évolution de la population mondiale selon la source d'eau potable, 1990-2015 (en milliards)



Source : Adapté d'OMS et UNICEF (2017).

16.3.2 Indicateur 2 : Proportion de la population utilisant des services d'assainissement gérés en toute sécurité, notamment des équipements pour se laver les mains avec de l'eau et du savon

L'indicateur 6.2.1 des ODD renvoie à la proportion de la population utilisant des services d'assainissement gérés en toute sécurité, notamment des équipements pour se laver les mains avec de l'eau et du savon, où « géré en toute sécurité » s'entend d'une « installation d'assainissement améliorée qui n'est pas partagée avec d'autres ménages et où les excréments sont soit éliminés en toute sécurité sur place, soit évacués et traités hors site » (OMS, 2017, p. 1).

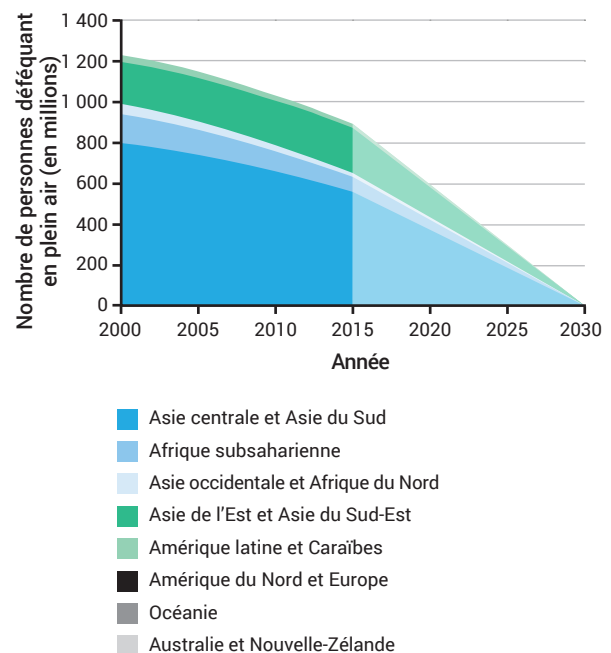
Portée et mesure

Selon le JMP, le niveau des services d'assainissement varie de « géré en toute sécurité » à l'absence de services, en passant par les niveaux élémentaire, limité et non amélioré. L'identification de ces niveaux dépend du traitement réservé aux excréments, qui doivent être séparés et éliminés en toute sécurité, en évitant tout contact avec les humains. Elle dépend également de la nature collective ou privée des installations sanitaires (OMS, 2017).

Représentation graphique

D'importants progrès ont été réalisés pour réduire le nombre de personnes privées d'accès à des services d'assainissement sûrs. Comme le montre la **figure 16.3**, entre 2000 et 2015, le nombre de personnes pratiquant la défécation en plein air est passé de 1,229 milliard à 892 millions, soit une réduction moyenne de 22 millions de personnes par an. En outre, hormis l'Afrique subsaharienne et l'Océanie, toutes les régions ont progressé dans la baisse de cet indicateur.

Figure 16.3 : Tendances régionales de la proportion de la population nationale pratiquant la défécation en plein air, 2000-2015



Source : OMS et UNICEF (2017).



Parmi les autres tendances notables, on peut notamment remarquer l'écart entre différents pays en termes de rythme d'évolution. Quatorze pays ont réalisé des progrès suffisants pour espérer atteindre l'universalité des services d'assainissement de base d'ici à 2030, mais la majorité des pays doivent soit accélérer leurs progrès, soit inverser la tendance en enrayant l'augmentation du nombre de personnes privées d'accès à des services d'assainissement sûrs (**figure 16.4**).

Pertinence stratégique

La proportion de la population utilisant des services d'assainissement gérés en toute sécurité est en lien direct avec la cible 6.2 des ODD : « D'ici à 2030, assurer l'accès de tous, dans des conditions équitables, à des services d'assainissement et d'hygiène adéquats et mettre fin à la défécation en plein air, en accordant une attention particulière aux besoins des femmes et des filles et des personnes en situation vulnérable » (ONU, 2018). L'indicateur 6.2.1 des ODD va plus loin dans la reconnaissance de ces liens et renforce les efforts actuellement déployés, à l'échelle mondiale, sur la question de l'eau et de l'assainissement, y compris les OMD formulés avant l'établissement de cette cible des ODD et le Plan de mise en œuvre du Sommet mondial sur le développement durable.

Relations de causalité

L'amélioration de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement sont les principaux indicateurs relatifs aux interventions liées à l'eau, l'assainissement et l'hygiène (EAH). Les interventions stratégiques mises en œuvre se sont efforcées de garantir la fourniture et l'entretien d'infrastructures telles que les puits, les réseaux de transport et de distribution d'eau et les installations de traitement de l'eau (Hunt, 2011). Les interventions axées sur la qualité de l'eau et la promotion de l'hygiène, telles que le lavage des mains, ont également été efficaces pour la prévention des maladies (Peletz *et al.*, 2013).

Plusieurs régions du monde se sont impliquées activement dans l'assainissement total piloté par la communauté (ATPC) afin d'accroître le nombre de personnes utilisant des services d'assainissement améliorés. LATPC constitue la principale politique de lutte contre la défécation en plein air dans les zones rurales des pays en développement (Bateman et Engel, 2017). Rapidement adopté, il a été mis en œuvre dans 60 pays depuis l'an 2000 (Crocker *et al.*, 2017). LATPC est une approche participative et ascendante intégrant la sensibilisation à l'échelle communautaire.

L'une des raisons de cette large adoption de l'ATPC tient à la faiblesse du coût perçu, bien que les études consacrées aux coûts véritables restent relativement rares (Crocker *et al.*, 2017).

Autres facteurs d'influence

De même que la question de l'accès aux services d'approvisionnement en eau potable, l'assainissement est au cœur des ambitions mondiales inscrites dans les ODD. Toutefois, plutôt que de procéder à une évaluation mondiale des interventions relevant de l'EAH et de la santé préventive, il est plus efficace de décentraliser les politiques afin de mieux comprendre les facteurs permettant de mettre en œuvre l'EAH dans les contextes locaux (Whittington *et al.*, 2012).

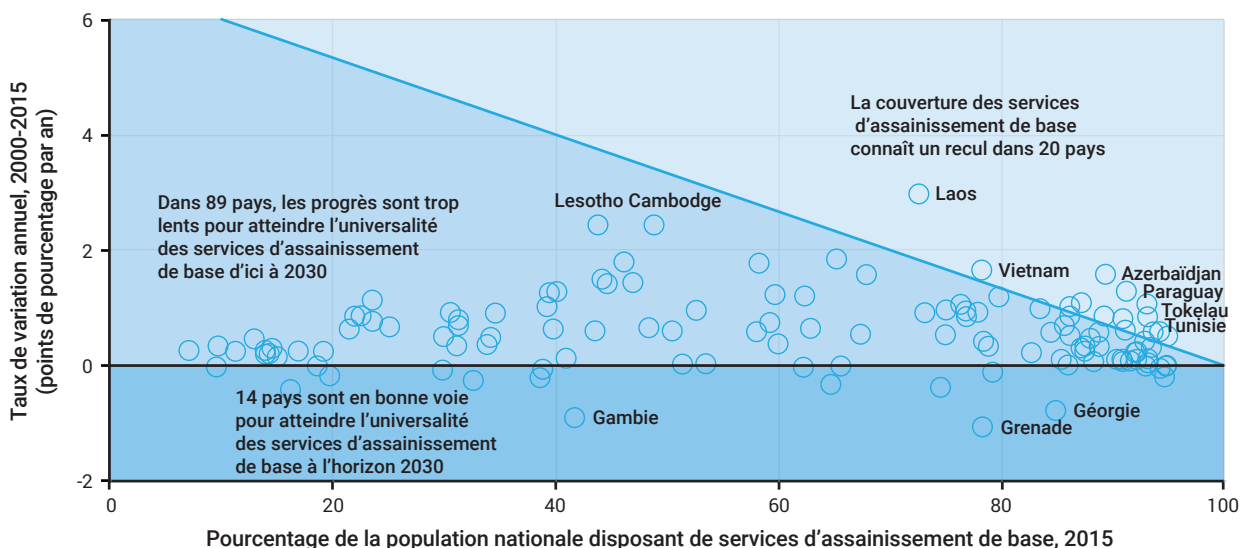
Autres indicateurs possibles

Les progrès concomitants de l'assainissement par latrines à fosse et de l'utilisation des eaux souterraines suscitent des préoccupations croissantes quant à l'impact potentiel sur la santé de la contamination de l'eau potable. Pour mesurer la robustesse des services d'assainissement qui protègent les populations de tout contact avec les excréments, il peut être nécessaire de tenir compte non seulement de la fourniture des services eux-mêmes, mais également de tout effet secondaire ou d'entraînement éventuel. Il peut s'avérer utile de mettre au point des indicateurs basés sur des données intégrées afin d'identifier et d'atténuer les risques. Certains ont également estimé qu'une cartographie des services d'approvisionnement en eau et des latrines à fosse pouvait être efficace, de même que le suivi des principaux indicateurs de contamination des eaux souterraines (Back *et al.*, 2018).

16.3.3 Indicateur 3 : Niveau de stress hydrique : prélèvements d'eau douce en proportion des ressources en eau douce disponibles

L'indicateur 6.4.2 des ODD porte sur le niveau de stress hydrique, c'est-à-dire les prélèvements d'eau douce en proportion des ressources en eau douce disponibles. On peut définir les prélèvements d'eau comme la quantité de ressources en eau douce prélevée dans les cours d'eau ou les aquifères à des fins agricoles, industrielles et domestiques (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2016). Les usages agricoles de l'eau représentent la majeure partie des prélèvements d'eau dans le monde, ce qui témoigne des liens étroits qu'entretiennent

Figure 16.4 : Progrès vers la mise en place de services d'assainissement de base universels (2000-2015) dans les pays où au moins 5 % de la population ne disposait pas de services de base en 2015



Source : OMS et UNICEF (2017).

les secteurs de l'eau et de l'alimentation (voir les sections 4.4.3 et 9.8.2), avec des conséquences sur les moyens de subsistance, la nutrition, la santé publique et le bien-être. Le prélèvement d'eau à des fins agricoles concerne l'irrigation, l'élevage et l'aquaculture (FAO, 2016). L'irrigation, en particulier, représente la majorité des prélèvements d'eau totaux (67 %) (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, 2016).

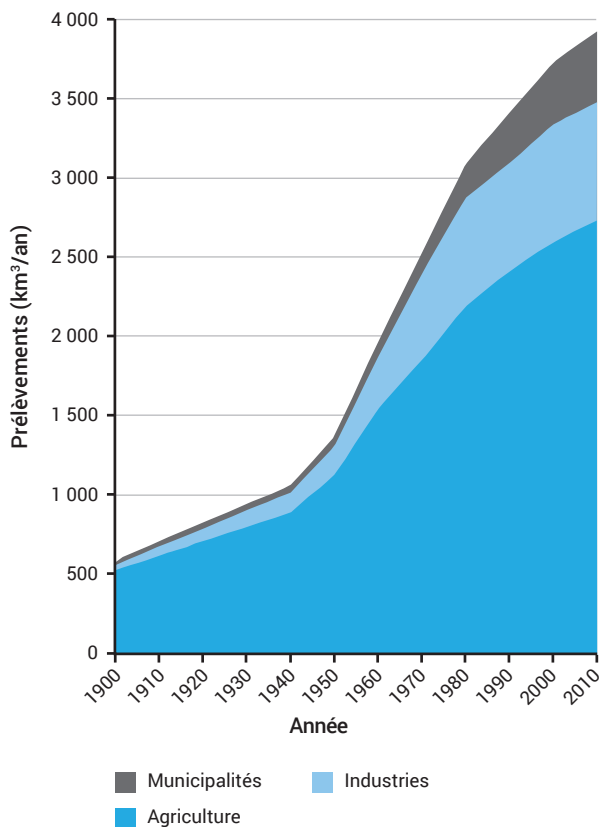
Portée et mesure

Les tendances observées en matière de prélèvements d'eau révèlent l'évolution des utilisations anthropiques de l'eau douce. À l'échelle mondiale, les prélèvements d'eau ont augmenté au cours du siècle dernier (figure 16.5). L'évolution des prélèvements d'eau bleue sert d'indicateur à l'intensification des pratiques d'irrigation. Le ratio entre les prélèvements d'eau à des fins agricoles et l'ensemble des prélèvements d'eau dans un pays donné varie selon les régions du monde, en fonction de facteurs tels que le climat et le niveau de priorité accordé à l'activité agricole (figure 16.6). Le développement des barrages a contribué à l'utilisation anthropique de l'eau et à l'évaporation due au stockage de l'eau dans des lacs ou des réservoirs. Toutefois, à l'heure actuelle, ce type de prélèvements d'eau n'est pas pris en compte par l'indicateur examiné dans la présente section (FAO, 2016).



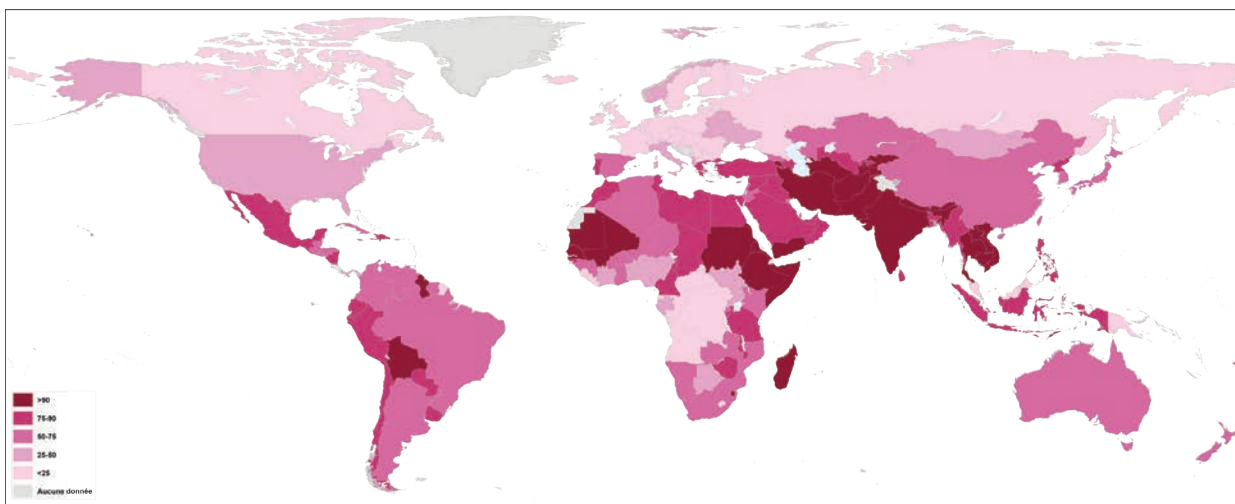
Représentation graphique

Figure 16.5 : Tendances mondiales en matière de prélèvements d'eau par secteur (1900-2010)



Source : Adapté de FAO (2016).

Figure 16.6 : Prélèvements d'eau à des fins agricoles en proportion des ressources en eau disponibles

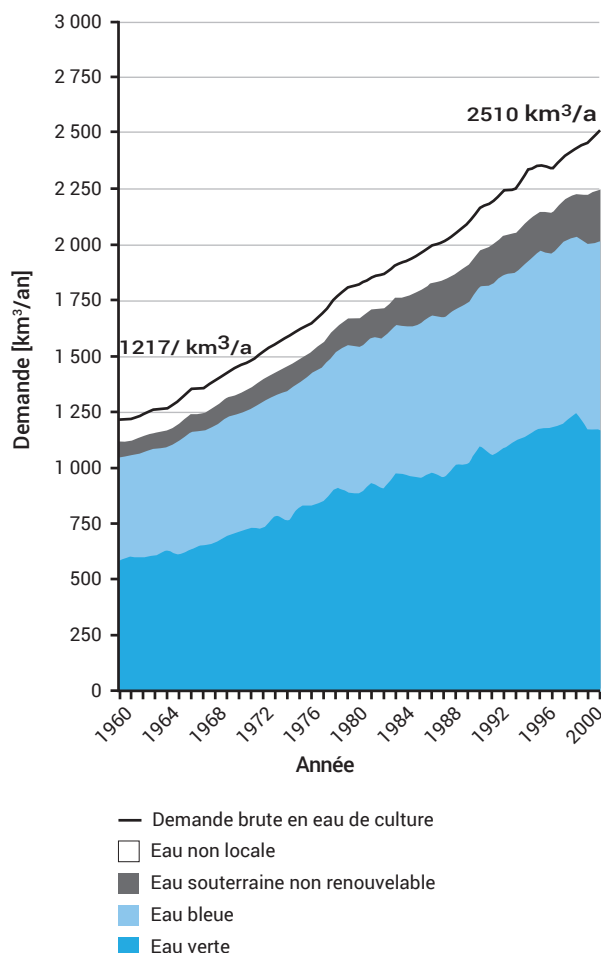


Source : Adapté de FAO (2015).





Figure 16.7 : Évolution de la demande mondiale brute en eau à des fins agricoles (1960-2000)



Source : Wada, van Beek et Bierkens (2012, p. 14).

Pertinence stratégique

Cet indicateur est en lien direct avec la cible 6.4 des ODD : « D'ici à 2030, faire en sorte que les ressources en eau soient utilisées beaucoup plus efficacement dans tous les secteurs et garantir la viabilité des prélèvements et de l'approvisionnement en eau douce afin de remédier à la pénurie d'eau et de réduire nettement le nombre de personnes qui manquent d'eau. » Des préoccupations relatives à la quantité d'eau disponible ont été soulevées à maintes reprises dans les politiques mondiales et dans plusieurs accords internationaux relatifs à l'environnement tels que le Plan d'action de Mar del Plata de 1977, la Déclaration de Dublin de 1992 sur l'eau et le développement durable, la Convention de 1997 sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation (Convention des Nations Unies sur les cours d'eau), la Convention de 1992 sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux (Convention sur l'eau de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies) et le Projet d'articles sur le droit des aquifères transfrontières de 2008 de la Commission du droit international. Cet indicateur attire également l'attention sur l'équilibre entre l'eau utilisée à des fins agricoles et l'eau répondant aux besoins de l'industrie, des ménages et des écosystèmes, un aspect explicitement abordé

par la cible 6.5 des ODD, qui préconise la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE).

Relations de causalité

Les subventions sont un important facteur d'expansion de l'agriculture d'irrigation. Le recouvrement intégral des coûts est rare dans les pays développés. Dans les pays en développement, des associations de consommateurs d'eau ont été créées afin de réduire la dépendance envers les subventions et d'instaurer un tarif pour la consommation d'eau. Toutefois, ce tarif ne suffit pas à assurer le recouvrement intégral des coûts (Toan, 2016). Par conséquent, le prix de l'irrigation a une incidence négative sur le coût de l'approvisionnement et ne tient pas compte des impacts sur l'environnement. Il a été suggéré d'inclure le principe du « pollueur-payeur » dans le prix de l'irrigation (Howarth, 2009).

Si l'irrigation a fait l'objet d'investissements publics à grande échelle par le passé, il est peu probable qu'il en aille de même à l'avenir. En effet, ce type d'investissement a cédé la place à des investissements locaux issus de la gestion participative de l'irrigation et du transfert de la gestion de l'irrigation, qui se révèlent particulièrement prisés (Turrall et al., 2010).

Les eaux souterraines sont de plus en plus utilisées à des fins agricoles (figure 16.7). Les puits privés et l'extraction privée d'eau souterraine, en particulier, sont devenus la principale méthode d'irrigation en Inde et sont largement utilisés dans d'autres pays en développement tels que la Chine, le Pakistan et la Thaïlande (Turrall et al., 2010). Ici, les liens entre l'eau et l'énergie sont évidents, car une technologie de pompage moins coûteuse et un meilleur accès à l'énergie ont permis de faciliter les prélèvements, souvent au niveau individuel (Shah, 2014). Toutefois, la gouvernance des eaux souterraines, en particulier pour les aquifères transfrontaliers, n'est pas encore bien établie (Albrecht et al., 2017). On a également signalé des situations dans lesquelles les efforts déployés pour améliorer l'efficacité de l'irrigation, loin de contribuer à réduire l'utilisation des eaux souterraines, avaient au contraire produit l'effet inverse (Pfeiffer et Lin, 2014).

Autres facteurs d'influence

Selon Molden et al. (2010), la gestion de l'offre axée sur l'allocation a eu un impact plus important sur l'efficacité de l'utilisation de l'eau que la tarification visant à influencer le comportement des agriculteurs. Toutefois, dans les grands systèmes fluviaux, la gestion de l'approvisionnement par le biais de barrages peut entraîner une augmentation de l'activité d'irrigation, de sorte que les bassins versants voisins des barrages ont une activité économique 25 fois plus importante par unité d'eau que les autres bassins versants (Nilsson et al. 2005).

Autres indicateurs possibles

Vörösmarty et al. (2010) ont examiné la façon dont la sécurité hydrique des humains et les menaces pour la biodiversité interagissent à l'échelle mondiale. Un indicateur visant à illustrer ces facteurs composites révèle des conséquences non seulement sur les prélèvements d'eau, mais aussi en aval et sur les écosystèmes, au-delà de la satisfaction des besoins en eau à des fins agricoles. D'autres indicateurs pourraient donner un aperçu de la rareté de l'eau à l'échelle infranationale. Étant donné que les effets des pénuries d'eau se font sentir à l'échelle locale, d'autres indicateurs pourraient couvrir les disparités géographiques au sein d'un même pays en matière de pénuries d'eau. De nouveaux concepts et méthodologies apparaissent, notamment la cartographie des risques liés à l'eau entreprise par la plateforme Aqueeduct de l'Institut des ressources mondiales, qui propose des données détaillées à destination de différents types d'utilisateurs, y compris les investisseurs et les entreprises (<https://www.wri.org/aqueeduct>).



16.4 Discussion et conclusions

Diverses approches stratégiques montrent que la quantité et la qualité de l'eau ont de fortes incidences sur la santé des humains et des écosystèmes, et que ces interactions sont déterminées par les changements intervenant dans de multiples secteurs. La gouvernance est de plus en plus ouverte aux acteurs non étatiques tels que le secteur privé et la société civile. La prise de décision doit donc tenir compte de l'ensemble des secteurs et des acteurs, de manière à garantir une gestion intégrée des forces motrices et des pressions (voir les chapitres 2 et 9), tenant compte des questions économiques, sociales et environnementales. La recherche de cohérence et de synergie entre les différentes politiques sectorielles est un aspect essentiel des interactions entre l'eau douce et les autres secteurs. Les interventions politiques doivent être conçues pour offrir davantage que de simples solutions techniques. Cela ne remet pas en cause l'importance de la construction d'infrastructures telles que les puits, les latrines et les barrages, mais cette stratégie doit être envisagée comme un aspect parmi d'autres d'une combinaison complexe et cohérente de politiques. Plusieurs études de cas font état de processus de participation citoyenne et de l'implication des parties prenantes. Toutefois, dans un souci d'équité et de justice environnementale, les avantages et inconvénients des politiques pourraient être mieux répartis.

La valeur non pécuniaire des approches de gouvernance et des types de politiques examinés dans le présent chapitre n'a pas été évaluée. Lorsque les stratégies adoptées ont fait l'objet d'évaluations économiques, les inconvénients identifiés se sont principalement exprimés en termes pécuniaires, sans permettre d'évaluer les impacts sur la santé humaine ou les écosystèmes. Les impacts négatifs des politiques sur la santé sont généralement associés aux risques naturels ou aux maladies infectieuses, et peu d'efforts ont été faits pour tirer parti des avantages connexes potentiels pour la santé humaine (Grellier *et al.*, 2017) ou les écosystèmes.

La participation active des parties prenantes peut contribuer à l'efficacité des politiques. Toutefois, la décentralisation de la gouvernance de l'eau ne s'accompagne pas nécessairement d'une participation accrue des parties prenantes, comme l'illustre la politique de réduction des risques de catastrophes mise en œuvre en Angleterre et au pays de Galles (section 16.2.3). Afin de favoriser la participation efficace des parties prenantes, il convient également de renforcer leurs capacités et de déployer des efforts à long terme pour les sensibiliser et mettre à profit leurs connaissances.

Les seuils de surveillance et les conditions de référence constituent un élément clé pour la mise en œuvre des politiques et la garantie de leur efficacité globale. Les conditions de référence doivent être définies au moment de la mise en œuvre, puis soumises à un suivi, et les liens de causalité doivent faire l'objet d'hypothèses et de tests. Enfin, il convient de faire appel à des processus d'analyse contrefactuelle afin d'éviter qu'un facteur de confusion ne puisse fausser l'évaluation de l'efficacité des stratégies adoptées (Ferraro, 2009). Ce principe s'applique tout particulièrement à l'accès aux services d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement.

La sélection des études de cas proposées dans le présent chapitre est fondée sur un certain nombre de critères, notamment l'existence de publications approuvées par les pairs offrant une description détaillée des situations étudiées. Par conséquent, les cas ont principalement été choisis dans des économies avancées, généralement dotées de ressources et de structures leur permettant d'expérimenter et d'innover. Les enseignements tirés de ces études de cas ont donc trait aux pays développés et ne peuvent être généralisés à l'échelle mondiale. Au contraire, il convient d'adopter une approche prudente en envisageant les problèmes au cas par cas, en fonction de leur contexte spécifique (Ingram 2013 ; Mukhtarov *et al.*, 2015).



Références

Abdul, K.S.M., Jayasinghe, S.S., Chandana, E.P.S., Jayasumana, C. et De Silva, P.M.C.S. (2015). Arsenic and human health effects: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 40(3), 828-846. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.09.016>

Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (2012). Protocole amendant l'Accord de 1978 entre le Canada et les États-Unis d'Amérique relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, tel qu'il a été modifié le 16 octobre 1983 et le 18 novembre 1987. Signé le 7 septembre 2012. Entré en vigueur le 12 février 2013. https://binational.net/wp-content/uploads/2014/05/1094_Canada-USA-GLWQA_F.pdf

Agence de protection de l'environnement (États-Unis) (2017). *Great Lakes Restoration Initiative Report to Congress and the President: Fiscal Year 2016*. Washington. <https://nepis.epa.gov/Exec/DisplayPDF.cgi/P100UQEQ.PDF?Dockey=P100UQEQ.PDF>

Albrecht, T.R., Varady, R.G., Zuniga-Teran, A.A., Gerlak, A.K. et Staddon, C. (2017). Governing a shared hidden resource: A review of governance mechanisms for transboundary groundwater security. *Water Security* 2, 43-56. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2017.11.002>

Allan, C. et Watts, R.J. (2017). Revealing adaptive management of environmental flows. *Environmental Management* 61(3), 520-533. <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0931-3>

Al-Nammari, F. et Alzaghal, M. (2015). Towards local disaster risk reduction in developing countries: Challenges from Jordan. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 12, 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2014.11.005>

Arthington, A.H., Bunn, S.E., Poff, N.L. et Naiman, R.J. (2006). The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. *Ecological Applications* 16(4), 1311-1318. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[1311:copel\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[1311:copel]2.0.co;2)

Assemblée générale des Nations Unies (2010). 64/292. *Le droit de l'homme à l'eau et à l'assainissement: résolution adoptée par l'Assemblée générale le 28 juillet 2010*. A/RES/64/292. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N09/479/36/PDF/N0947936.pdf?OpenElement>

Austin, D. et Dye, B. (2011). The water that cannot be stopped: Southern Paiute perspectives on the Colorado River and the operations of Glen Canyon Dam. *Policy and Society* 30(4), 285-300. <https://doi.org/10.1016/j.polsoc.2011.10.003>

Back, J.O., Rivett, M.O., Hinz, L.B., Mackay, N., Wanangwa, G.J., Phiri, O.L. et al. (2018). Risk assessment to groundwater of pit latrine rural sanitation policy in developing country settings. *Science of the Total Environment* 613-614, 592-610. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.071>

Balfour, A., Wilson, I., de Jager, J., Still, D.A. et Louw, S. (2005). *Development of Models to Facilitate the Provision of Free Basic Water in Rural Areas*. WRC Report South African Water Research Commission et The Mvula Trust. <http://www.fwr.org/wrcsa/1379105.htm>

Banque mondiale (2018). *Environmental Flows for Hydropower Projects: Guidance for the Private Sector in Emerging Markets*. Washington. <http://documents.worldbank.org/curated/en/3272731520945251027/pdf/124234-WP-EFlows-for-Hydropower-Projects-PUBLIC.pdf>

Bateman, M. et Engel, S. (2017). To shame or not to shame: That is the sanitation question. *Development Policy Review* 36(2), 155-173. <https://doi.org/10.1111/dpr.12317>

Begg, C., Walker, G. et Kuhllicke, C. (2015). Localism and flood risk management in England: The creation of new inequalities? *Environment and Planning C: Government and Policy* 33(4), 685-702. <https://doi.org/10.1068/c12216>

Bernauer, T. et Kuhn, P.M. (2010). Is there an environmental version of the Kantian peace? Insights from water pollution in Europe. *European Journal of International Relations* 16(1), 77-102. <https://doi.org/10.1177/1354066109344662>

Binational.net (2012). *Secteurs préoccupants (annexe 1)*. <https://binational.net/fr/annexes/a1/>

Bond, P. et Dugard, J. (2008). Water, human rights and social conflict: South African experiences. *Law, Social Justice & Global Development* 1, 1-21. <http://go.galegroup.com/ps/anonymou?d=GAL3%7CA187844300&id=googleScholar&v=2.1&t=&linkaccess=abs&issn=14670437&p=AONE&sw=w>

Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Genève. https://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf

Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe (2017). *What Is Disaster Risk Reduction?* <https://www.unisdr.org/who-we-are/what-is-drr> (consulté le 21 novembre 2017)

Camacho, A.E., Susskind, L.E. et Schenk, T. (2010). Collaborative planning and adaptive management in Glen Canyon: A cautionary tale. *Columbia Journal of Environmental Law* 35, 1. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1572720

Chatterton, J., Clarke, C., Daly, E., Dawks, S., Elding, C., Fenn, T. et al. (2016). *Delivering Benefits through Evidence: The Costs and Impacts of the Winter 2013 to 2014 Floods*. Bristol: Agence de l'environnement. http://pald.co.uk/uploads/report_files/the-costs-and-impacts-of-the-winter-2013-to-2014-floods-report.pdf

Collier, M.P., Webb, R.H. et Andrews, E.D. (1997). Experimental flooding in Grand Canyon. *Scientific American* 276(1), 82-89. <https://www.jstor.org/stable/24993568?seq=1>

Commission mixte internationale (1980). *Pollution in the Great Lakes Basin from Land Use Activities: Summary*. <https://scholar.uwindsor.ca/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1251&context=i-jcarhive>

Commission mixte internationale (1981). *Supplemental Report under the Reference on Pollution in the Great Lakes System from Land Use Activities on Phosphorus Management Strategies*. <https://scholar.uwindsor.ca/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1250&context=i-jcarhive>

Commission mixte internationale (2001). *Great Lakes Science and Policy Symposium, November 6-8, 2001*. Documents de discussion. <https://scholar.uwindsor.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=1559&context=i-jcarhive>

Commission mixte internationale (2017). *Première évaluation triennale des progrès réalisés pour améliorer la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*. Washington. https://www.ijc.org/sites/default/files/2020-06/Rpt_-_First_Triennial_Assessment_of_Progress_-_GLWQA_-_Final_Report_French_-_2017-11-28.pdf

Congrès des États-Unis (1973). *The Endangered Species Act of 1973*. <https://history.house.gov/HistoricalHighlight/Detail/35155?ret=True>

Conseil des minéraux d'Australie (2012). *Water Accounting Framework for the Minerals Industry - User Guide Version 1.2*

Conseil des minéraux d'Australie (2017a). *Annual Report 2016*. Canberra. <https://www.minerals.org.au/sites/default/files/17%207%29%20%20MCA%20Annual%20Report%202016%20to%20%20e%20released%207%20Jun%202017.pdf>

Conseil des minéraux d'Australie (2017b). *Water Accounting Framework for the Australian Minerals Industry*. <https://www.minerals.org.au/water-accounting-framework-australian-minerals-industry>

Conseil international des mines et métaux (2017). *A Practical Guide to Consistent Water Reporting*. Londres. https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/water/170315_water-reporting-guidance_en.pdf

Conseil national de la recherche des États-Unis (1985). *The Great Lakes Water Quality Agreement: An Evolving Instrument for Ecosystem Management*. Washington: National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/18933>

Crocker, J., Saywell, D., Shields, K.F., Kolsky, P. et Bartram, J. (2017). The true costs of participatory sanitation: Evidence from community-led total sanitation studies in Ghana and Ethiopia. *Science of the Total Environment* 601-602, 1075-1083. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.279>

Dadson, S.J., Hall, J.W., Murgatroyd, A., Acreman, M., Bates, P., Beven, K. et al. (2017). A restatement of the natural science evidence concerning catchment-based « natural » flood management in the UK. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 473(2199). <https://doi.org/10.1098/rspa.2016.0706>

de Albuquerque, C. et Roaf, V. (2012). *On the Right Track: Good Practices in Realising the Rights to Water and Sanitation*. http://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/BookOnGoodPractices_en.pdf

Dugard, J. (2008). Rights, regulation and resistance: The Phiri Water Campaign. *South African Journal on Human Rights* 24(3), 593-611. <https://doi.org/10.1080/19962126.2008.11864972>

Ferraro, P.J. (2009). Counterfactual thinking and impact evaluation in environmental policy. *New Directions for Evaluation* 1(22), 75-84. <https://doi.org/10.1002/ev.297>

Findlay, R. et Telford, P. (2006). *The International Joint Commission and the Great Lakes Water Quality Agreement: Lessons for Canada-United States Regulatory Co-operation*. Toronto: Gouvernement du Canada. <https://www.bibliothèque.assnat.qc.ca/DepotNumerique/v2-AffichageFichier.aspx%3Fid%3D84864&usg=AOvVaw07XsiKE3jijmhl1ToX2bX>

Fischer, A. (2017). *Achieving and Sustaining Safely Managed Drinking Water in Bangladesh: Findings from a Water Audit*. https://reachwater.org.uk/wp-content/uploads/2017/08/17_08_Matlab-Policy-brief1.pdf

Flanagan, S.V., Johnston, R.B. et Zheng, Y. (2012). Arsenic in tube well water in Bangladesh: Health and economic impacts and implications for arsenic mitigation. *Bulletin of the World Health Organization* 90(11), 839-846. <https://doi.org/10.2471/BLT.11.101253>

Fondation internationale des fleuves (2007). *The Brisbane Declaration*. <http://riverfoundation.org.au/wp-content/uploads/2017/02/THE-BRISBANE-DECLARATION.pdf>

Fonds des Nations Unies pour l'enfance et Organisation mondiale de la Santé (2015). *Progress on Sanitation and Drinking Water: 2015 Update and MDG Assessment*. New York et Genève. http://files.unicef.org/publications/files/Progress_on_Sanitation_and_Drinking_Water_2015_Update.pdf

Franks, D.M., Davis, R., Bebbington, A.J., Ali, S.H., Kemp, D. et Scurrell, M. (2014). Conflict translates environmental and social risk into business costs. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(21), 7576-7581. <https://doi.org/10.1073/pnas.1405135111>

Gerlak, A.K., Lautze, J. et Giordano, M. (2011). Water resources data and information exchange in transboundary water treaties. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 11(2), 179-199. <https://doi.org/10.1007/s10784-010-9144-4>

Giordano, M., Drieschova, A., Duncan, J.A., Sayama, Y., De Stefano, L. et Wolf, A.T. (2014). A review of the evolution and state of transboundary freshwater treaties. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 14(3), 245-264. <https://doi.org/10.1007/s10784-013-9211-8>

Grafton, R.Q. (2017). Responding to the « wicked problem » of water insecurity. *Water Resources Management* 31(10), 3023-3041. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1606-9>

Grellier, J., White, M.P., Albin, M., Bell, S., Elliott, L.R., Gascón, M. et al. (2017). BlueHealth: A study programme protocol for mapping and quantifying the potential benefits to public health and well-being from Europe's blue spaces. *BMJ Open* 7(6), e016188. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016188>

Gundersen, L. (2015). Lessons from adaptive management: Obstacles and outcomes. Dans Allen, C.R. et Garmestani, A.S. (dir.). *Adaptive Management of Social-Ecological Systems*. Dordrecht: Springer. 27-38. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-9682-8_3

Hall, J.D., O'Connor, K. et Ranieri, J. (2006). Progress toward delisting a Great Lakes area of concern: The role of integrated research and monitoring in the Hamilton Harbour remedial action plan. *Environmental Monitoring and Assessment* 113(1-3), 227-243. <https://doi.org/10.1007/s10661-005-9082-8>

Haut-Commissariat des Nations Unies aux droits de l'homme (2010). *Le droit à l'eau: Fiche d'information n° 35*. <https://www.refworld.org/cgi-bin/texis/vtx/rwmain/openaccesspdf.pdf?relcod=y&docid=53a2ad44>

Hazel, J.E., Jr., Topping, D.J., Schmidt, J.C. et Kaplinski, M. (2006). Influence of a dam on fine-sediment storage in a canyon river. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 111(11). <https://pubs.er.usgs.gov/publication/70030507>

Helm, P.A., Milne, J., Hiriart-Baer, V., Crozier, P., Kolic, T., Lega, R. et al. (2011). Lake-wide distribution and depositional history of current- and past-use persistent organic pollutants in Lake Simcoe, Ontario, Canada. *Journal of Great Lakes Research* 37, 132-141. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2011.03.016>

Hildebrand, L.P., Pebbles, V. et Fraser, D.A. (2002). Cooperative ecosystem management across the Canada-US border: Approaches and experiences of transboundary programs in the Gulf of Maine, Great Lakes and Georgia Basin/Puget Sound. *Ocean & Coastal Management* 45(6-7), 421-457. [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(02\)00078-9](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(02)00078-9)

Hoffmann, R. et Muttarak, R. (2017). Learn from the past, prepare for the future: Impacts of education and experience on disaster preparedness in the Philippines and Thailand. *World Development* 96, 32-51. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.02.016>

Howarth, W. (2009). Cost recovery for water services and the polluter pays principle. *ERA Forum* 10(4), 565-587. <https://doi.org/10.1007/s12027-009-0134-3>

Hutema, D., Mostert, E., Egas, W., Moellenkamp, S., Pahl-Wostl, C. et Yalcin, R. (2009). Adaptive water governance: Assessing the institutional prescriptions of adaptive (co-)management from a governance perspective and defining a research agenda. *Ecology and Society* 14(1). <http://www.jstor.org/stable/26268026>

Hunt, A. (2011). *Policy Interventions to Address Health Impacts Associated with Air Pollution, Unsafe Water Supply and Sanitation, and Hazardous Chemicals*. OECD Environment Working Papers. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5kg9ax8dx43-en.pdf>

Ingram, H. (2013). No universal remedies: Design for contexts. *Water International* 38(1), 6-11. <https://doi.org/10.1080/02508060.2012.739076>

Jetoo, S. (2017). The role of transnational municipal networks in transboundary water governance. *Water* 9(1), 40. <https://doi.org/10.3390/w9010040>



Kabir, R., Titus Muurlink, O. et Hossain, M.A. (2015). Arsenicosis and stigmatisation. *Global Public Health* 10(8), 968-979. <https://doi.org/10.1080/17441692.2015.1015435>.

Keesstra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D., Avelar, D., Kalantari, Z. et al. (2018). The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. *Science of the Total Environment* 610-611, 997-1009. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.077>.

Kemp, P.S. et O'Hanley, J.R. (2010). Procedures for evaluating and prioritising the removal of fish passage barriers: A synthesis. *Fisheries Management and Ecology* 17(4), 297-322. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2010.00751.x>.

Khurana, I. et Sen, R. (2008). *Drinking Water Quality in Rural India: Issues and Approaches*. Londres: WaterAid. <https://www.semanticscholar.org/paper/Drinking-water-quality-in-rural-india%3A-issues-and-Khurana-Sen/7a9417429188195a9375ad0998758dd066fbd7a9>.

Kingsford, R.T., Biggs, H.C. et Pollard, S.R. (2011). Strategic adaptive management in freshwater protected areas and their rivers. *Biological Conservation* 144(4), 1194-1203. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.022>.

Konrad, C.P., Olden, J.D., Lytle, D.A., Melis, T.S., Schmidt, J.C., Bray, E.N. et al. (2011). Large-scale flow experiments for managing river systems. *BioScience* 61(12), 948-959. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.12.5>.

Korman, J., Kaplinski, M. et Melis, T.S. (2010). *Effects of High-Flow Experiments from Glen Canyon Dam on Abundance, Growth, and Survival Rates of Early Life Stages of Rainbow Trout in the Lees Ferry Reach of the Colorado River*. Open File Report. Reston, VA: Ministère de l'Intérieur et U.S. Geological Survey. <https://pubs.usgs.gov/of/2010/1034/of2010-1034.pdf>.

Krantzberg, G. (2012). Renegotiation of the 1987 Great Lakes Water Quality Agreement: From confusion to promise. *Sustainability* 4(6), 1239-1255. <https://doi.org/10.3390/su4061239>.

Krantzberg, G. et De Boer, C. (2008). A valuation of ecological services in the Laurentian Great Lakes Basin with an emphasis on Canada. *American Water Works Association* 100(6), 100-111. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.2008.tb09657.x>.

Laakso, S., Heiskanen, E. et Matschock, K. (2016). *Deliverable 3.2. ENERGISE Living Labs Background Report*. http://www.energiseproject.eu/sites/default/files/content/ENERGISE_D3.2_141117_FINAL_0.pdf.

Lewin, S., Norman, R., Nannan, N., Thomas, E. et Bradshaw, D. (2007). Estimating the burden of disease attributable to unsafe water and lack of sanitation and hygiene in South Africa in 2000. *South African Medical Journal* 97(8), 755-762. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17952234>.

Loftus, A. (2006). Reification and the dictatorship of the water meter. *Antipode* 38(5), 1023-1045. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8330.2006.00491.x>.

Loftus, A. (2007). Working the socio-natural relations of the urban waterscape in South Africa. *International Journal of Urban and Regional Research* 31(1), 41-59. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2427.2007.00708.x>.

Luh, J., Ojomo, E., Evans, B. et Bartram, J. (2017). National drinking water targets: Trends and factors associated with target-setting. *Water Policy* 19(5), 851-866. <https://doi.org/10.2166/wp.2017.108>.

Marvin, C., Painter, S. et Rossmann, R. (2004). Spatial and temporal patterns in mercury contamination in sediments of the Laurentian Great Lakes. *Environmental Research* 95(3), 351-362. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2003.09.007>.

McDonald, D.A. (2008). *World City Syndrome: Neoliberalism and Inequality in Cape Town*. New York: Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/9781135903374>.

McLaughlin, C. et Krantzberg, G. (2012). An appraisal of management pathologies in the Great Lakes. *Science of the Total Environment* 416, 40-47. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.12.015>.

Mehta, L. et Ntshona, Z. (2004). *Dancing to Two Tunes? Rights and Market-Based Approaches in South Africa's Water Domain*. Sustainable Livelihoods in Southern Africa Research Paper. Brighton: Institute of Development Studies. <https://www.irwash.org/sites/default/files/Mehta-2004-Dancing.pdf>.

Melis, T.S. (2011). *Effects of Three High-Flow Experiments on the Colorado River Ecosystem Downstream from Glen Canyon Dam, Arizona*. Reston, VA: U.S. Geological Survey. <https://pubs.usgs.gov/circ/1366/c1366.pdf>.

Meretsky, V.J., Wegner, D.L. et Stevens, L.E. (2000). Balancing endangered species and ecosystems: A case study of adaptive management in Grand Canyon. *Environmental Management* 25(6), 579-586. <https://doi.org/10.1007/s002670010045>.

Ministère de l'Eau et de l'Assainissement (Afrique du Sud) (2014). *2014 Blue Drop Report*. Pretoria. <https://www.green-cape.co.za/assets/Water-Sector-Desk-Content/DWS-2014-Blue-Drop-report-national-overview-part-1-of-2-2016.pdf>.

Ministère de l'Eau et de l'Assainissement (Afrique du Sud) (2017). *National Norms and Standards for Domestic Water and Sanitation Services. Version 3 – Final*. Pretoria. <https://cer.org.za/wp-content/uploads/1997/12/National-norms-and-standards-for-domestic-water-and-sanitation-services.pdf>.

Ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales (Royaume-Uni) (2004). *Making Space for Water: Developing a New Government Strategy for Flood and Coastal Erosion Risk Management in England*. Londres. <http://www.met.reading.ac.uk/~sws00rsp/teaching/postgrad/consultation11.pdf>.

Ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales (Royaume-Uni) (2008). *Improving Surface Water Drainage: Consultation to Accompany Proposals Set Out in the Government's Water Strategy*. Londres. <https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/6-380-6771?transitionType=Default&contextData=sc.Default1&firstPage=true&comp=pluk&bhcp=1>.

Ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales (Royaume-Uni) (2012). *UK Climate Change Risk Assessment: Government Report*. Londres. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69487/pb13698-climate-risk-assessment.pdf.

Ministère de l'Intérieur (États-Unis) (1992). *Grand Canyon Protection Act of 1992*. https://www.usbr.gov/lc/phenix/AZ100/1990/grand_canyon_protection_act_1992.html.

Ministère de l'Intérieur (États-Unis) (1996). *Record of Decision. Operation of Glen Canyon Dam: Final Environmental Impact Statement*. Washington. <https://azmemory.azlibrary.gov/digital/collection/p17220coll7/id/781/>.

Ministère de l'Intérieur (États-Unis) (2008). *Final Environmental Assessment: Experimental Releases from Glen Canyon Dam, Arizona, 2008 through 2012*. Salt Lake City. <https://www.usbr.gov/uc/envdocs/ea/gc/2008hfe/gcd-finalEA2-29-08.pdf>.

Ministère de l'Intérieur (États-Unis) (2011). *Environmental Assessment: Development and Implementation of a Protocol for High-Flow Experimental Releases from Glen Canyon Dam, Arizona, 2011 through 2020*. Salt Lake City. <https://www.usbr.gov/uc/envdocs/ea/gc/HFFProtocol/HFF-FA.pdf>.

Ministère de l'Intérieur (États-Unis) (2016). *Record of Decision for the Glen Canyon Dam Long-Term Experimental and Management Plan Final Environmental Impact Statement*. Salt Lake City. http://tempeis.anl.gov/documents/docs/1/TEMP_ROD.pdf.

Ministère de l'Intérieur (États-Unis) (2018). *Colorado River Storage Project*. <https://www.usbr.gov/uc/rm/crsp/index.html>.

Ministère des Eaux et Forêts (Afrique du Sud) (2002). *Free Basic Water. Implementation Strategy Document*. Pretoria. <https://www.irwash.org/sites/default/files/Palmer-Development-Group-2002-Free.pdf>.

Ministère des Eaux et Forêts (Afrique du Sud) (2003). *Strategic Framework for Water Services: Water Is Life, Sanitation Is Dignity*. Pretoria. <https://www.irwash.org/sites/default/files/DWAF-2003-Strategic.pdf>.

Ministère des Eaux et Forêts (Afrique du Sud) (2007). *Free Basic Water. Implementation Strategy 2007: Consolidating and Maintaining*. Pretoria. <https://www.gov.za/sites/default/files/gcis-document/201409/fbw-strategy-version-4-final-20070402-mk0.pdf>.

Miramachi, N. (2015). *Transboundary Water Politics in the Developing World*. Oxon: Routledge. <https://www.routledge.com/Transboundary-Water-Politics-in-the-Developing-World/Miramachi/p/book/9780415812955>.

Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M.A. et Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural Water Management* 97(4), 528-535. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.023>.

Mudd, G.M. (2008). Sustainability reporting and water resources: A preliminary assessment of embodied water and sustainable mining. *Mine Water and the Environment* 27(3), 136-144. <https://doi.org/10.1007/s10230-008-0037-5>.

Mukhtarov, F. (2009). *The Hegemony of Integrated Water Resources Management: A Study of Policy Transition in England, Turkey, and Kazakhstan*. Mémoire de maîtrise en sciences et politique de l'environnement, université d'Europe centrale. http://www.cawater-info.net/bk/iwrmpdf/mukhtarov_e.pdf.

Mukhtarov, F., Fox, S., Mukhamedova, N. et Wegerich, K. (2015). Interactive institutional design and contextual relevance: Water user groups in Turkey, Azerbaijan and Uzbekistan. *Environmental Science & Policy* 53, 206-214. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.10.006>.

Muller, M. (2008). Free basic water: A sustainable instrument for a sustainable future in South Africa. *Environment and Urbanization* 20(1), 67-87. <https://doi.org/10.1177/0956247808089149>.

Naidoo, N., Longondjo, C., Rawatall, T. et Brueton, V. (2012). *The Provision of Free Basic Water to Backyard Dwellers and/or More Than One Household per Stand*. WRC Report. Pretoria: South African Water Research Commission. <http://www.wrc.org.za/wp-content/uploads/mdocs/1987-1-12.pdf>.

Neeson, T.M., Ferris, M.C., Diebel, M.W., Doran, P.J., O'Hanley, J.R. et McIntyre, P.B. (2015). Enhancing ecosystem restoration efficiency through spatial and temporal coordination. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(19), 6236-6241. <https://doi.org/10.1073/pnas.1423812112>.

Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M. et Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science* 308(5720), 405-408. <https://www.doi.org/10.1126/science.1107887>.

Norgate, T.E. et Lovel, R.R. (2006). Sustainable water use in minerals and metal production. *Green Processing 2006: Third International Conference on Sustainable Processing of Minerals*, 5-6 June 2006, Newcastle, Australia. Australasian Institute of Mining & Metallurgy 133-141. <https://publications.csiro.au/rpr/pub?list=BR0&pid=procite:3994a205-8750-4e3e-b214-9699562d42af>.

Northey, S., Haque, N. et Mudd, G. (2013). Using sustainability reporting to assess the environmental footprint of copper mining. *Journal of Cleaner Production* 40, 118-128. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.027>.

Northey, S.A., Mudd, G.M., Saarivuori, E., Wessman-Jääskeläinen, H. et Haque, N. (2016). Water footprinting and mining: Where are the limitations and opportunities? *Journal of Cleaner Production* 135, 1098-1116. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.024>.

Obani, P. et Gupta, J. (2014). Legal pluralism in the area of human rights: Water and sanitation. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 11, 63-70. <https://doi.org/10.1016/j.coesust.2014.09.014>.

Obani, P. et Gupta, J. (2016). Human right to sanitation in the legal and non-legal literature: The need for greater synergy. *WIREs Water* 3(5), 678-691. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wat2.1162>.

Olden, J.D., Konrad, C.P., Melis, T.S., Kennard, M.J., Freeman, M.C., Mims, M.C. et al. (2014). Are large-scale flow experiments informing the science and management of freshwater ecosystems? *Frontiers in Ecology and the Environment* 12(3), 176-185. <https://doi.org/10.1890/1507-0789.130076>.

Organisation des Nations Unies (2018). *Sustainable Development Goal 6: Ensure Availability and Sustainable Management of Water and Sanitation for All*. <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs> (consulté le 19 octobre 2018).

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2015). *Proportion of Total Water Withdrawal Withdrawn for Agriculture*. Rome. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/maps/WithA_WithT_eng.pdf.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2016). *Usages de l'eau*. <http://www.fao.org/aquastat/fr/overview/methodology/water-use> (consulté le 19 octobre 2018).

Organisation mondiale de la Santé (2014). *Investing in Water and Sanitation: Increasing Access, Reducing Inequalities. UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water GLAAS 2014 Report*. Genève. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/139735/1/9789241508087_eng.pdf.

Organisation mondiale de la Santé (2017). *Annex 2: Safely Managed Sanitation Services*. Genève. http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/coverage/indicator-6-2-1-safely-managed-sanitation-services-and-hygiene.pdf.

Organisation mondiale de la Santé et Fonds des Nations Unies pour l'enfance (2017). *Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines*. Genève. https://www.unicef.org/publications/files/Progress_on_Drinking_Water_Sanitation_and_Hygiene_2017.pdf.

Parlement du Royaume-Uni (2010). *Flood and Water Management Act 2010*. https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2010/29/pdfs/ukpga_20100029_en.pdf.

Parlement du Royaume-Uni (2017). *Future Flood Prevention: Government's Response*. <https://publications.parliament.uk/pa/cm201617/cmselect/cmenvfru/926/92605.htm>.

Partenariat mondial de l'eau (2017). *What is the IWRM Toolbox?* https://www.gwp.org/en/learn/iwrm-toolbox/about_iwrm_toolbox/what_is_the_iwrm_toolbox/.

Patten, D.T. et Stevens, L.E. (2001). Restoration of the Colorado River ecosystem using planned flooding. *Ecological Applications* 11(3), 633-634. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011\[0633:ROTCRE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[0633:ROTCRE]2.0.CO;2).

Pelez, R., Mahin, T., Elliott, M., Harris, M.S., Chan, K.S., Cohen, M.S. et al. (2013). Water, sanitation, and hygiene interventions to improve health among people living with HIV/AIDS: A systematic review. *AIDS* 27(16), 2593-2601. <https://doi.org/10.1097/QAD.0b013e3183283635f>.

Penning-Rowsell, E. et Pardoe, J. (2015). The distributional consequences of future flood risk management in England and Wales. *Environment and Planning C: Government and Policy* 33(5), 1301-1321. <https://doi.org/10.1068/c13241>.

Penning-Rowsell, E.C. (2015). A realistic assessment of fluvial and coastal flood risk in England and Wales. *Transactions of the Institute of British Geographers* 40(1), 44-61. <https://doi.org/10.1111/tran.12053>.



- Penning-Rowsell, E.C. et Johnson, C. (2015). The ebb and flow of power: British flood risk management and the politics of scale. *Geoforum* 62, 131-142. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2015.03.019>.
- Pfeiffer, L. et Lin, C.-Y.C. (2014). Does efficient irrigation technology lead to reduced groundwater extraction? Empirical evidence. *Journal of Environmental Economics and Management* 67(2), 189-208. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2013.12.002>.
- Pitt, M. (2007). *Learning Lessons from the 2007 Floods: An Independent Review by Sir Michael Pitt*. Londres. <http://cipj.management.dal.ca/publications/Pitt%20Review.pdf>.
- Pitt, M. (2008). *The Pitt Review: Learning Lessons from the 2007 Floods. Final Report*. Londres. http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100812084907/http://archive.cabinetoffice.gov.uk/pittreview/_media/assets/www.cabinetoffice.gov.uk/flooding_review/pitt_review_full%20pdf.pdf.
- Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, B.D. et al. (1997). The natural flow regime. *BioScience* 47(11), 769-784. <https://doi.org/10.2307/1313099>.
- Programme mondial de l'UNESCO pour l'évaluation des ressources en eau (2016). *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2016: l'eau et l'emploi*. Paris: Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244163>.
- Programme pour l'eau et l'assainissement (2011a). *Water Supply and Sanitation in South Africa: Turning Finance into Services for 2015 and Beyond*. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/17752/6992300REPLACE01C00CS00SouthAfrica.pdf>.
- Programme pour l'eau et l'assainissement (2011b). *The Political Economy of Sanitation: How Can We Increase Investment and Improve Service for the Poor? Operational Experiences from Case Studies in Brazil, India, Indonesia, and Senegal*. Washington. <https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu/768-eng.pdf>.
- Rankin, W.J. (2011). *Minerals, Metals and Sustainability: Meeting Future Material Needs*. Melbourne: CRC Press. <https://www.crcpress.com/Minerals-Metals-and-Sustainability-Meeting-Future-Material-Needs/Rankin/p/book/9780415684590>.
- Réseau inter-agences d'analystes régionaux (2016). *The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction: A Three Year Outlook (2016-2018) at a Global Shift. Asia Report*. <http://www.ins-france.org/wp-content/uploads/2017/01/IRAN-Sendai-Framework-F%C3%A9v-2016.pdf>.
- Richter, B.D., Warner, A.T., Meyer, J.L. et Lutz, K. (2006). A collaborative and adaptive process for developing environmental flow recommendations. *River Research and Applications* 22(3), 297-318. <https://doi.org/10.1002/rra.892>.
- Sabatier, P. (2005). Linking science and public learning: An advocacy coalition perspective. Dans Scholz, J.T. et Stiffler, B. (dir.). *Adaptive Governance and Water Conflict: New Institutions for Collaborative Planning*. Washington: CRC Press. Chapitre 19. 196-203. <https://www.routledge.com/Adaptive-Governance-and-Water-Conflict-New-Institutions-for-Collaborative/Scholz-Stiffler/p/book/9781936331475>.
- Shah, T. (2014). *Groundwater Governance and Irrigated Agriculture*. Documents de référence du CET. Stockholm: Partenariat mondial de l'eau. https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/gwp_tec_19_web.pdf.
- Shields, K.F., Bain, R.E.S., Cronk, R., Wright, J.A. et Bartram, J. (2015). Association of supply type with fecal contamination of source water and household stored drinking water in developing countries: A bivariate meta-analysis. *Environmental Health Perspectives* 123(12), 1222-1231. <https://doi.org/10.1289/ehp.1409002>.
- Smith, S.D.P., McIntyre, P.B., Halpern, B.S., Cooke, R.M., Marino, A.L., Boyer, G.L. et al. (2015). Rating impacts in a multi-stressor world: A quantitative assessment of 50 stressors affecting the Great Lakes. *Ecological Applications* 25(3), 717-728. <https://doi.org/10.1890/14-0366.1>.
- South Africa Statistics (2016). *GHS Series Volume VIII. Water and Sanitation: In-Depth Analysis of the GHS 2002-2015 and CS 2016 Data*. Pretoria: South Africa Statistics. <http://www.statssa.gov.za/publications/03-18-07/03-18-072015.pdf>.
- Southwick Associates (2008). *Sportfishing in America: An Economic Engine and Conservation Powerhouse*. Alexandria, VA: American Sportfishing Association. http://www.southwickassociates.com/wp-content/uploads/2011/10/sportfishinginamerica_2007.pdf.
- Speed, R., Yuanyuan, L., Le Quesne, T., Pegram, G. et Zhiwei, Z. (2013). *Basin Water Allocation Planning: Principles, Procedures and Approaches for Basin Allocation Planning*. Paris: Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. <https://think-asia.org/bitstream/handle/11540/82/basic-water-allocation-planning.pdf>.
- Spitz, K. et Trudinger, J. (2008). *Mining and the Environment: From Ore to Metal*. CRC Press.
- Thorne, C. (2014). Geographies of UK flooding in 2013/4. *The Geographical Journal* 180(4), 297-309. <https://doi.org/10.1111/geoj.12122>.
- Thornton, J.A., Rast, W., Holland, M.M., Jolánkai, G. et Ryding, S.O. (1999). *Assessment and Control of Nonpoint Source Pollution of Aquatic Ecosystems: A Practical Approach*. MAB Series. New York: Parthenon. http://unesdoc.unesco.org/Urlis/cgi-bin/ulis.pl?catno=116965&set=005A57358C_1_376&gp=&lin=1&l=c.
- Toan, T.D. (2016). Water pricing policy and subsidies to irrigation: A review. *Environmental Processes* 3(4), 1081-1098. <https://doi.org/10.1007/s40710-016-0187-6>.
- Traité des eaux limitrophes (1909). Traité entre la Grande-Bretagne et les États-Unis signé le 1^{er} novembre. <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=lawwater>.
- Turrall, H., Svendsen, M. et Faures, J.M. (2010). Investing in irrigation: Reviewing the past and looking to the future. *Agricultural Water Management* 97(4), 551-560. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.07.012>.
- Valdez, R.A., Carothers, S.W., House, D.A., Douglas, M.E., Douglas, M., Ryel, R.J. et al. (2000). *A Program of Experimental Flows for Endangered and Native Fishes of the Colorado River in Grand Canyon*. Flagstaff, AR. <http://www.riversimulator.org/Resources/GCMRC/Aquatic/Valdez2000ExpFlow.pdf>.
- von Hirschhausen, C., Flekstad, M., Meran, G. et Sundermann, G. (2017). *Clean Drinking Water as a Sustainable Development Goal: Fair, Universal Access with Increasing Block Tariffs*. DIW Economic Bulletin. https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.561626.de/diw_econ_bull_2017-28-3.pdf.
- von Schnitzler, A. (2008). Citizenship prepaid: Water, calculability, and techno-politics in South Africa. *Journal of Southern African Studies* 34(4), 899-917. <https://doi.org/10.1080/03057070802456821>.
- Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P. et al. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467, 555-561. <https://doi.org/10.1038/nature09440>.
- Wada, Y., van Beek, L.P.H. et Bierkens, M.F.P. (2012). Nonsustainable groundwater sustaining irrigation: A global assessment. *Water Resources Research* 48(6). <https://doi.org/10.1029/2011WR010562>.
- Webb, R.H., Schmidt, J.C., Marzolf, G.R. et Valdez, R.A. (dir.) (1999). *The Controlled Flood in Grand Canyon*. Geophysical Monograph Series. Washington: American Geophysical Union. <http://adsabs.harvard.edu/abs/1999GMS...110...W>.
- Whittington, D., Jeuland, M., Barker, K. et Yuen, Y. (2012). Setting priorities, targeting subsidies among water, sanitation, and preventive health interventions in developing countries. *World Development* 40(8), 1546-1568. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.03.004>.
- Wiering, M., Kaufmann, M., Mees, H., Schellenberger, T., Ganzevoort, W., Hegger, D.L.T. et al. (2017). Varieties of flood risk governance in Europe: How do countries respond to driving forces and what explains institutional change? *Global Environmental Change* 44, 15-26. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.02.006>.







Les approches stratégiques systémiques visant les questions transversales



Auteurs coordonnateurs : John Crump (GRID-Arendal), Klaus Jacob (université libre de Berlin), Peter King (Institute for Global Environmental Strategies), Diana Mangalagiu (université d'Oxford et Neoma Business School) et Caroline Zickgraf (université de Liège)

Auteurs principaux : Babatunde Joseph Abiodun (université du Cap), Giovanna Armiento (Agence nationale italienne pour les nouvelles technologies, l'énergie et le développement économique durable), Rob Bailey (Chatham House, The Royal Institute of International Affairs), Elaine Baker (GRID-Arendal, université de Sydney), Kathryn Jennifer Bowen (université nationale australienne), Irene Dankelman (université Radboud), Riyanti Djalante (université des Nations Unies – Institut pour l'étude avancée de la durabilité), Monica Dutta (TERI), Fintan Hurley (Institute of Occupational Medicine), Maria Jesus Iraola (université de l'Uruguay), Rakhyun E. Kim (université d'Utrecht), Richard King (Chatham House, The Royal Institute of International Affairs), Andrei Kirilenko (université de Floride), Oswaldo dos Santos Lucon (Secrétariat d'État à l'environnement de São Paulo), Katrina Lyne (université James Cook), Diego Martino (AAE – Asesoramiento Ambiental Estratégico et université ORT), Ritu Mathur (TERI), Gavin Mudd (Institut royal de technologie de Melbourne), Sebastian Sewerin (École polytechnique fédérale de Zurich [ETH Zurich]), Tim Stephens (université de Sydney), Patricia Schwerdtle (université Monash), Joni Seager (université Bentley), Laura Wellesley (Chatham House, The Royal Institute of International Affairs) et Caradee Y. Wright (Conseil de recherche médicale d'Afrique du Sud)

Membre honoraire de GEO : Souhir Hammami (université libre de Berlin)



Les impacts physiques, sociaux, économiques et sanitaires du changement climatique, en particulier sur les communautés les plus vulnérables, exigent la mise en œuvre urgente d'approches d'adaptation systémiques, multidimensionnelles et transformatrices (*établi, mais incomplet*). L'adaptation au changement climatique est un processus complexe qui doit se concrétiser dans toutes les régions et dans tous les secteurs, à de multiples échelles temporelles et géographiques. Elle doit tenir compte de la complexité et de l'interdépendance qui caractérisent les interactions humains-écosystèmes, ainsi que des mécanismes de rétroaction qui entrent en jeu. {17.3.1}

L'adaptation des villes côtières et des petits États insulaires en développement (PEID) au changement climatique se distingue généralement en trois catégories : « protection », « adaptation » et « retrait » (*établi, mais incomplet*). L'adaptation doit faire face à de multiples dangers à déclenchement lent ou rapide, tels que l'érosion côtière, l'élévation du niveau de la mer, les cyclones tropicaux, les inondations ou la sécheresse. L'adaptation des villes côtières au changement climatique demeure insuffisante et pourrait entraîner une exacerbation des risques à l'avenir. De nombreux PEID de faible altitude connaissent une intensification des phénomènes d'inondation et d'érosion côtière, et ce type de région pourrait devenir inhabitable à long terme. {17.3.1}

Une approche transformatrice de l'adaptation au changement climatique doit tenir compte des incertitudes et des complexités qui en découlent, s'attaquer aux facteurs de risque, traiter les facteurs sous-jacents de vulnérabilité, réduire les inégalités, résoudre la question de l'autonomisation des femmes et renforcer la résilience et la capacité d'adaptation (*établi, mais incomplet*). {17.3.3}

Le système agroalimentaire est à l'origine d'effets environnementaux externes importants, notamment des émissions de gaz à effet de serre, et s'avère particulièrement inefficace sur le plan énergétique (*bien établi*). La réalisation des objectifs de développement durable nécessite des mesures urgentes pour réduire l'empreinte environnementale du système agroalimentaire et accroître son efficacité globale. {17.4.1}

Le secteur de l'agriculture est le principal responsable des effets environnementaux associés à la production alimentaire (*bien établi*). Les deux grandes approches stratégiques qui permettent d'y remédier sont les suivantes : 1) répercuter le coût des externalités environnementales négatives sur les prix du marché, selon le principe du « pollueur-payeur » ; 2) inciter les agriculteurs à réduire les externalités négatives ou à créer des externalités positives à travers un dispositif de paiements pour services écosystémiques, que l'on peut envisager comme un principe du « bénéficiaire-payeur ». {17.4.2}

À moins d'infléchir les tendances alimentaires mondiales, l'augmentation des émissions résultant du système alimentaire risque de compromettre fortement les chances d'atteindre l'objectif de l'Accord de Paris visant à limiter le réchauffement à un niveau nettement inférieur à 2 °C (*établi, mais incomplet*). La plupart des politiques environnementales dans ce domaine sont axées sur la question de la durabilité alimentaire, avec une attention moindre aux déchets et à la consommation. Plusieurs gouvernements ont introduit des mesures économiques visant à encourager les pratiques agricoles respectueuses de l'environnement. On assiste aux prémices de l'intégration des critères de durabilité aux recommandations alimentaires, qui permettra de convaincre les consommateurs d'adapter leurs

habitudes afin d'optimiser les résultats nutritionnels et de réduire le fardeau environnemental de cette adaptation. {17.4.3, 17.4.4}

À long terme, la viabilité de la planète exige l'adoption de politiques d'intervention et de mesures technologiques ciblant l'ensemble des systèmes énergétiques, afin d'influer sur le choix des combustibles, la façon de les produire et de les consommer, et de mettre en œuvre une approche rationnelle de l'affectation des ressources à chaque étape du système énergétique (*établi, mais incomplet*). {17.5.1, 17.5.2}

Les principaux mécanismes permettant de relever ces défis sont la tarification du carbone (les systèmes de plafonnement et d'échange, les taxes carbone et autres mesures économiques telles que les taxes sur les carburants et les différentes subventions aux énergies renouvelables), les approches réglementaires (les normes d'efficacité énergétique, les politiques contraignantes, le démantèlement obligatoire des anciennes centrales), les programmes d'information (portant sur les comportements, le mode de vie et la culture) et la suppression des obstacles administratifs ou politiques (notamment par le biais de la coopération internationale) (*établi, mais incomplet*). {17.5.3}

La décarbonisation de l'offre et l'optimisation de la demande sont deux instruments d'intervention essentiels, qui ont été appliqués avec succès (*bien établi*). Néanmoins, ces deux stratégies doivent être rapidement généralisées, parallèlement à l'instauration progressive de nouvelles politiques. {17.5.4}

Actuellement, l'économie mondiale fonctionne principalement de façon linéaire : les ressources sont extraites, converties en produits manufacturés, puis éliminées (*bien établi*). {17.6.1}

L'utilisation des ressources naturelles a connu une croissance rapide au cours des deux dernières décennies et les chaînes d'approvisionnement mondiales en ressources se complexifient, ce qui exacerbe les pressions et les impacts sur l'environnement (*bien établi*). {17.6.1}

Un changement global est nécessaire pour évoluer vers une économie circulaire, où l'efficacité des ressources contribuerait à la croissance économique et au bien-être humain, et vers une réduction des pressions et des impacts sur l'environnement (*établi, mais incomplet*). Ce changement présenterait des avantages connexes substantiels pour la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre et la réduction au minimum des déchets et de la pollution. {17.6.2}

L'économie circulaire est une approche systémique des processus industriels et de l'activité économique qui permet aux ressources de conserver leur valeur maximale le plus longtemps possible (*bien établi*). Dans la mise en œuvre d'une économie circulaire, les principales considérations à prendre en compte sont la réduction et la refonte de l'utilisation des ressources, la recherche de longévité et la possibilité de renouveler, de réutiliser, de réparer, de remplacer et de revaloriser les ressources et les produits utilisés.

L'efficacité des ressources contribue à la résilience économique grâce au renforcement de la sécurité de l'approvisionnement en matières premières et à l'inscription des ressources dans un cycle fondé sur le réusinage et le recyclage, qui permet d'atténuer les pressions liées à l'exploitation des ressources, au changement climatique, à l'accumulation de substances toxiques dans les écosystèmes et à la perte de biodiversité (*bien établi*). {17.6.2}

L'efficacité des ressources n'est pas toujours un processus spontané, mais exige des politiques bien conçues, qui facilitent le passage à des systèmes de production, de consommation et à des infrastructures durables (*établi, mais incomplet*). {17.6.4}

L'élaboration de systèmes, de produits et de services permettant de réduire la demande et d'améliorer l'efficacité de l'utilisation des ressources joue un rôle essentiel dans l'instauration d'une économie circulaire (*non concluant*). Une

collaboration intersectorielle, interdisciplinaire et habilitante pour les consommateurs en tant que citoyens est également essentielle. {17.6.4}

Mises en œuvre conjointement, les politiques d'utilisation efficace des ressources, de réduction des gaz à effet de serre et de réduction des déchets permettront de dissocier le développement économique et le bien-être humain de la dégradation de l'environnement mondial et de l'exploitation des ressources (*non concluant*). {17.6.4}





17.1 Les questions stratégiques transversales et le changement systémique

Le Programme de développement durable à l'horizon 2030 entérine la détermination des gouvernements à « prendre les mesures audacieuses et transformatrices qui s'imposent de toute urgence afin d'orienter le monde sur une voie durable et résiliente ». La réalisation de cette transformation requiert un changement urgent et radical dans les domaines stratégiques transversaux du développement durable, avec des dimensions sociales, économiques et environnementales étroitement liées.

Le chapitre 4 du présent rapport énonce 12 questions transversales qui constituent des préoccupations immédiates pour les décideurs : la santé, les catastrophes environnementales, le genre, l'éducation, l'urbanisation, le changement climatique, les régions polaires et montagneuses, les produits chimiques, les déchets et les eaux usées, l'utilisation des ressources, les systèmes énergétiques et les systèmes alimentaires. En raison de leur lien avec les principaux systèmes économiques, sociaux et environnementaux, quatre de ces 12 questions transversales, à savoir le changement climatique, les systèmes alimentaires, les systèmes énergétiques et l'utilisation des ressources, feront ici l'objet d'une analyse approfondie.

Dans le présent chapitre, nous évaluons la capacité des politiques environnementales à réaliser un changement transformateur en relevant les défis transversaux du développement durable à l'échelle mondiale. À cette fin, nous abordons les grands défis que sont l'adaptation des systèmes socio-économiques au changement climatique, la création d'un système de production agricole et alimentaire durable, la décarbonisation des systèmes énergétiques et la création d'une économie circulaire. Les défis environnementaux pressants observés à l'échelle mondiale sont la conséquence de systèmes socio-économiques profondément enracinés, qui touchent de multiples domaines stratégiques. Pour satisfaire l'ensemble des besoins humains tout en respectant les limites de la planète, il convient d'opérer une transformation de ces systèmes qui permettra de réduire l'utilisation des ressources biophysiques et de favoriser l'équité sociale (Raworth, 2012 ; O'Neill et al., 2018). Cette transformation systémique sera très difficile pour certaines collectivités, mais offrira également de nombreux avantages et opportunités à plus ou moins long terme. Pour obtenir le soutien du plus grand nombre, ces difficultés et ces opportunités devront être communiquées clairement. Il conviendra également de prendre en compte les attentes des groupes et des secteurs touchés, et de prévoir l'indemnisation et le renforcement des capacités des acteurs concernés par les bouleversements ou les impacts distributifs négatifs résultant de ce changement.

17.1.1 Un cadre opérationnel sûr

La transformation des systèmes mondiaux sur la voie de la durabilité et de la résilience est un défi majeur en raison des politiques, des systèmes de connaissances et des normes culturelles hérités du passé (Commission économique et sociale des Nations Unies pour l'Asie et le Pacifique [CESAP], Banque asiatique de développement [BAD] et Programme des Nations Unies pour le développement [PNUD], 2018), et de la complexité inhérente à la sphère politique, qui implique de nombreux domaines et acteurs différents. Le changement climatique, par exemple, a été décrit comme un « problème stratégique infernal », parce qu'aucune solution ne peut être trouvée sans une coopération de haut niveau entre les gouvernements et la mise en œuvre de mesures stratégiques dans de nombreux secteurs économiques (Garnaut, 2008).

Dans l'Anthropocène, les défis stratégiques transversaux impliquent une interdépendance étroite entre les éléments biophysiques et socio-économiques du système terrestre (Liu et al., 2007 ; Biermann, 2014 ; Young, 2017). Dans cette nouvelle ère, le défi central de la politique environnementale consiste à répondre aux besoins

humains sans outrepasser les frontières de la planète, et à agir dans un cadre opérationnel qui ne présente pas de danger pour l'humanité (Rockström et al., 2009). La réalisation de cet objectif passe par une réduction radicale de l'utilisation des ressources biophysiques et une transformation des systèmes d'approvisionnement physiques et sociaux permettant d'associer l'utilisation des ressources à la mise en place de processus et à l'obtention de résultats sociaux justes (Raworth, 2012 ; O'Neill et al., 2018).

La quête de transformation doit impérativement s'appuyer sur des politiques élaborées de manière stratégique, coordonnée et orientée vers la réalisation d'une vision claire. Les politiques environnementales qui ne s'attaquent qu'à un seul aspect du défi systémique et transversal que représente le développement durable ont peu de chances de produire les changements nécessaires pour faire évoluer les systèmes socio-écologiques de la Terre et les placer sur la voie de la durabilité. Par exemple, une politique isolée de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) associées à un produit donné peut constituer une incitation économique pour la production d'un autre produit non réglementé, ce qui ne génère aucune réduction nette des émissions à l'échelle de l'économie (Yang et al., 2012 ; van den Bergh et al., 2015). C'est pourquoi, dans certains contextes, une réglementation générale est préférable à des politiques isolées, propres à certaines technologies, qui risqueraient de faire des gagnants et des perdants. Les questions environnementales transversales doivent donc être abordées de manière globale et les interventions stratégiques mises en œuvre doivent viser la transformation de l'ensemble du système concerné, notamment en influant sur les comportements collectifs et en modifiant les pratiques et normes sociales non durables.

Toutefois, la volonté nécessaire et ambitieuse de transformer les systèmes socio-économiques ou socio-techniques ne signifie pas toujours que les politiques environnementales visant à réaliser cet objectif doivent systématiquement prendre en compte l'ensemble des enjeux connexes. Une stratégie de transformation efficace, qui s'attelle à réaliser une vision claire et globale, peut reposer sur des politiques environnementales applicables à l'échelle macro, méso et micro. Dans certains contextes politiques, il sera plus efficace de mettre en œuvre des interventions ciblées à petite échelle, capables de créer de l'innovation, plutôt que des politiques visant l'exhaustivité. De ce point de vue, la promotion d'une innovation technologique ou sociale donnée peut se justifier dans certaines circonstances. Il est prouvé que certains systèmes socio-écologiques peuvent se transformer à partir de changements apportés dans des créneaux précis, susceptibles de mener à des innovations techniques et diverses qui se traduiront ensuite par des modes d'utilisation des ressources plus durables (Doyon, 2018). Alors que de légères modifications apportées à un système peuvent rapidement mener à un point de bascule et à une transformation globale, d'autres systèmes sont plus ancrés, plus robustes et moins faciles à convertir à la durabilité. Pour briser cette dépendance, il convient de mettre en place une série de politiques et d'approches à des échelles multiples.

17.2 Les acteurs, les politiques et les approches de gouvernance

La mondialisation a fait émerger des systèmes socio-écologiques mondiaux complexes, au fonctionnement imprévisible et susceptibles d'occasionner des changements non linéaires. Cela signifie que les politiques sont conçues et mises en œuvre dans des conditions incertaines et qu'il est de plus en plus important que la gouvernance environnementale puisse répondre avec souplesse aux changements rapides et imprévus (Young, 2017). Dans ce contexte, les pouvoirs publics conservent un rôle déterminant dans la réussite de la transformation des systèmes socio-économiques. Ils conservent la capacité d'adopter un ensemble de politiques allant de la réglementation contraignante aux mesures fondées sur le marché en réponse aux problèmes environnementaux. Il existe de nombreux exemples d'interventions gouvernementales



décisives ayant produit des avantages environnementaux majeurs et transformé des systèmes existants (par exemple, l'élimination progressive des substances qui appauvrissent la couche d'ozone et la lutte contre la pollution pétrolière produite par les navires dans les milieux marins).

Cependant, les approches de gouvernance conventionnelles ont parfois leurs limites, notamment lorsqu'un changement transformateur s'avère nécessaire. Les systèmes socio-écologiques sont de plus en plus complexes par la diversité de leurs composantes et de leurs interactions, de sorte qu'il n'est pas toujours possible de prédire l'impact des mesures d'intervention (Young, 2017). Par conséquent, afin de relever les défis transversaux qui exigent des changements systémiques, les pouvoirs publics doivent être prêts à s'engager dans un processus de réflexion et d'apprentissage par la pratique, y compris en expérimentant des règlements afin de tester la faisabilité de diverses approches (par exemple, Ostrom *et al.*, 2007 ; Dryzek, 2014).

Ce processus d'« apprentissage transformateur » (CESAP, BAD et PNUD, 2018) peut promouvoir l'innovation en permettant l'expérimentation par les moyens suivants :

- i) Création et mise en valeur d'opportunités permettant aux communautés d'adopter une vision nouvelle et différente pour répondre durablement aux besoins humains ;
- ii) Facilitation de la participation de nouveaux acteurs capables de fournir des ressources et des services plus durables ;
- iii) Élimination progressive et transparente des structures existantes non viables.

Les pouvoirs publics ont un rôle important à jouer dans ce processus, mais il existe une dynamique plus large qui ouvre la porte à une « gouvernance sans gouvernement » (Ostrom, 1990). La clé de ce processus est la mobilisation sociale autour de valeurs communes et d'une vision reposant sur des systèmes justes et durables.

17.2.1 Évaluer l'efficacité des politiques au regard des questions transversales

Notre appréhension des politiques environnementales et de leur élaboration ne cesse de s'affiner et il est désormais possible d'évaluer l'efficacité des politiques environnementales qui abordent des questions transversales et leurs forces motrices systémiques. Il s'agit non seulement d'observer les résultats immédiats ou à court terme des politiques au regard de leurs cibles, mais également leur capacité à susciter une transformation systémique. Il existe deux critères essentiels à cet égard : l'objectif de la politique et le résultat de la transformation.

Le présent chapitre met l'accent sur quatre défis transversaux du développement durable à l'échelle mondiale en posant les questions suivantes :

- i) Quels sont les changements les plus urgents à l'échelle du système ?
- ii) Quels éléments du système les politiques visent-elles ?
- iii) Quelles mesures ont été prises à ce jour et quelle a été leur efficacité ?
- iv) Quel est le potentiel de transformation des approches stratégiques examinées ?

Dans le cadre de la présente évaluation, quatre défis liés à la durabilité sont examinés à travers des études de cas portant sur des réponses stratégiques inscrites dans une série de contextes différents, qui mettent en évidence les difficultés et les opportunités associées à la conception et à la mise en œuvre des politiques. Le présent chapitre aborde également de façon plus générale l'efficacité des politiques environnementales transversales en examinant les indicateurs sensibles aux politiques.

17.3 L'adaptation des systèmes socio-économiques au service d'une meilleure résilience au changement climatique

L'adaptation au changement climatique est une question cruciale pour les villes côtières et les petits États insulaires en développement (PEID), où l'exposition aux impacts climatiques augmente de façon spectaculaire en raison de l'élévation du niveau de la mer. Cette situation se conjugue à la densité des populations et des infrastructures le long des côtes, à l'urbanisation rapide et souvent non planifiée des zones de basse altitude, à la perte d'écosystèmes, à la dégradation de l'environnement, à la gestion non durable des ressources naturelles et au manque de capacités d'adaptation.

L'adaptation au changement climatique doit porter sur les systèmes naturels et humains. Il convient de protéger les systèmes naturels tels que les plages, les zones humides et les récifs coralliens en entretenant les écosystèmes et les processus côtiers, tout en prévenant l'érosion et les inondations. Il convient également de renforcer les systèmes humains – notamment les établissements humains, les industries, les infrastructures, l'agriculture, la pêche, le tourisme, les loisirs et la santé – pour les rendre plus résilients face au changement climatique. Les stratégies d'adaptation reconnaissent l'importance particulière de protéger les groupes les plus vulnérables, notamment les peuples autochtones, les femmes, les enfants, les personnes handicapées et les communautés économiquement défavorisées.

17.3.1 Quels sont les changements les plus urgents à l'échelle du système ?

Les impacts du changement climatique diffèrent selon le lieu géographique, le secteur et le groupe social. Ils affectent particulièrement la vie, les moyens de subsistance et le bien-être psychologique des populations défavorisées, des communautés vulnérables et des personnes touchées par les catastrophes (Davis, 2015 ; Dankelman, 2016). Parmi les principaux impacts, on peut notamment citer les risques sanitaires liés au stress thermique et aux événements extrêmes entraînant un accroissement de la mortalité et des blessures, les déplacements internes et transfrontaliers, ainsi que les pertes et dommages économiques et infrastructurels (Watts *et al.*, 2015 ; Crimmins *et al.*, 2016 ; Centre de suivi des déplacements internes [IDMC] et Conseil norvégien pour les réfugiés, 2017). Les impacts secondaires sur la santé dépendent de l'environnement, notamment le risque accru de maladies liées au climat, qu'elles soient vectorielles, transmises par l'eau ou par l'alimentation. Les impacts tertiaires, qui ont des répercussions sociales, comprennent la migration et les conflits (Watts *et al.* 2015). Tous ces effets exigent des réponses adaptatives permettant de protéger, de préserver et de promouvoir la santé et le bien-être humains.

17.3.2 Quels éléments du système les politiques visent-elles ?

L'adaptation à l'élévation du niveau de la mer dans les villes côtières et les PEID vise à remédier à la vulnérabilité à divers impacts du changement climatique : l'érosion côtière, l'élévation du niveau de la mer, les inondations et les événements extrêmes. On distingue généralement trois catégories d'adaptation, à savoir la protection, l'accommodation et la retraite :

- ❖ **La protection** des personnes et des biens par la construction de digues, la gestion de l'utilisation des terres, l'élaboration de nouveaux codes de construction permettant d'exhausser les habitations et les infrastructures et de réduire l'érosion côtière ;
- ❖ **L'accommodation**, par l'adoption de pratiques résilientes à l'élévation du niveau de la mer, l'amélioration des infrastructures pour accroître la capacité d'absorption des masses d'eau et des zones humides, la régulation du débit des eaux, le recours à une assurance ;



❖ **La retraite**, c'est-à-dire l'abandon des zones à haut risque et la réinstallation des personnes loin du danger.

L'adaptation des villes côtières au changement climatique demeure insuffisante et pourrait les exposer à des risques accrus à l'avenir. La protection des populations et des infrastructures existantes a souvent conduit à une expansion immobilière dans les zones à haut risque, ce qui se traduit par une accumulation des risques (Hallegatte *et al.*, 2013). Les programmes d'adaptation au changement climatique n'ont pas permis de lutter efficacement contre les multiples risques à déclenchement lent ou rapide tels que les inondations, les sécheresses, les cyclones tropicaux et l'élévation du niveau de la mer. Il s'agit généralement de programmes sectoriels, par exemple dans le domaine de l'agriculture, de la santé ou de la gestion des catastrophes, qui ne s'attaquent pas aux causes sous-jacentes de la vulnérabilité. Cette approche a des répercussions sur les droits de la personne, car les inégalités persistantes en matière d'accès aux biens et aux opportunités, de participation active ou de discrimination compromettent la capacité d'adaptation des communautés pauvres et vulnérables, et les expose de manière disproportionnée aux risques climatiques, auxquels elles sont particulièrement sensibles (Organisation des Nations Unies [ONU], 2016).

Certains PEID de faible altitude sont confrontés à un nombre croissant d'inondations et à une importante érosion côtière qui devraient, à terme, les rendre inhabitables. Les populations touchées seront déplacées et devront migrer vers d'autres régions ou pays, ce qui aura une incidence sur leur santé et leur bien-être (Schwerdtle, Bowen et McMichael, 2018). Les réponses politiques doivent renforcer les systèmes de santé afin de les rendre à la fois résilients face au changement climatique et sensibles à la situation des migrants (Schwerdtle, Bowen et McMichael, 2018). Elles doivent également être intégrées à d'autres domaines stratégiques, tels que les politiques relatives aux frontières et au marché du travail, ainsi que la protection sociale et des droits de la personne.

17.3.3 Quelles mesures ont été prises jusqu'ici et quelle a été leur efficacité ?

L'objectif de développement durable (ODD) 13 reconnaît que le changement climatique est un problème majeur et appelle à prendre des mesures d'urgence en renforçant la résilience et les capacités d'adaptation au changement climatique, et en intégrant ce dernier

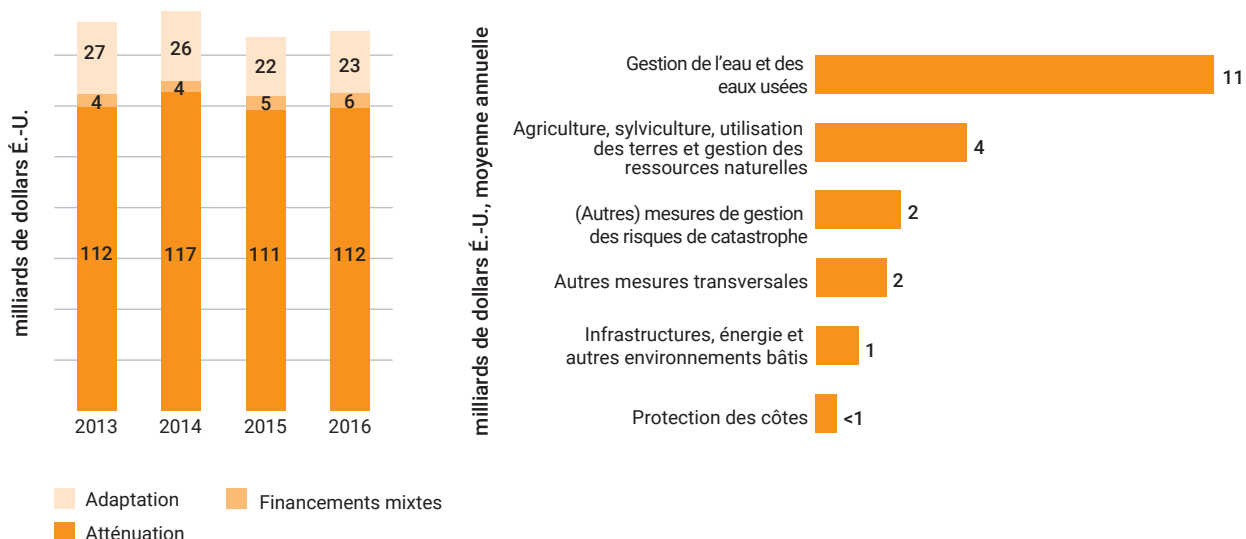
dans les politiques et la planification, l'éducation et le renforcement des capacités. L'Accord de Paris sur le climat conclu en 2015 a pour objectifs de renforcer la capacité des pays à faire face aux effets du changement climatique et de soutenir l'action des pays en développement et des pays les plus vulnérables. Le soutien fourni sous forme de stratégies et de mécanismes dans le cadre de l'Accord de Paris comprend des fonds d'adaptation au changement climatique, le transfert de technologies et une assurance contre les aléas climatiques.

Le financement mondial de la lutte contre le changement climatique s'élève en moyenne à 410 milliards de dollars des États-Unis par an (Buchner *et al.*, 2017). Toutefois, 93 % de ce montant est consacré à l'atténuation, contre moins de 5 % seulement pour l'adaptation (soit 22 milliards de dollars É.-U.) (Buchner *et al.*, 2017). Un examen approfondi du financement de l'adaptation révèle que moins de 4 milliards de dollars É.-U. sont consacrés à la protection des côtes, aux infrastructures et à la gestion des risques de catastrophe (Buchner *et al.*, 2017). Ces domaines présentent pourtant des besoins très importants si l'on entend renforcer l'adaptation dans les villes côtières et les PEID (figure 17.1).

Le Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes (UNISDR), par l'entremise du Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (UNISDR, 2015), reconnaît la nécessité de mieux intégrer la réduction des risques de catastrophe (RRC) et l'adaptation, étant donné que le changement climatique exacerbe la gravité, l'intensité et la fréquence des catastrophes. Des efforts sont en cours pour mettre au point des mesures renforcées et plus cohérentes en faveur de la réalisation du Programme d'action des Nations Unies à l'horizon 2030, de l'Accord de Paris et du Cadre d'action de Sendai (UNISDR, 2017). Dans ce domaine, l'accent est passé de la gestion des situations d'urgence et des interventions d'urgence à la réduction des risques de catastrophe et à leur intégration dans le processus de développement.

Les systèmes d'alerte précoce et l'amélioration de la préparation et de la planification face aux catastrophes ont permis de réduire considérablement le nombre de décès dus aux catastrophes. Néanmoins, on constate que le nombre de personnes touchées et les pertes économiques ne cessent de croître (UNISDR, 2017). Le Nouveau Programme pour les villes (Programme des Nations Unies pour les établissements humains [ONU-Habitat], 2016) coordonné par ONU-Habitat est un cadre mondial sur l'urbanisation durable

Figure 17.1 : Financement de l'adaptation au changement climatique



Source : Buchner *et al.* (2017).



visant à « rendre les villes et les établissements humains inclusifs, sûrs, résilients et durables ». Il est établi que certains des endroits et des infrastructures les plus vulnérables se trouvent dans les villes, en particulier celles du littoral (Banque mondiale, 2013). Dans le cadre du Programme d'action global pour l'éducation au service du développement durable, l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) assure l'éducation au changement climatique (ECC) conjointement avec les programmes d'éducation au service du développement durable (EDD) (UNESCO, 2014). L'ECC englobe, entre autres thématiques, la science du changement climatique, les aspects sociaux et humains, les mesures d'intervention et les modes de vie durables (UNESCO, 2010). La recherche montre que les interventions éducatives garantissent l'efficacité de cette politique avec beaucoup plus d'efficacité lorsqu'elles mettent l'accent sur des aspects locaux et concrets du développement durable et du changement climatique, en particulier quand il s'agit d'aspects sur lesquels les comportements individuels ont une incidence (Anderson, 2013).

Le Projet océanien d'adaptation au changement climatique (PACC) est la première grande initiative d'adaptation au changement climatique dans la région du Pacifique. Ce partenariat entre plusieurs agences et communautés régionales et nationales clés issues de 14 pays insulaires du Pacifique est coordonné par le Secrétariat du Programme régional océanien de l'environnement (PROE). Une évaluation de ce programme recommande une approche plus intégrée du changement climatique, des catastrophes et de l'atténuation du climat, ainsi qu'une meilleure gestion de l'information et des données (Hay, 2009). Les politiques relatives aux migrations liées au climat sont encore au stade embryonnaire. Certains cadres stratégiques, notamment ceux élaborés par la Banque asiatique de développement (BAD, 2012) et le programme de protection de la Nansen Initiative (2015), visent à intégrer la migration à la protection des frontières, des moyens de subsistance et des droits sociaux et de la personne, mais leur mise en œuvre à l'échelle locale demeure rare.

17.3.4 Quel est le potentiel de transformation des approches stratégiques examinées ?

Les approches stratégiques et l'étude de cas présentées (**encadré 17.1**) font ressortir la nécessité de mieux définir la gouvernance en matière d'adaptation. Il s'agit en effet de faire

face à la complexité des processus responsables du changement climatique et des impacts qui en résultent, de s'attaquer aux facteurs de vulnérabilité sous-jacents et de renforcer la résilience et la capacité d'adaptation. La gouvernance de l'adaptation renvoie au modèle qui se dessine à partir des différents processus de gouvernance relatifs aux acteurs sociaux, politiques et administratifs concernés (Huitema *et al.*, 2016). Une adaptation réussie passe par la prise en compte de l'efficacité, de l'efficience, de l'équité et de la légitimité afin de garantir la durabilité des trajectoires de développement face à un avenir incertain (Adger, Arnell et Tompkins, 2005).

Face aux impacts du changement climatique, le déploiement d'une approche transformatrice de l'adaptation est de plus en plus recommandé. En effet, cette approche peut permettre de renouveler les modalités actuelles de gouvernance et de mise en œuvre du processus d'adaptation, et de favoriser une meilleure résilience et une plus grande durabilité. Elle est également susceptible d'atténuer la complexité, l'incertitude et la rapidité des changements envisagés. Ses caractéristiques sont les suivantes : la gestion adaptative, en particulier par l'apprentissage et l'auto-organisation ; la prise en compte des différents niveaux d'intervention, afin de favoriser la conciliation des aspects sociaux et écologiques de la gouvernance ; enfin, un système de gouvernance polycentrique favorisant la redondance et la diversité par la participation et la collaboration (Brunner *et al.*, 2005 ; Folke, 2006 ; Brunner et Lynch, 2010 ; Djalante, Holley et Thomalla, 2011 ; Chaffin, Gosnell et Cosens, 2014). Le potentiel de transformation se traduit par l'innovation, l'expérimentation, la vision adoptée et l'espace laissé aux nouveaux acteurs. L'apprentissage permet d'expérimenter, de proposer de nouvelles perspectives et de faire avancer les innovations (Taylor, 2017). Les mesures mises en œuvre s'appuient sur les meilleures connaissances disponibles et permettent de tirer des enseignements des erreurs passées et d'innover. L'ECC contribue également à renforcer les capacités des décideurs et donne aux populations les moyens de mettre en œuvre leurs propres stratégies d'adaptation – par exemple, en les dotant des outils nécessaires pour comprendre la complexité, percevoir les risques et prendre en compte les savoirs autochtones (Nakashima *et al.*, 2012 ; Blum *et al.*, 2013 ; Monroe *et al.*, 2017 ; UNESCO, 2017 ; UNESCO, 2018). De manière générale, l'apprentissage par les différentes parties prenantes accroît la capacité de transformation.



Encadré 17.1 : Étude de cas – Le programme « Vivre avec les inondations » au Vietnam

La présente étude de cas fournit un exemple d'approche stratégique visant à mettre en œuvre une adaptation efficace, malgré la grande complexité associée à l'identification des cibles susceptibles de renforcer l'efficacité des politiques (l'équité sociale et les droits de la personne, la participation communautaire, la variabilité économique, les écarts de capacités et la fragmentation des politiques à plusieurs niveaux). L'approche vietnamienne pourrait être considérée comme transformatrice, car sa politique de gestion des risques d'inondation est passée d'un objectif consistant à « lutter contre les inondations » à une perspective consistant à « vivre avec les inondations ». Toutefois, cette approche a une efficacité limitée face à la progression des risques dans le delta du Mékong.

Le programme « Vivre avec les inondations » fait partie de la Stratégie nationale de prévention des catastrophes naturelles, de riposte et d'atténuation à l'horizon 2020. Il privilégie l'adaptation plutôt que la lutte contre les inondations, à travers le recours à des digues partielles permettant des inondations ponctuelles et contrôlées, qui débouchent à leur tour sur une meilleure gestion des sols. Les agglomérations résidentielles sont protégées des inondations par un système de digues complètes et partielles. Des résidences permanentes sont présentes et il est possible d'accéder aux installations et services publics de base tels que les écoles et les centres de santé (Central Committee for Flood and Storm Control [CCFSC], 2012). Près de 150 000 ménages sont impliqués dans ce programme, directement choisis par les autorités locales du delta du Mékong. Les ménages pauvres ont droit à un prêt public à long terme soumis à un faible taux d'intérêt afin de financer l'acquisition de leur nouvelle maison, tandis que les ménages plus riches peuvent acheter directement une parcelle pour y construire une habitation. L'un des points faibles du processus tient au manque de transparence dans la sélection des ménages et l'affectation des fonds. La durabilité du financement fourni par l'administration nationale est incertaine. Les communautés ne sont pas consultées ni impliquées dans la sélection des sites de réinstallation (Chun, 2015).

Dans l'ensemble, bien que le programme ait mis les communautés à l'abri du danger, il a également aggravé la vulnérabilité économique de la plupart des ménages, causée par la perte de leurs moyens de subsistance. Le processus a conduit au démantèlement des réseaux économiques et de solidarité, et la plupart des ménages font état d'une baisse de leurs revenus et de difficultés à rembourser leurs dettes (Chun, 2015 ; Entzinger et Scholten, 2016). Ces résultats préjudiciables sont en grande partie dus au manque d'intégration des objectifs environnementaux à d'autres objectifs stratégiques tels que la durabilité économique à long terme. Par conséquent, malgré ses bonnes intentions et ses nombreux aspects positifs, le programme a entraîné une perte de résilience des communautés.



17.3.5 Les indicateurs

Les indicateurs jouent un rôle essentiel dans le suivi et l'évaluation de l'adaptation au changement climatique. Les indicateurs de l'ODD 13, « Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions », ne constituent pas l'outil le plus direct pour évaluer l'efficacité de l'adaptation. Le rôle que jouent les politiques d'adaptation au changement climatique dans la réalisation de l'ODD 5 (Parvenir à l'égalité des sexes et autonomiser toutes les femmes et les filles) et de l'ODD 10 (Réduire les inégalités dans les pays et d'un pays à l'autre) constitue également un indicateur de réussite important.

Des cadres scientifiques et des indicateurs ont été élaborés pour mesurer la vulnérabilité, la résilience et les capacités d'adaptation (par exemple, Cutter, Boruff et Shirley, 2003 ; Turner *et al.*, 2003 ; Wisner *et al.*, 2004 ; Hinkel *et al.*, 2012 ; Taylor, 2017). Parmi les différents indicateurs permettant de mesurer l'efficacité des efforts d'adaptation dans les villes côtières, on peut notamment citer la superficie des terres disposant d'infrastructures suffisantes ou insuffisantes, la réduction du nombre d'habitants dans les plaines alluviales ou les zones côtières de faible altitude, ou encore le développement de canaux de communication en cas de crise ou de catastrophe. En ce qui concerne les PEID, les indicateurs d'adaptation portent sur : les mesures de lutte contre la réduction de la quantité d'eau douce disponible (végétation résistante à la sécheresse, dispositifs d'économie d'eau, création de zones tampons pour protéger les bassins versants) ; la prévention et l'élimination des pratiques inadéquates (modification des politiques responsables de la destruction des mangroves et des lois empêchant le recyclage de l'eau ou autorisant la construction dans les zones vulnérables) ; la prise en compte des impacts du changement climatique sur la biodiversité et la dégradation des sols (modèles d'utilisation des terres pour une agriculture efficace, pratiques durables dans le secteur de la pêche, sensibilisation des communautés) (ONU, 2015).

Les principaux éléments qui favorisent le changement transformateur – et garantissent l'efficacité des mesures d'adaptation – sont : la prise en compte du niveau d'intervention (approche à l'échelle du paysage ou du bassin et distinction entre les stratégies à court, moyen et long terme) ; la participation communautaire ; la mise en œuvre de nouvelles approches en matière d'adaptation (recours à l'assurance récolte dans les pays en développement, renforcement de la résilience du marché face au changement climatique, etc.) ; le recours à des approches fondées sur la transformation ou le déplacement des espaces (îles artificielles combinées à un processus de relocalisation, instauration de nouveaux mécanismes et institutions de financement permettant de réduire la vulnérabilité) (Kates, Travis et Wilbanks, 2012). L'évaluation de la vulnérabilité et des capacités, ainsi que l'identification et l'évaluation des risques climatiques, sont nécessaires à la prise en compte des impacts du changement climatique dans les futurs programmes de développement – voir, par exemple, l'évaluation menée par la Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge (s.d.) et l'outil d'examen des risques climatiques et de catastrophe de la Banque mondiale (2018), ou encore le rapport du PNUD dressant un bilan de l'outil d'examen des risques climatiques (Olhoff et Schaer, 2010).

17.4 La création d'un système agroalimentaire durable

Le système agroalimentaire est un exemple particulièrement probant de la nécessité de réduire les incertitudes face au changement climatique. Dans la présente section, nous examinons quelques-unes des perspectives de transformation propres à ce secteur.

17.4.1 Quels sont les changements les plus urgents à l'échelle du système agroalimentaire ?

Le système agroalimentaire est à l'origine d'impacts environnementaux importants, notamment les émissions de GES, la destruction d'habitats, la perte de biodiversité et la pollution de l'air et des ressources en eau. Ces coûts environnementaux sont aggravés par l'inefficacité de ce système. Selon une étude, compte tenu des pertes dues aux déchets alimentaires, des pertes trophiques liées au bétail et de la surconsommation humaine, 62 % de l'énergie (en kilocalories) récoltée sous forme de cultures et d'autres biomasses est perdue ou gaspillée (Alexander *et al.*, 2017). La réalisation des ODD exige une action urgente pour réduire l'empreinte environnementale du système et augmenter son efficacité et sa résilience générales. Une approche systémique globale est nécessaire, avec des mesures favorables à l'intensification durable de l'agriculture, à la réduction des pertes alimentaires et des émissions de GES tout au long des chaînes d'approvisionnement, et à la lutte contre les modes de consommation générant du gaspillage, notamment la production de déchets alimentaires considérables et la surconsommation de produits d'origine animale.

De manière générale, les politiques qui façonnent le système agroalimentaire peuvent être classées en trois catégories : la production, la transformation et la distribution, et la consommation. Les politiques agricoles sont généralement axées sur le soutien aux agriculteurs plutôt que sur les incitations à améliorer les résultats environnementaux. En outre, la réforme des régimes de subventions pose souvent aux gouvernements des défis politiques importants. Un grand nombre de politiques agricoles exacerbent les problèmes environnementaux, dans la mesure où elles encouragent la production sans tenir compte des impacts sur l'environnement (c'est le cas des subventions pour la consommation d'engrais, d'eau ou d'énergie). Peu de gouvernements ont élaboré des stratégies pour réduire les émissions de GES provenant du secteur de l'agriculture et de l'utilisation des terres (à l'exception notable des forêts). À ce jour, aucun gouvernement national n'a pleinement intégré le secteur de l'agriculture dans un système de tarification du carbone.

Les politiques commerciales applicables aux produits agricoles éludent généralement les critères environnementaux explicites, afin de ne pas contrevenir aux règles de l'Organisation mondiale du commerce (OMC). En effet, ces dernières empêchent les gouvernements de faire la distinction entre des produits « similaires », tandis que les réglementations en vigueur se préoccupent principalement de la santé humaine. Les mesures incitatives visant à réduire le gaspillage et les pertes de nourriture ont été affaiblies par la baisse des prix réels des produits alimentaires (Benton et Bailey, 2019). De plus, malgré l'intervention croissante des pouvoirs publics visant à infléchir les habitudes de consommation pour des raisons de santé publique (par exemple, pour réduire la consommation de sucre, de sel et d'acides gras trans), les politiques favorables à l'instauration de régimes alimentaires durables sont encore rares (Garnet *et al.* 2015).

En somme, pour transformer le système agroalimentaire et réaliser les ODD, il convient de réduire considérablement l'empreinte environnementale de l'agriculture, de même que les pertes et le gaspillage de denrées alimentaires, et d'amener les populations à adopter un régime alimentaire plus sain et plus durable. À cette fin, il faut d'abord réorienter l'élaboration des politiques pour :

- i) Encourager les agriculteurs à réduire les externalités environnementales négatives, notamment les émissions de GES, et à créer des externalités positives telles que le renforcement de la biodiversité ou d'autres services écosystémiques ;
- ii) S'attaquer aux pertes et aux déchets alimentaires tout au long de la chaîne de valeur (**encadré 17.2**) ;
- iii) Encourager l'adoption d'habitudes alimentaires saines et durables.

17.4.2 Quels éléments du système les politiques visent-elles ?

Le principe du pollueur-payeur

Les impacts environnementaux sont un symptôme courant des politiques agricoles qui consistent à aider les agriculteurs à maximiser la production alimentaire. Les réformes qui prétendent remédier à ces impacts peuvent revêtir différentes formes, mais visent essentiellement à « faire payer le pollueur ». On peut notamment citer les taxes (plutôt que les subventions) sur l'utilisation d'engrais et de pesticides, les systèmes de tarification de l'eau et les règlements obligeant les agriculteurs à construire et à entretenir des infrastructures de stockage du lisier.

À l'échelle nationale, l'application du principe du pollueur-payeur aux émissions de carbone a fait l'objet d'un nombre considérable d'expériences dans le secteur de l'énergie, par le biais de systèmes d'échange de droits d'émission et de taxes carbone. Néanmoins, l'agriculture demeure exclue de ces initiatives. Les processus de surveillance, de déclaration et de vérification des émissions sont bien plus complexes et coûteux dans ce secteur que dans celui de l'énergie, car les émissions de GES se produisent à l'échelle du paysage, en fonction des pratiques agricoles et du contexte agro-écologique. Toutefois, il est possible de surmonter cet obstacle. En Nouvelle-Zélande, par exemple, le secteur agricole déclare ses émissions de GES sans faire partie du système national d'échange de droits d'émission, ce qui indique qu'il est possible de quantifier et de comptabiliser les émissions agricoles.

Le principe du bénéficiaire-payeur : le paiement pour services écosystémiques

Plusieurs gouvernements ont introduit des mesures économiques favorisant l'adoption de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement. Il s'agit d'encourager et de récompenser les producteurs agricoles qui prennent des mesures pour réduire au minimum leur impact sur l'environnement ou pour fournir des extrants non productifs (système de paiements pour services écosystémiques [PSE]), et de dissuader et pénaliser ceux qui ne le font pas (Meyer *et al.*, 2014 ; Tanentzap *et al.*, 2015). On en trouve un exemple dans la participation des producteurs agricoles aux marchés du carbone à travers la vente de crédits compensatoires générés par certains projets de réduction des émissions (Garnett, 2012). Dans ce cas, plutôt que d'être pénalisé pour avoir émis des GES en tant qu'entité réglementée dans le cadre d'un système de tarification du carbone, l'agriculteur est payé pour éviter les émissions.

Le marché en plein essor des PSE est actuellement estimé entre 36 et 42 milliards de dollars É.-U. par an, une somme qui comprend les paiements versés par les acheteurs non gouvernementaux et privés. Les domaines les plus importants sont les paiements pour la gestion des bassins versants et la biodiversité. La grande majorité des paiements pour les réductions d'émissions s'appliquent à des projets forestiers (Salzman *et al.*, 2018). Sans être négligeables, ces transferts demeurent modestes par rapport au soutien agricole conventionnel, dont le montant, en 2017, était légèrement inférieur à 230 milliards de dollars É.-U. dans les pays de l'OCDE et du même ordre (204 milliards de dollars É.-U.) en Chine (OCDE, 2018).

L'éducation des consommateurs

Fondée sur le concept d'éducation au développement durable, l'éducation des consommateurs aide ces derniers à comprendre l'influence de leurs choix et de leurs habitudes alimentaires individuels sur le développement social, économique et environnemental. Il s'agit également de les inciter à envisager et à adopter des choix et des habitudes alimentaires durables (Fischer et Barth, 2014 ; UNESCO, 2017). Cette approche peut notamment permettre de sensibiliser les consommateurs de viande au fait que leur consommation n'est pas viable (Spanning et Grušovnik, 2018).

Les guides alimentaires

Les gouvernements ont généralement recours à un guide alimentaire national pour informer les populations sur les

bonnes pratiques en matière de nutrition et d'alimentation saine. Au cours des dernières années, plusieurs gouvernements ont commencé à inclure des considérations environnementales dans leurs guides (voir plus loin). Il est peu probable qu'un guide alimentaire national entraîne à lui seul un changement d'habitudes alimentaires généralisé, mais ce mode d'action peut servir de base à l'élaboration de politiques ultérieures. À ce titre, il constitue un premier pas important sur la voie d'une intervention plus concertée (Bailey et Harper, 2015 ; Garnet *et al.*, 2015).

L'étiquetage et la certification

Les systèmes consistant à garantir aux consommateurs qu'un aliment donné répond à certains critères environnementaux sont de plus en plus courants sur les marchés des pays développés. Ces initiatives émanent généralement de plusieurs parties prenantes plutôt que d'une politique spécifique, et sont souvent le fruit d'une coopération entre le secteur privé et la société civile. Toutefois, lorsqu'elles sont assez solides, elles peuvent servir de base à l'élaboration de politiques ultérieures.

Les marchés publics

Dans de nombreux pays, les marchés publics de produits alimentaires représentent une part non négligeable de la demande du marché. Par conséquent, les politiques qui ciblent les marchés publics de ce secteur peuvent provoquer des changements plus importants dans le système alimentaire en obligeant les fournisseurs à respecter certaines normes environnementales.

Les taxes à la consommation

Les coûts associés aux effets négatifs sur l'environnement peuvent également être intégrés au point de consommation. À ce jour, les taxes à la consommation ont servi à compenser les externalités sanitaires liées à la surconsommation d'aliments tels que le sucre. Toutefois, il peut être préférable d'appliquer une taxe sur les émissions liées aux aliments au point de consommation plutôt que de fixer le prix des émissions au point de production. Bien que cette dernière approche permette d'internaliser plus précisément l'impact, les taxes à la consommation peuvent tout de même s'avérer une meilleure option. En effet :

- i) La surveillance des émissions agricoles coûte cher ;
- ii) Au-delà de la réduction de la production d'aliments à forte intensité d'émissions, les perspectives d'atténuation restent limitées ;
- iii) Les consommateurs ont beaucoup d'occasions de délaissier les aliments à forte intensité d'émissions au profit d'aliments à faible intensité d'émissions (Wirsenius, Hedenus et Mohlin, 2011).

Il n'est toutefois pas nécessaire de faire des taxes à la consommation un moyen d'intervention brutal dont le taux global s'appliquerait sans distinction à toute une catégorie de produits. Au contraire, on peut envisager de distinguer les différentes pratiques de production et d'approvisionnement au sein d'une même catégorie de produits (au moyen d'analyses ventilées du cycle de vie, par exemple). Cela permettrait de nuancer la prise en compte des externalités et inciterait à l'adoption de pratiques et à la consommation de produits plus durables, tant parmi les différentes catégories d'aliments qu'au sein de chacune d'entre elles. Les taxes à la consommation peuvent présenter un fort potentiel de transformation. On estime que les taxes mondiales sur les émissions liées à l'alimentation pourraient permettre d'économiser environ une gigatonne d'équivalent CO₂ par an en 2020 et produire des avantages nets pour la santé à l'échelle mondiale, en raison de la réduction de la consommation de viande. Ce processus aurait néanmoins des impacts sur la distribution, qui obligerait les pouvoirs publics à mettre en place des politiques compensatoires (Springmann *et al.*, 2016). Aucun gouvernement n'a encore imposé de taxe sur les émissions de GES liées à l'alimentation, bien que certains aient mis en place des taxes à la consommation sur certains aliments pour des raisons de santé publique.





17.4.3 Quelles mesures ont été prises jusqu'ici et quelle a été leur efficacité ?

Production : les incitations économiques relatives aux services écosystémiques

Les PSE peuvent être assimilés à des pratiques de conservation ou de durabilité complémentaires, que les producteurs agricoles s'engagent volontairement à adopter. Ils peuvent également constituer une compensation financière pour les agriculteurs dont le revenu ou la capacité de production sont limités par les exigences de la réglementation en vigueur (ou écoconformité) (Meyer *et al.*, 2014).

Au sein de l'Union européenne (UE), ces deux approches ont été utilisées dans le cadre de la Politique agricole commune (PAC). Les mesures agroenvironnementales (MAE) du deuxième pilier de la PAC sont des mécanismes fondés sur la superficie, qui occupent une position intermédiaire entre les régimes entièrement volontaires et la compensation directe au titre de l'écoconformité. Financées conjointement par la PAC et les autorités nationales, les MAE ont pour but d'encourager les agriculteurs à améliorer la qualité des sols, à utiliser plus efficacement les ressources en eau, à réduire les intrants polluants et à renforcer la biodiversité agricole. La majorité des MAE sont axées sur l'action, c'est-à-dire sur l'indemnisation des agriculteurs pour les activités entreprises. Néanmoins, plus récemment, on a vu émerger des MAE fondées sur les résultats, avec de meilleures conditions et des paiements plus importants, conditionnés par l'obtention des résultats environnementaux souhaités. Moins prescriptives en matière de pratiques de gestion, ces MAE sont aussi plus rentables et plus susceptibles d'encourager l'innovation (Illes *et al.*, 2017). En règle générale, les programmes nationaux ou internationaux de PSE sont mieux à même de maximiser ces avantages lorsqu'ils sont suffisamment souples pour s'adapter aux conditions propres aux contextes institutionnels et environnementaux locaux (de Blas *et al.*, 2017).

En 2015, dans le cadre de la réforme de la PAC 2014-2020, l'UE a instauré une nouvelle forme de soutien par paiements directs. Les « paiements directs verts » ont été instaurés dans le cadre du premier pilier de la PAC afin de compléter les règles d'écoconformité existantes et d'obliger les agriculteurs bénéficiaires de l'aide par paiements directs à respecter trois critères relatifs aux services écosystémiques. Au départ, cette approche fondée sur une composante écologique devait donner lieu à des « actions simples, généralisées, non contractuelles et annuelles » (Commission

européenne, 2011). À leur tour, ces dernières devaient produire des avantages climatiques et environnementaux, et permettre de mieux dépenser les ressources financières du second pilier afin de mettre en œuvre des programmes agro-environnementaux plus ambitieux. Toutefois, dans les faits, cette approche a concerné une superficie relativement réduite de terres agricoles et incité un petit nombre d'agriculteurs à modifier leurs pratiques (Hart, Buckwell et Baldock, 2016). Son efficacité est également en doute, car les services écosystémiques doivent généralement se déployer à une échelle plus importante, dépassant le cadre de la gestion agricole et nécessitant une coordination entre les différents propriétaires terriens (Benton, 2012).

Bien qu'il soit trop tôt pour procéder à une évaluation complète de fin de projet, un certain nombre d'analyses indiquent que ce programme de paiements verts a un impact limité et un faible rapport coût-efficacité, étant donné qu'il représente une part importante du budget global de la PAC (Commission européenne, 2016 ; Gocht *et al.*, 2016 ; Hart, Buckwell et Baldock, 2016 ; Buckwell *et al.*, 2017 ; OCDE, 2017).

Consommation : convaincre les parties prenantes

Plusieurs guides alimentaires commencent à intégrer des critères de durabilité, ce qui traduit une volonté de convaincre les consommateurs d'adapter leurs habitudes pour obtenir de meilleurs résultats nutritionnels et alléger le fardeau environnemental de leurs pratiques. Un récent examen mondial des guides alimentaires nationaux (Fischer et Garnett, 2016) révèle qu'à ce jour, seuls quatre pays (l'Allemagne, le Brésil, le Qatar et la Suède) ont inclus des enjeux relatifs à la durabilité dans leur guide alimentaire. Ces guides étant élaborés par les ministères de la Santé, la plupart des recommandations formulées en matière de durabilité sont axées sur la santé. En outre, il est difficile d'évaluer dans quelle mesure un changement de comportement peut être attribué aux guides alimentaires. Néanmoins, une inclusion plus systématique des préoccupations relatives à la durabilité dans ce type de guide pourrait encourager la mise en œuvre de politiques susceptibles de modifier la demande des consommateurs.

17.4.4 Quel est le potentiel de transformation des approches stratégiques examinées ?

Le **tableau 17.1** attribue un potentiel de transformation « élevé », « moyen » ou « faible » à quelques-unes des approches stratégiques



Encadré 17.2 : Étude de cas – Les pertes et le gaspillage de denrées alimentaires : les approches stratégiques multiples adoptées au Japon

Au Japon, de multiples approches stratégiques sont mises en œuvre pour réduire le gaspillage et les pertes alimentaires : établissement d'objectifs législatifs, production de données permettant de sensibiliser les parties prenantes, adoption volontaire de codes de conduite et soutien au renouvellement des aménagements institutionnels. Les approches examinées ici concernent principalement la réduction du gaspillage dans les secteurs en aval de la chaîne d'approvisionnement (transformateurs, détaillants, hôteliers, consommateurs), mais des approches stratégiques sont également nécessaires, en amont, pour s'attaquer aux pertes après récolte. Depuis 2000, des politiques de contrôle et de recyclage des pertes et du gaspillage de denrées alimentaires sont mises en œuvre dans le cadre de la loi sur le recyclage des aliments, qui oblige les entreprises de fabrication et de distribution alimentaires et de restauration à recycler les déchets. Cette loi prescrit également à toutes les entreprises produisant plus de 100 tonnes de déchets alimentaires par an de rendre compte de leurs activités de production et de recyclage des déchets (Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2014).

Après une mise en œuvre globalement réussie – la majorité des déchets alimentaires associés aux activités commerciales sont désormais recyclés (jusqu'à 95 % dans l'industrie des fabricants de produits alimentaires en 2011, mais seulement 23 % dans le secteur de la restauration la même année [OCDE, 2014]) –, la réduction du gaspillage de denrées alimentaires a désormais la priorité sur la réutilisation et le recyclage. Au cours de la période de 2014 à 2019, des valeurs cibles ont été établies et appliquées à 26 groupes industriels à des fins de contrôle de la production de déchets alimentaires. Dans certains domaines tels que la gestion des déchets liés aux marchandises retournées et aux stocks excédentaires, les entreprises peuvent difficilement prendre des mesures unilatérales. C'est pourquoi l'industrie alimentaire japonaise a constitué un groupe de travail chargé d'étudier certaines pratiques commerciales (modification des délais de livraison, des normes relatives à la date de péremption, des méthodes d'étiquetage, etc.).

Les niveaux de gaspillage alimentaire des consommateurs, qui n'ont guère évolué depuis quelques années, constituent à présent un domaine d'intervention prioritaire et figurent en bonne place dans le No Food-Loss Project (Projet zéro perte alimentaire) lancé en 2013 dans le cadre d'une collaboration entre six ministères dans le but de sensibiliser les parties prenantes et de modifier leurs comportements en matière de pertes alimentaires à tous les stades de la chaîne d'approvisionnement (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2014).

**Tableau 17.1 : Le système agricole – production, pertes et gaspillage alimentaires, consommation**

Composante du système agroalimentaire	Production	Pertes et gaspillage alimentaires	Consommation
Approche stratégique	Incitations économiques en faveur des services écosystémiques : paiements pour services écosystémiques (PSE).	Approches stratégiques diverses, notamment des lois sur le recyclage des aliments.	Convaincre les parties prenantes : guide pour une alimentation saine et durable.
Promeut-elle l'innovation, notamment sociale et institutionnelle, qui permettra non seulement d'améliorer les approches existantes, mais également d'adopter de nouvelles approches pour répondre aux besoins de la société ?	Potentiel moyen. Les PSE peuvent être mis en œuvre de manière innovante – par exemple, pour réformer les régimes de subventions existants ou développer de nouveaux mécanismes de marché. Selon la conception et le contexte, les PSE peuvent inciter les acteurs à élaborer de nouvelles approches.	Potentiel moyen à élevé. Les cibles obligatoires encouragent les entreprises de la chaîne d'approvisionnement à innover pour répondre aux exigences.	Potentiel faible. Cette approche peut nourrir le processus d'innovation en s'inscrivant dans l'élaboration de politiques plus générales, mais pas de façon intrinsèque ou isolée. Par exemple, l'étiquetage nutritionnel réglementaire peut encourager les fabricants d'aliments à reformuler leurs produits, mais si l'on fait abstraction de la réglementation ou des politiques plus générales, il est peu probable qu'un simple guide alimentaire favorise l'innovation (Bailey et Harper, 2015).
Facilite-t-elle l'expérimentation, y compris les expériences de réglementation destinées à vérifier et à démontrer la faisabilité de configurations alternatives ?	Potentiel moyen. L'exemple de la PAC montre que les PSE facilitent les expériences de réglementation, car ils permettent de modifier les subventions. Les paiements fondés sur les résultats sont plus susceptibles d'inciter les bénéficiaires à l'expérimentation que les paiements liés aux activités.	Potentiel faible à moyen. Il est peu probable que la réglementation favorise l'expérimentation. Cette approche n'incite pas les entreprises à faire des expériences proactives, mais peut créer des conditions qui les encouragent à apporter des changements.	Potentiel faible. Cette approche ne permet pas toujours l'expérimentation, mais elle pourrait servir de base à une expérimentation réglementaire ultérieure.
Facilite-t-elle la mise en place de nouvelles perspectives en vue de répondre aux besoins humains de manière durable ?	Potentiel élevé. En fonction des modalités de mise en œuvre, cette approche peut permettre de payer les agriculteurs pour qu'ils renouvellent leurs perspectives en matière d'agriculture et de paysage.	Potentiel élevé. Cette approche permet de clarifier les perspectives en matière de réduction du taux de gaspillage alimentaire et d'augmentation du taux de recyclage.	Potentiel moyen. Cette approche offre une perspective, mais ne contribue pas à la concrétiser.
Permet-elle à de nouveaux acteurs ou participants de fournir des services à la société de manière durable ?	Potentiel faible. Cette approche ne fonctionne en général que pour les entreprises existantes et n'incite pas les nouvelles entreprises à agir.	Potentiel moyen. Cette approche favorise l'établissement de nouveaux liens et d'opportunités de partenariat entre des entreprises existantes dans le domaine des ressources, mais n'encourage pas nécessairement l'entrée de nouvelles entreprises.	Potentiel faible. Cette approche crée peu de conditions favorables à l'entrée de nouveaux acteurs sur le marché.
Organise-t-elle l'élimination progressive des structures non viables existantes ?	Potentiel faible. L'approche se concentre sur la réforme des entreprises existantes.	Potentiel moyen. Cette approche réduit le volume de matières mises en décharge et la viabilité des chaînes de gestion des déchets existantes, sans nécessairement donner lieu à une réorganisation fondamentale de ces structures.	Potentiel faible. Un guide alimentaire ne peut contribuer à lui seul à la réorganisation des structures existantes – il doit pour cela s'accompagner de mesures d'intervention.

examinées ci-dessus. Afin de se concentrer sur le potentiel global de l'approche plutôt que sur la mise en œuvre de chaque mesure, ces catégories qualitatives sont présentées sous forme de questions. Les circonstances et le mode de mise en œuvre de chaque approche dans une situation donnée déterminent en grande partie le potentiel de transformation associé aux résultats de cette approche.

17.4.5 Les indicateurs

De nombreux indicateurs existants, notamment les émissions des différents secteurs agricoles, fournissent des informations précieuses sur la durabilité environnementale de différentes parties du système alimentaire. D'autres indicateurs sont encore en cours

d'élaboration (par exemple, l'indicateur 2.4.1 des ODD, « Proportion des zones agricoles exploitées de manière productive et durable »). Toutefois, ces indicateurs sont généralement axés sur les aspects productifs du système alimentaire et ne permettent pas de mesurer l'efficacité ou la transformation du système dans son ensemble. Pour y parvenir, nous proposons un nouvel indicateur national, sensible aux politiques, de la durabilité et de l'efficacité nutritionnelle des résultats alimentaires nationaux : la santé et la durabilité de l'alimentation. L'indicateur de santé et de durabilité alimentaires serait basé sur les séries de données annuelles existantes et permettrait de mesurer l'écart entre les modes de consommation nationaux et les directives nationales en matière de nutrition saine et durable. Toutefois, comme nous l'avons déjà mentionné, très peu de pays disposent actuellement d'un guide national sur la composition



d'un régime alimentaire sain et durable. En l'absence de telles lignes directrices, d'autres valeurs peuvent être établies à l'échelle mondiale à partir des recommandations à paraître de la Commission EAT-Lancet sur l'alimentation, la planète et la santé, qui entend parvenir à un consensus scientifique sur les composantes d'un régime alimentaire sain et durable (Willett et al., 2018 ; Springmann et al., 2018). Ces recommandations peuvent également servir de base à l'instauration d'un indicateur mondial agrégé.

En l'absence de données nationales fiables sur les habitudes de consommation, l'indicateur de santé et de durabilité alimentaires s'appuiera sur les données du bilan alimentaire (BA) de la FAO, qui propose une estimation annuelle des stocks alimentaires nationaux par habitant pour chaque produit de base et pour un certain nombre de produits transformés potentiellement disponibles pour la consommation humaine. Toutefois, les données du BA sont relativement brutes et regroupées en catégories très générales, ce qui limite le niveau de détail de l'analyse. Elles ne rendent pas non plus compte de la nature des aliments consommés, notamment s'ils sont hautement transformés ou non, ce qui peut avoir d'importantes répercussions sur la santé. Compte tenu de ces lacunes, les gouvernements sont encouragés à recueillir des données plus précises sur les habitudes de consommation de leurs citoyens et à élaborer un guide national permettant de fixer les critères d'un régime alimentaire sain et durable, mieux adapté au contexte national.

La consommation et l'approvisionnement seraient mesurés pour différents groupes alimentaires afin de montrer dans quelle proportion ils excèdent ou échouent à atteindre les normes nationales ou les apports quotidiens recommandés par la Commission EAT-Lancet pour les groupes alimentaires correspondants :

$$[(\text{Valeur d'apport} / \text{Apport recommandé}) - 1] \times 100$$

Une valeur de zéro représente la consommation « idéale », les valeurs négatives la sous-consommation et les valeurs positives la surconsommation. Par exemple, s'il existait un apport recommandé pour chacun des groupes alimentaires présents dans le **tableau 17.2**, l'indicateur de santé et de durabilité alimentaires exprimerait l'offre de chaque pays en termes relatifs (**figure 17.2**).

Les données du BA indiquent les quantités de denrées alimentaires disponibles pour la population une fois prises en compte les exportations et les importations, les autres utilisations (alimentation du bétail, semences, utilisations non alimentaires) et les pertes liées au stockage et au transport. L'indicateur de santé et de durabilité alimentaires permettrait donc d'obtenir une image globale des résultats de l'ensemble des politiques et des mesures relatives au système alimentaire, y compris les actions visant à réorienter la production agricole, les mesures commerciales, les mesures de réduction du volume de gaspillage par ménage et les politiques nutritionnelles. Il constituerait également un outil intégré de mesure des apports du système agroalimentaire aux progrès accomplis au regard de nombreux ODD.

L'indicateur de santé et de durabilité alimentaires proposé étant fondé sur la consommation, il ne peut refléter pleinement l'impact des politiques agricoles menées dans les pays qui sont de grands exportateurs nets de produits agricoles ou qui produisent une forte proportion de produits agricoles non alimentaires. Par exemple, la consommation d'un pays peut sembler saine et durable, mais si elle repose principalement sur des aliments importés, cet indicateur ne suffit pas à mesurer la durabilité du système agricole national. Toutefois, l'indicateur de santé et de durabilité alimentaires peut permettre d'obtenir une vision globale de la durabilité de la production alimentaire à l'échelle mondiale.

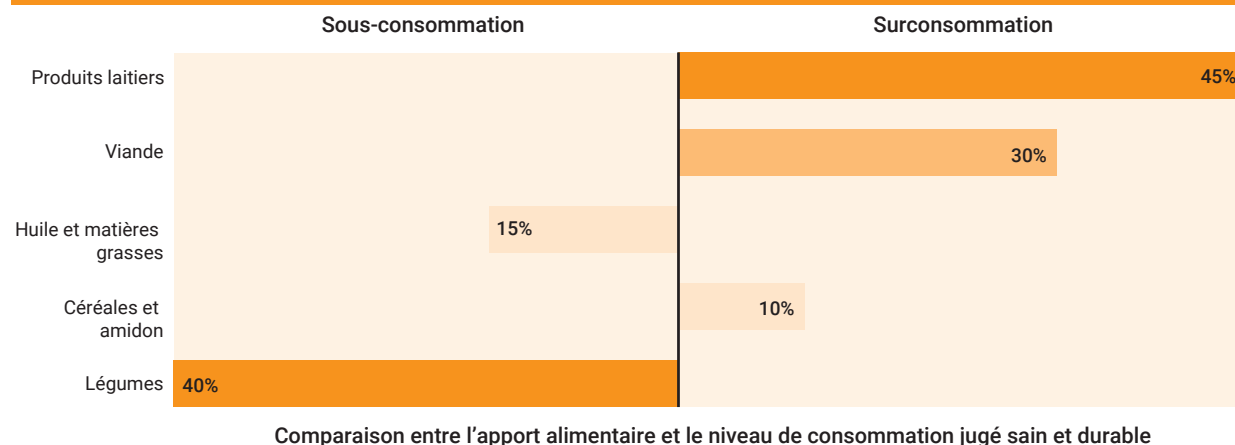
Tableau 17.2 : Apports recommandés pour une alimentation saine et durable

Apport hypothétique recommandé par le gouvernement national (ou par la Commission EAT-Lancet) pour une alimentation saine et durable	Valeur de l'indicateur de santé et de durabilité alimentaires (valeur nationale annuelle)
X g/personne/jour de fruits et légumes	Consommation de légumes : $\pm Y$ % du niveau de consommation jugé sain et durable
X kcal/personne/jour de céréales et d'amidon	Consommation de céréales et d'amidon : $\pm Y$ % du niveau de consommation jugé sain et durable
X kcal/personne/jour d'huile et de graisse	Consommation d'huile et de graisse : $\pm Y$ % du niveau de consommation jugé sain et durable
X g/personne/jour de viande	Consommation de viande : $\pm Y$ % du niveau de consommation jugé sain et durable
X g/personne/jour de produits laitiers	Consommation de produits laitiers : $\pm Y$ % du niveau de consommation jugé sain et durable

17.5 La décarbonisation des systèmes énergétiques

Dans la section précédente, nous avons examiné la façon dont les politiques agricoles tendaient à se concentrer sur le soutien aux agriculteurs plutôt que sur les incitations à améliorer les résultats environnementaux. Dans un système agroalimentaire complexe, la réduction de la consommation énergétique joue également un rôle

Figure 17.2 : Santé et durabilité de l'apport alimentaire du pays X





important. La présente section porte sur le potentiel de transformation associé à la décarbonisation de tous les systèmes énergétiques.

17.5.1 Quels sont les changements les plus urgents à l'échelle du système ?

Les émissions de GES produites par la consommation énergétique constituent une importante force motrice du changement climatique mondial. La réduction de l'empreinte carbone associée à la consommation énergétique mondiale exige des approches intégrées combinant des mesures axées sur les objectifs suivants :

- i) Réduire la consommation énergétique ;
 - ii) Réduire l'intensité en GES des secteurs d'utilisation finale ;
 - iii) Décarboniser l'approvisionnement énergétique ;
 - iv) Réduire les émissions nettes et valoriser les puits de carbone.
- Ces mesures s'accompagnent d'importants avantages connexes, notamment :

- i) La réduction des coûts ;
- ii) Le renforcement de la sécurité énergétique ;
- iii) La protection de la santé humaine et écosystémique.

La réduction à court terme de la demande d'énergie constitue une stratégie efficace d'atténuation des effets du changement climatique. Elle offre plus de souplesse pour la réduction de l'intensité en carbone dans le secteur de l'approvisionnement énergétique, la protection contre les risques liés à l'offre et la promotion de solutions alternatives aux infrastructures à forte intensité en carbone. Le déploiement de systèmes énergétiques sobres en carbone doit s'effectuer sans délai afin de limiter le réchauffement à moins de 2 °C au cours du XXI^e siècle et d'éviter les mesures plus audacieuses et la dépendance accrue l'égard des processus d'élimination du dioxyde de carbone (CO₂) à long terme (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2014).

17.5.2 Quels éléments du système les politiques visent-elles ?

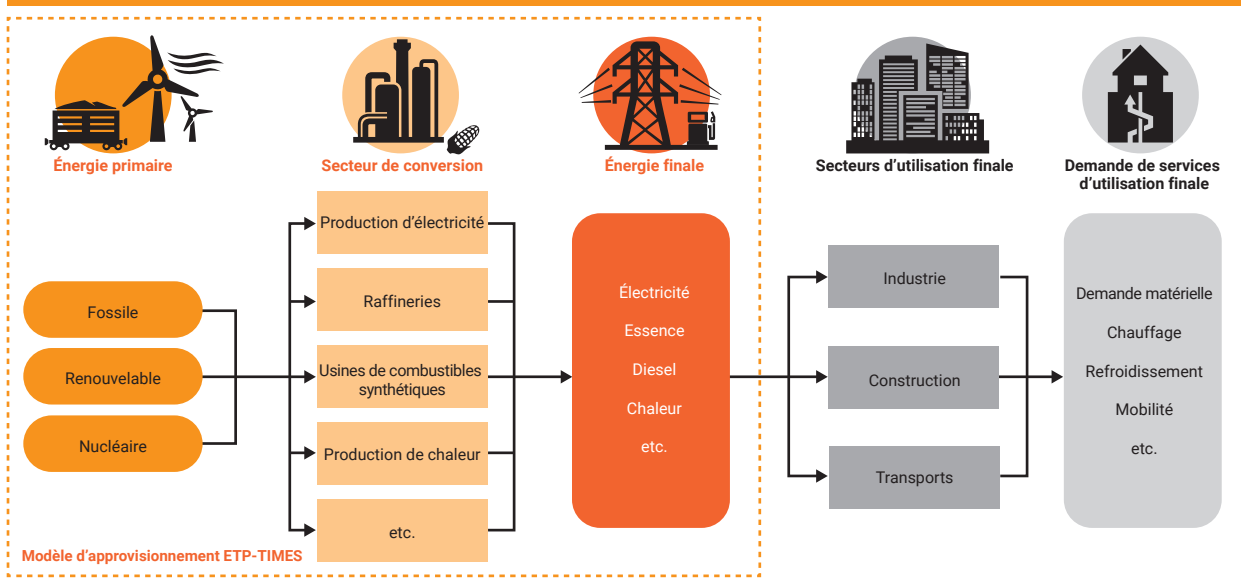
La viabilité à long terme de la planète exige des innovations stratégiques et technologiques favorisant des changements dans le choix des combustibles, leurs modes de production et de consommation, et les effets systémiques sur les ressources à chaque étape du système énergétique (figure 17.3).

Les principaux domaines d'intervention stratégique relatifs aux systèmes énergétiques et liés aux ODD (en particulier l'ODD 7) sont les mesures de décarbonisation visant à : trouver des alternatives (plus) propres ou renouvelables aux combustibles fossiles ; renforcer l'efficacité des services en réduisant la consommation de ressources ; améliorer l'accès à d'autres formes d'énergie et de services énergétiques ; appliquer des plans d'utilisation du sol et d'urbanisme tenant compte de l'intégration énergétique (distribution d'énergie, réseaux intelligents, réseaux de recharge de véhicules électriques, etc.) ; réduire au minimum le gaspillage et la dépendance à l'égard de technologies particulières dans les systèmes fondés sur les combustibles fossiles.

17.5.3 Quelles mesures ont été prises jusqu'ici et quelle a été leur efficacité ?

Les principaux mécanismes permettant de relever ces défis sont : la tarification du carbone (systèmes de plafonnement et d'échange, taxes carbone et autres instruments économiques tels que les taxes sur les carburants et les différentes subventions aux énergies renouvelables) ; les approches fondées sur la réglementation (normes d'efficacité énergétique, politiques contraignantes, démantèlement obligatoire des anciennes centrales) ; les programmes de sensibilisation (portant sur les comportements, les modes de vie et la culture) ; l'élimination des obstacles administratifs et politiques (notamment par la coopération internationale) (GIEC, 2014). Parmi les différentes interventions stratégiques possibles, on peut également citer : les activités de recherche, développement et démonstration (financement des universités, subventions, soutien à l'incubation, centres de recherche, partenariats public-privé, remises de prix, crédits d'impôt, systèmes de bons, capital-risque, prêts à taux réduit et convertibles) ; les incitations fiscales (subventions, paiement pour la production d'énergie, rabais, crédits et réductions d'impôt, modification de l'amortissement) ; le financement public (investissements, garanties, prêts, achats) ; la réglementation axée sur la quantité ou la qualité (normes relatives au portefeuille d'énergies renouvelables, appels d'offres et passations de marchés, tarifs de rachat, achats et étiquetage écologiques, facturation nette, priorité à l'accès aux réseaux ou à la distribution) (Mitchell *et al.*, 2011 ; Agence internationale pour les énergies renouvelables [IRENA], 2016 ; Conseil international pour la science, 2017 ; Organisation des Nations Unies pour le développement industriel [ONUDI], 2017).

Figure 17.3 : Exemple de système énergétique



Source : Adapté d'Agence internationale de l'énergie (AIE) (2017).



sobre en carbone de la panoplie énergétique mondiale. La diffusion, la pénétration et l'intégration de ces politiques déterminent l'efficacité de ce changement. La réussite de ces innovations stratégiques dépend des capacités nationales, de l'attractivité des approches adoptées par les pays « pionniers », du processus de transfert international des politiques, des conditions de ce transfert et de la mise en place de modèles stratégiques permettant, à un stade précoce du processus de diffusion, de guider l'action des pays concernés (Kern, Jorgens et Jänicke, 2001).

17.5.4 Quel est le potentiel de transformation des approches stratégiques examinées ?

Au total, la dynamique issue de l'Accord de Paris de 2015 a donné lieu à 117 contributions déterminées au niveau national, dont 55 comportent des cibles relatives à l'augmentation du recours aux énergies renouvelables et 89 une référence plus générale aux énergies renouvelables (Réseau stratégique des énergies renouvelables pour le XXI^e siècle, 2017). Dans 176 pays, les cibles relatives aux énergies renouvelables ont joué un rôle essentiel dans les engagements pris par les gouvernements. En 2016, presque tous les pays avaient mis en œuvre une combinaison de politiques destinées à soutenir directement le développement et le déploiement des énergies renouvelables.

L'efficacité constitue l'autre pilier des énergies durables. Comme le montre l'**encadré 17.4**, l'amélioration de l'efficacité énergétique peut permettre d'économiser de l'énergie et d'atténuer les émissions de carbone correspondantes, encourageant ainsi des investissements massifs dans un secteur industriel compétitif et innovant.

Le soutien des politiques aux énergies renouvelables porte principalement sur la production d'électricité (comme le montre l'**encadré 17.3**), bien que la mise en œuvre de ces politiques ait ralenti au cours des dernières années, en raison du resserrement des budgets des États et/ou de la baisse des coûts des technologies, qui favorise une approche stratégique fondée sur les achats par enchères. Au cours de la période de 2014-2016, l'offre d'énergies renouvelables n'a fait l'objet d'aucune nouvelle norme nationale ou politique de subventionnement (tarifs de rachat et primes). Toutefois, l'appui aux nouvelles technologies demeure un moteur important du changement transformateur et des enseignements peuvent être tirés des expériences passées en vue de favoriser le déploiement nécessaire et urgent de ces technologies, de répondre au changement climatique et de relever d'autres défis socio-écologiques.

En ce qui concerne la demande, l'efficacité énergétique permet de tirer profit de l'atténuation des impacts environnementaux et de renforcer l'accès à une énergie plus propre. L'exemple de l'Inde (**encadré 17.4**) a eu pour effet d'attirer des investissements massifs en faveur de cette industrie, de renforcer les normes, de sensibiliser les consommateurs, de créer des emplois et d'améliorer les perspectives en matière d'éducation, d'emploi et de santé.

17.5.5 Les indicateurs

La production et la consommation énergétiques constituent l'un des indicateurs les plus suivis, en raison des fortes implications financières et géopolitiques du secteur de l'énergie. On sait ainsi qu'en 2015, le monde a consommé 13,65 milliards de tonnes d'équivalent pétrole, la demande énergétique ayant doublé au cours



Encadré 17.4 : Étude de cas – la gestion de la demande en Inde : des lampes à diode électroluminescente abordables pour tous

La politique allemande de tarifs de rachat, inscrite dans la loi de 2000 sur les sources d'énergies renouvelables (Erneuerbare-Energien-Gesetz ou EEG), a joué un rôle essentiel dans la diffusion des technologies à faibles émissions de carbone (TFEC). Les principales composantes de cette politique étaient les suivantes : i) l'accès garanti des TFEC au réseau (obligation d'achat) ; ii) des accords stables et inscrits dans le long terme pour l'achat d'électricité (longue durée de paiement) ; iii) des prix reflétant les coûts variables des différentes TFEC (tarifs fixes assortis d'incitations particulièrement fortes pour certaines technologies telles que l'énergie solaire photovoltaïque et l'énergie éolienne terrestre) ; iv) plus récemment, des pistes pour accélérer le déploiement de certaines TFEC permettant de limiter les ajouts de capacité et les coûts pour les ménages. En 2016, la puissance installée, qui permet de mesurer le niveau de diffusion des technologies, s'élevait à 45,4 gigawatts pour l'énergie éolienne terrestre, 4,2 gigawatts pour l'énergie éolienne en mer et 41,3 gigawatts pour l'énergie solaire photovoltaïque (IRENA, 2016). Un amendement voté en 2016 accorde la priorité aux grands investisseurs, avec un système d'enchères selon la source d'énergie, la taille et l'emplacement de la centrale. Les technologies concernées se sont avérées remarquablement stables, tout en offrant une certaine souplesse. Les tarifs fixes ont accéléré leur déploiement et favorisé l'implantation d'une industrie solaire nationale.

Parallèlement à l'adoption de l'énergie éolienne terrestre et au fait que les agriculteurs et les propriétaires de maisons profitent des dispositions de la loi EEG, un puissant groupe de pression a vu le jour. Motivé par des débats sur la « viabilité » des régimes de soutien continu aux TFEC, l'amendement 2016 a remplacé les tarifs de rachat par un système de mise aux enchères, toujours propre à chaque technologie, mais destiné aux grands investisseurs plutôt qu'aux petits, qui jouaient jusque-là un rôle important dans le cadre de la loi EEG. Cette mesure a servi de modèle à d'autres pays, favorisant ainsi la diffusion des politiques et l'apprentissage (par la mise en pratique), ce qui a finalement permis de réduire les coûts à l'échelle mondiale plus rapidement que prévu. Le succès de cette approche repose sur un soutien garanti à long terme et une différenciation entre les technologies, ainsi que sur des principes stratégiques relativement stables, adaptés à l'évolution des conditions (par exemple, l'évolution des coûts) et permettant de réduire au minimum les profits aléatoires. Les politiques antérieures (à partir de 1991) s'appuyaient déjà sur un secteur très réglementé, ce qui garantissait une prise de décision rapide, un soutien solide et des boucles de rétroaction vertueuses. La catastrophe de Fukushima et l'engagement à abandonner progressivement le nucléaire qui en a résulté ont également contribué à ancrer le modèle économique des TFEC dans le long terme. Les acteurs impliqués dans de petits projets décentralisés ont été habilités, tout comme l'industrie nationale, à se regrouper autour de TFEC données (l'énergie éolienne et l'énergie solaire photovoltaïque, entre autres).

La question de la viabilité économique pour les ménages a été résolue par l'instauration de plafonds pour chaque TFEC et la prise en compte des coûts sociaux et environnementaux. Les principaux acteurs ont été les associations des services publics et de l'industrie, les groupes de défense de l'environnement, les partis politiques et les ministères. Parmi les facteurs limitants, on observe une relative complexité des politiques énergétiques, une dépendance à l'égard de certaines technologies (combustibles fossiles, consommation énergétique) et des politiques parfois mal conçues (par exemple, la tarification du carbone dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de l'UE). Plus tard, Fukushima a modifié les perspectives stratégiques du secteur de l'énergie et des voix se sont élevées pour critiquer l'inefficacité des incitations. Toutefois, même avec le récent amendement remplaçant les tarifs de rachat par des enchères, la différenciation des technologies est restée au cœur de la politique. Le grand public a jugé cette politique nécessaire et efficace (en termes de création d'emplois et de valeur, d'innovation technologique, de remise en cause des systèmes en place et de stabilité de l'environnement d'investissement dans les TFEC), en particulier pendant les premières années de mise en œuvre.



Encadré 17.4 : Étude de cas – La gestion de la demande en Inde : des lampes à diode électroluminescente abordables pour tous



Mis en œuvre par Energy Efficiency Services Limited (EESL) avec l'appui du ministère de l'Énergie et de fabricants locaux, le programme Unnat Jyoti by Affordable LEDs for All (UJALA) a été lancé en Inde en 2013. Il met l'accent sur la gestion de la demande d'électricité résidentielle et repose sur la vente de lampes à diode électroluminescente (DEL) écoénergétiques aux consommateurs nationaux à un prix trois fois moins élevé que celui du marché. Ce programme, qui a fait ses preuves en l'espace de deux à trois ans, a permis de couvrir les coûts initiaux élevés pour une grande partie des consommateurs, à savoir les catégories les plus défavorisées. Plus de 260 millions de lampes à DEL ont été vendues, ce qui a permis de réaliser des économies annuelles de plus de 30 gigawattheures d'électricité, de diminuer les émissions de CO₂ d'environ trois millions de tonnes (2015) et d'obtenir une réduction du prix des lampes à DEL sur le marché de détail parmi les plus rapides au monde (de 12,28 à 3,07 dollars É.-U. l'unité au cours de la période 2012-2016).

La vente de nouveaux appareils a permis de réaliser des économies d'énergie, d'améliorer l'accès à des services énergétiques modernes, d'accroître la compétitivité de l'industrie nationale à l'échelle mondiale, de renforcer les normes d'efficacité, de mettre en place des laboratoires agréés chargés de réaliser des tests et de mieux sensibiliser les consommateurs. Ce programme repose sur un modèle d'achat en gros qui a permis d'accélérer le progrès technologique en encourageant un modèle économique susceptible de favoriser la réalisation des cibles de sobriété en carbone. Il a donné lieu à la création d'un vaste marché (les lampes à DEL sont devenues la solution d'éclairage la plus répandue) et offre ainsi un exemple de déploiement de TFEC. L'industrie nationale a augmenté son activité et les normes d'efficacité se sont renforcées, de même que la confiance du marché dans le produit. Les laboratoires agréés chargés de réaliser des tests se sont multipliés et la sensibilisation des consommateurs s'est accrue.

Les familles dotées de ces lampes ont réalisé des économies substantielles (plus de 0,25 milliard de dollars É.-U. d'économies par an et des factures d'électricité en baisse de 15 %). Le programme a permis d'économiser les ressources, d'atténuer les émissions (environ trois millions de tonnes de CO₂/an), d'améliorer la qualité de vie, de promouvoir la productivité et la prospérité locale, et d'élargir l'accès à l'énergie. Ce modèle d'achat en gros a favorisé un progrès technologique massif. Le programme UJALA est une vitrine internationale de gestion de la demande, appliquée au deuxième marché mondial en importance (d'une valeur de 0,33 milliard de dollars É.-U./an, en hausse). Il a récemment été reproduit en Malaisie, où l'on a également tenté de couvrir davantage d'appareils, de secteurs, d'entreprises et de régions (Chunekar, Mulay et Kelkar, 2014 ; ET Energy World, 2017 ; EESL et AIE, 2016 ; Sundaramoorthy et Walia, 2017 ; Ministère de l'Énergie, 2018a ; Ministère de l'Énergie, 2018b).

des 40 dernières années. Sur ce volume d'énergie, 81,4 % ont été fournis par des combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) émettant 32,3 milliards de tonnes de CO₂ (AIE, 2017).

Malgré un ralentissement de la tendance, la demande mondiale d'énergie pourrait encore augmenter de 30 % entre 2017 et 2040 selon l'AIE (2018). Cela revient à ajouter l'équivalent d'une autre Chine et d'une deuxième Inde à la demande mondiale actuelle d'énergie. Parallèlement, l'accès universel à l'électricité demeure un défi. Les changements à grande échelle observés dans les systèmes énergétiques mondiaux sont dus au déploiement rapide et à la baisse des coûts des technologies énergétiques propres (principalement les énergies renouvelables, mais également le gaz naturel), à l'électrification croissante de l'énergie et au passage à une économie davantage axée sur les services. D'ici à 2040, à mesure que leurs coûts baisseront, les énergies renouvelables devraient capter les deux tiers des investissements mondiaux dans les centrales électriques et couvrir 40 % de l'augmentation de la demande primaire, ce qui garantira la pérennité des politiques de soutien dont elles bénéficient. La transformation du secteur de l'électricité est amplifiée par le fait que des millions d'utilisateurs finaux de l'électricité investissent directement dans l'énergie solaire photovoltaïque distribuée, avec une place de plus en plus importante accordée aux dispositifs connectés intelligents et autres technologies numériques. L'électrification des transports est appelée à se développer, faisant passer le parc mondial de véhicules électriques de 2 millions actuellement à 280 millions à l'horizon 2040. Les investissements mondiaux dans l'électricité ont dépassé ceux consacrés au pétrole et au gaz, mais le défi de la décarbonisation de l'approvisionnement mondial en électricité subsiste. Le gaz naturel joue un rôle important dans le remplacement du pétrole et du charbon : 80 % de la croissance prévisionnelle de la demande de gaz naturel est à mettre sur le compte des économies en développement et du passage à un marché mondial plus souple et plus liquide (AIE, 2018).

17.6 Vers une économie plus circulaire

Les trois sections précédentes du présent chapitre illustrent certains effets d'un système économique linéaire sur l'environnement mondial. Nous allons maintenant analyser l'utilisation des matières et des ressources tout au long de la

chaîne de valeur, de l'extraction aux déchets, dans les systèmes économiques dominants. Nous examinerons ensuite les approches à adopter pour favoriser le développement d'une économie circulaire.

17.6.1 Quels sont les changements les plus urgents à l'échelle du système ?

Depuis plusieurs siècles, la plupart des sociétés se sont efforcées de se développer selon le modèle de l'économie linéaire, dans lequel la majeure partie des ressources est extraite, transformée et convertie en produits (dont certains ont une durée de vie très brève), puis éliminée après usage (le système « extraction-fabrication-déchet »). Dans ce modèle linéaire, seul un faible pourcentage des matériaux est réutilisé ou recyclé (à l'exception de produits de base tels que le fer et l'or). En règle générale, les matériaux en fin de vie sont considérés comme des déchets et leur élimination a un coût financier, social et environnemental souvent élevé.

ÉCONOMIE CIRCULAIRE





L'économie linéaire s'appuie sur l'hypothèse selon laquelle l'offre de matières premières restera abondante et la capacité d'élimination des déchets dans le milieu naturel illimitée. Toutefois, comme on peut le voir dans la partie A du présent rapport, les sociétés humaines ne peuvent pas continuer à fonctionner de cette façon si nous voulons répondre aux besoins d'une population croissante, préserver la santé de la planète et garantir la prospérité des générations futures. En continuant à extraire des ressources naturelles telles que les minéraux selon ce modèle, on accroît l'impact environnemental de ce processus, alors même que la teneur des minerais ne cesse de diminuer. L'exemple des ressources en combustibles fossiles montre que la capacité des écosystèmes à absorber les émissions est limitée. En termes de durabilité, certaines ressources existent en quantité finie et les niveaux actuels de consommation ne sont pas compatibles avec la réalisation des ODD. Ce problème peut être résolu par l'instauration d'une économie durable, prenant en compte la valeur des ressources naturelles : l'économie circulaire (figure 17.4).

Les composantes et les stratégies caractéristiques du modèle de l'économie circulaire ont été établies pour la première fois au début des années 1980, puis affinées au cours des décennies suivantes (Stahel et Reday-Mulvey, 1981 ; Ayres, 1994). Ces premiers modèles se limitaient à la gestion des déchets : collecte, tri, recyclage, réutilisation. Aujourd'hui, les particuliers, les entreprises et les pouvoirs publics disposent d'un large éventail de stratégies relevant de l'économie circulaire. Au-delà du traitement des déchets, ces

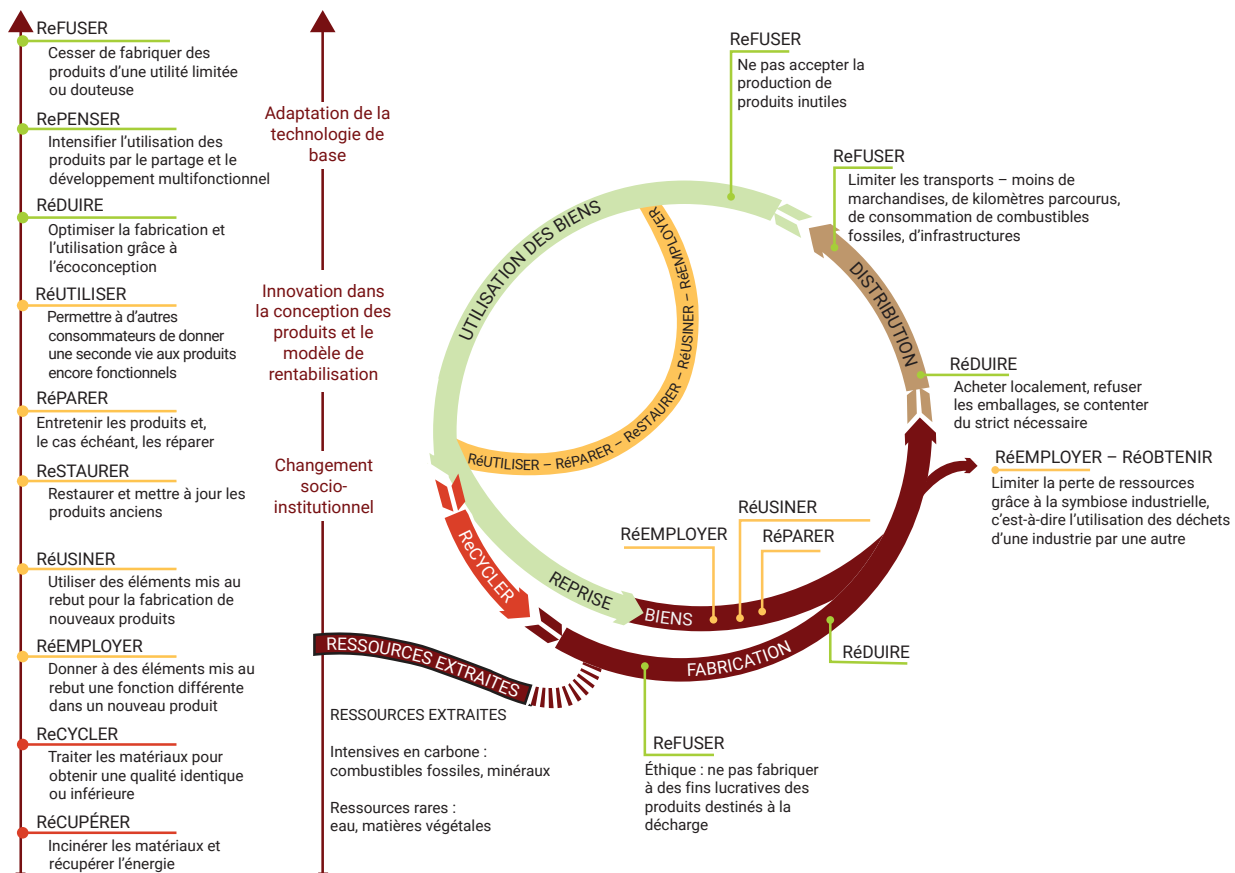
mesures portent sur la conception de produits améliorés, la réduction de la consommation et la gestion durable des matières. Leur objectif commun consiste à utiliser les ressources le plus efficacement et le plus longtemps possible. Les ressources circulent à travers divers processus tels que la réutilisation, la réparation, la reconception et le réusinage, ce qui réduit les besoins en matières premières supplémentaires ainsi que la production de déchets (figure 17.4). Face à des problèmes environnementaux persistants tels que le changement climatique, la rareté des ressources et la perte de biodiversité, la circularité des ressources est un choix cohérent. Toutefois, nos sociétés peinent à mettre en œuvre ce modèle ou n'ont tout simplement pas adopté les mesures nécessaires pour obtenir un changement d'envergure.

Pour les entreprises comme pour les consommateurs, l'accélération de la transition vers une économie circulaire implique un vaste changement de paradigme, car elle suppose l'adoption de processus de production et de consommation durables. Fuenschilling et Truffner (2014) considèrent que le principal défi consiste à démanteler des structures systémiques rigides et interdépendantes en place depuis de longues années. La difficulté réside dans le fait que ce démantèlement implique des changements socio-institutionnels à grande échelle, qui risquent de nécessiter un changement radical de perspective et une adaptation à de nouvelles coutumes et croyances (Potting *et al.*, 2017). Se démarquer du mode de pensée établi implique l'élaboration de nouvelles lois et politiques, la révision ou le remaniement des

Figure 17.4 : Construction d'une économie circulaire

Une circularité parfaite... L'économie circulaire, au-delà du recyclage

Économie circulaire



Économie linéaire

Source : D'après Stahel (2016) et Potting *et al.* (2017).



modèles d'entreprise dominants, voire leur remplacement par de nouveaux modèles intégrés fondés sur une perspective à plus long terme, l'internalisation des coûts environnementaux et sociaux liés à l'extraction, à la production et à l'élimination, l'adoption de technologies innovantes et une évolution des habitudes de consommation. Le gouvernement des Pays-Bas (2016) décrit les mesures propres à accélérer cette transformation comme suit :

- ❖ Réduire la demande de matières premières en augmentant l'efficacité de leur utilisation dans la chaîne d'approvisionnement ;
- ❖ Lorsque des matières premières sont nécessaires, remplacer les matières fossiles, rares et de production non durable par des matières issues d'une production durable, renouvelables et faciles d'accès ;
- ❖ Développer de nouvelles méthodes de production innovantes et sobres en carbone, ainsi que des méthodes intelligentes pour la conception des produits ;
- ❖ Promouvoir une consommation réfléchie (réutilisation, conception intelligente, durée de vie des produits prolongée par la conception et la réparation, matériaux secondaires et recyclés, économie de partage, etc.).

L'Allemagne, le Danemark, la Finlande et la Slovénie ont également mis au point des stratégies d'économie circulaire, tandis que l'Espagne, la France et l'Italie ont fixé une feuille de route.

L'économie circulaire promeut un modèle de production et de consommation reposant, dans la mesure du possible, sur un processus de restauration et de régénération (Ellen MacArthur Foundation, 2015 ; Smol, Kulczycka et Avdiushchenko, 2017). Elle permet de préserver les produits, les matériaux, les produits chimiques et les ressources en optimisant aussi longtemps que possible leur utilité et leur valeur tout en les maintenant au sein de l'économie (Commission européenne, 2015 ; Stahel, 2016). L'économie circulaire implique donc de réduire les déchets pendant la phase de production, d'assurer la récupération des actifs, notamment à travers l'exploitation des déchets, et de mettre en place des mécanismes de prévention de l'obsolescence au moment de la conception des produits et des systèmes urbains, grâce à une gestion durable des matières (**encadré 17.5**). Elle implique également de s'assurer que les produits et les services fournis utilisent une énergie

et des matières issues de sources renouvelables, et de faire évoluer les modèles économiques en ce sens (Ghisellini, Cialani et Ulgiati, 2015 ; Rizos, Tuokko et Behrens, 2017).

L'économie circulaire préserve les matières premières, dissociant ainsi la croissance économique de l'utilisation des ressources et de ses effets environnementaux, notamment les émissions de carbone. Toutefois, dans certains cas, le découplage de la croissance et des ressources dans un secteur ou un territoire donné peut masquer la persistance d'impacts environnementaux et sociaux dans un autre secteur (voir les détails dans Ward *et al.*, 2017). Ward *et al.* (2017) prennent pour exemple le remplacement d'une ressource non renouvelable par une autre (remplacer les combustibles fossiles par un système énergétique plus propre, mais nécessitant davantage de ressources non renouvelables) et l'externalisation des coûts (importer des biens de consommation à forte intensité de ressources depuis un pays en développement).

17.6.2 Quels éléments du système les politiques visent-elles ?

Des politiques d'appui à la transition vers la circularité sont en cours d'élaboration et de mise en œuvre un peu partout dans le monde, avec des approches diverses. Parmi les tout premiers exemples de ce type, on peut notamment citer la loi sur le cycle des substances et la gestion des déchets, adoptée en Allemagne en 1996 afin de récupérer les matériaux issus des déchets municipaux et de production (Ministère fédéral de l'Environnement, de la Conservation de la nature et de la Sécurité nucléaire, 2011), ainsi que la loi fondamentale pour l'établissement d'une société basée sur le recyclage, adoptée dans le cadre d'une initiative nationale de recyclage au Japon (Environment Agency Japan, 2000). Ces mesures, qui correspondent à ce que l'on appelle les 3R (réduction, réutilisation et recyclage), sont au fondement de la fabrication et de la consommation écologiques (Jawahir et Bradley, 2016). Toutefois, au cours de la dernière décennie, l'accent mis sur le caractère écologique du processus de fabrication s'est étendu à la question de la durabilité – par exemple, à travers les 6R qui, en plus de la réduction, de la réutilisation et du recyclage, comprennent également la récupération (pour un cycle de vie ultérieur), la reconception (pour une prochaine génération de produits) et le réusinage (la restauration « à l'état neuf ») (Jawahir et Bradley, 2016 ; **figure 17.5**).

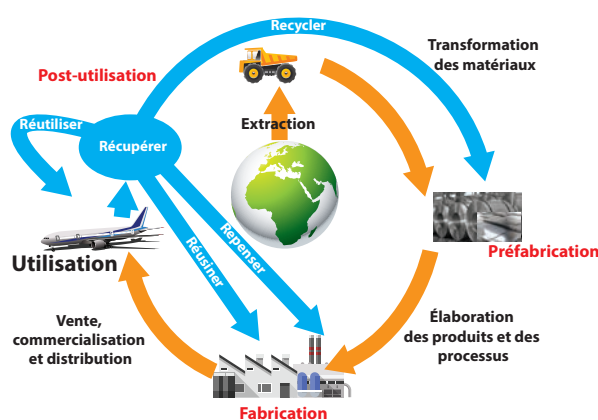


Encadré 17.5 : La gestion durable des matières

La gestion durable des matières est une approche stratégique qui étend le champ d'application de la gestion des déchets à l'ensemble du cycle de vie d'une matière – de son extraction à la fin de sa durée de vie. Elle vise à garantir la disponibilité des produits et des services en préservant les ressources précieuses et en les maintenant indéfiniment en circulation. L'un des principaux objectifs de l'approche de gestion holistique consiste à réduire les impacts d'une ressource sur l'environnement tout au long de son cycle de vie. Les producteurs et les fabricants doivent étendre la durabilité à toute la chaîne de valeur, c'est-à-dire garantir la conformité de tous les fournisseurs aux normes de durabilité, intégrer la durabilité dans le processus de conception, repérer tout impact social et environnemental négatif et y remédier.

La réduction du volume de déchets et l'augmentation du volume de matières récupérées sont des composantes essentielles de la gestion durable des matières (Agence de protection de l'environnement, 2015). Cette dernière favorise l'efficacité des ressources en réduisant au minimum les coûts économiques, environnementaux et sociaux des processus de production, et permet également d'optimiser leur productivité, c'est-à-dire l'efficacité de l'utilisation des ressources naturelles (OCDE, 2012).

Figure 17.5 : Flux de matériaux en circuit fermé comprenant les 6R et les quatre étapes du cycle de vie



Source : Jawahir et Bradley (2016).

**Tableau 17.3 : Exemples de politiques visant à concrétiser les principaux aspects de l'économie circulaire**

Principaux aspects de l'économie circulaire	Exemples de politiques	Exemples de résultats
Concevoir pour l'avenir	Directive européenne sur l'écoconception, qui garantit l'efficacité énergétique de produits tels que les appareils ménagers en fixant des exigences minimales d'efficacité (UE, 2009).	On estime que la directive sur l'écoconception permettra de réduire de 16 % la consommation d'énergie primaire de 35 groupes de produits, comparativement à 2010. D'ici à 2030, par exemple, les principes de l'écoconception devraient permettre aux téléviseurs d'afficher une efficacité énergétique 25 fois supérieure à ce qu'elle était en 1990 (Commission européenne, 2017).
Instruments de marché – fiscalité écologique	Seize États de l'Union européenne ont instauré une taxe sur les matériaux vierges, tels que le sable, le gravier et la roche utilisés dans l'industrie de la construction.	Le Royaume-Uni a instauré une taxe sur les agrégats en 2002. Depuis, la consommation d'agrégats primaires a diminué d'environ 40 % par unité de construction (Ettlinger, 2017).
Intégrer les technologies numériques	La Corée du Sud bénéficie d'un débit Internet parmi les plus rapides au monde et plus de 90 % de sa population dispose d'une connexion. Le gouvernement a soutenu économiquement le développement de l'infrastructure à large bande, subventionné la connectivité et pris des mesures pour stimuler la maîtrise des technologies de l'information (Falch et Henten, 2018).	Le recours à des plateformes de diffusion en continu permet de réduire l'utilisation des ressources et représente un coût 80 % inférieur à la production et à la distribution de disques compacts (Lacy, 2015). En 2017, la Corée du Sud était le sixième marché mondial dans le secteur de la musique. Le pays compte en effet le plus grand nombre d'abonnés à des services payants de diffusion de musique en continu (Fédération internationale de l'industrie phonographique, 2018).
Collaborer	Le conseil municipal de Sydney, en Australie, a adopté une politique de promotion du covoiturage comprenant la création de places de stationnement réservées et la mise en ligne d'une liste des véhicules personnels participant aux programmes de covoiturage (Ville de Sydney, 2016).	GoGet est une société australienne de covoiturage qui exerce ses activités dans les grandes villes. Les membres ont accès à une gamme de véhicules comprenant des voitures et des fourgonnettes (GoGet, https://www.goget.com.au).
Utiliser les déchets comme une ressource	En 1997, le Danemark a adopté une mesure législative interdisant de mettre en décharge des déchets susceptibles d'être recyclés ou incinérés. En 2015, une nouvelle loi instaurait le Programme de développement et de démonstration des technologies environnementales (MUDP), qui comprend un régime de subventions, des partenariats pour l'innovation et une coopération internationale pour la recherche de solutions efficaces aux problèmes environnementaux (Ministère de l'Environnement et de l'Alimentation, s.d.).	Le réseau d'entreprises Kalundborg Symbiosis, au Danemark, a été le premier groupe industriel à développer pleinement la symbiose industrielle. Cette collaboration relie une centrale électrique au charbon, la pisciculture, la production d'engrais et une panoplie d'autres activités manufacturières et industrielles (Kalundborg Symbiosis, 2018).
Repenser le modèle économique	On voit émerger de nouveaux modèles économiques fondés sur des technologies telles que la blockchain (ou chaîne de blocs). L'Estonie, par exemple, a mis en place un programme de résidence électronique qui offre des incitations aux entrepreneurs. La résidence électronique fournit à quiconque en fait la demande une carte d'identité numérique qui lui permet d'accéder aux services électroniques estoniens de création et de gestion d'entreprises en ligne, depuis n'importe quel endroit du monde.	La China Construction Bank Corporation (CCB) utilise la plateforme de blockchain d'IBM pour améliorer les procédures de vente de ses produits d'assurance.
Préserver et prolonger la durée de vie des produits existants	Le droit de réparer : L'UE prépare une législation qui obligera les entreprises à fournir des pièces de rechange et des outils de diagnostic rendant les produits moins chers et plus faciles à réparer (Parlement européen et Commission du marché intérieur et de la protection des consommateurs, 2017).	Inrego, une entreprise suédoise, remet à neuf des équipements électroniques tels que les ordinateurs portables, les ordinateurs personnels, les moniteurs et les téléphones (Réseau européen de reconditionnement, 2018).
Accorder la priorité aux ressources renouvelables	La Norvège a instauré des politiques de soutien aux véhicules électriques à batterie (VEB) : l'exemption de la taxe routière annuelle (2018) ; une réduction de 40 % pour la taxe sur les véhicules de société (2018) ; une réduction de 50 % pour les droits de transport à bord des traversiers (2018) ; une exemption de la taxe de réimmatriculation pour les véhicules d'occasion à émissions zéro (2018) ; la gratuité du stationnement municipal dans de nombreuses villes (Norsk elbilforening, 2018).	En Norvège, des programmes d'incitation à l'utilisation de VEB ont été lancés au début des années 1990. Sur ce plan, la Norvège, se classe actuellement au premier rang mondial, avec une part de marché des VEB atteignant 21 % (en Australie, où les incitations sont limitées, la part de marché des VEB n'est que de 0,2 % [ClimateWorks Australia, 2018]).

En 2002, la Chine a adopté l'économie circulaire comme stratégie de développement, avant son entrée en vigueur au plan juridique en 2009 avec la loi sur la promotion de l'économie circulaire (Congrès national du peuple, 2008). La Commission européenne a publié sa *Feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources* en 2011, puis l'a remplacée en 2015 par *Boucler*

la boucle – *Un plan d'action de l'Union européenne en faveur de l'économie circulaire* (McDowall *et al.*, 2017). L'Europe et la Chine se sont toutes deux inscrites dans la continuité de travaux de recherche et de réflexions stratégiques antérieurs relatifs à la gestion des déchets et menés aux États-Unis, au Japon et en Europe.



Encadré 17.6 : Étude de cas – La Fondation Ellen MacArthur : une boîte à outils à l'intention des décideurs pour la concrétisation des principes de l'économie circulaire

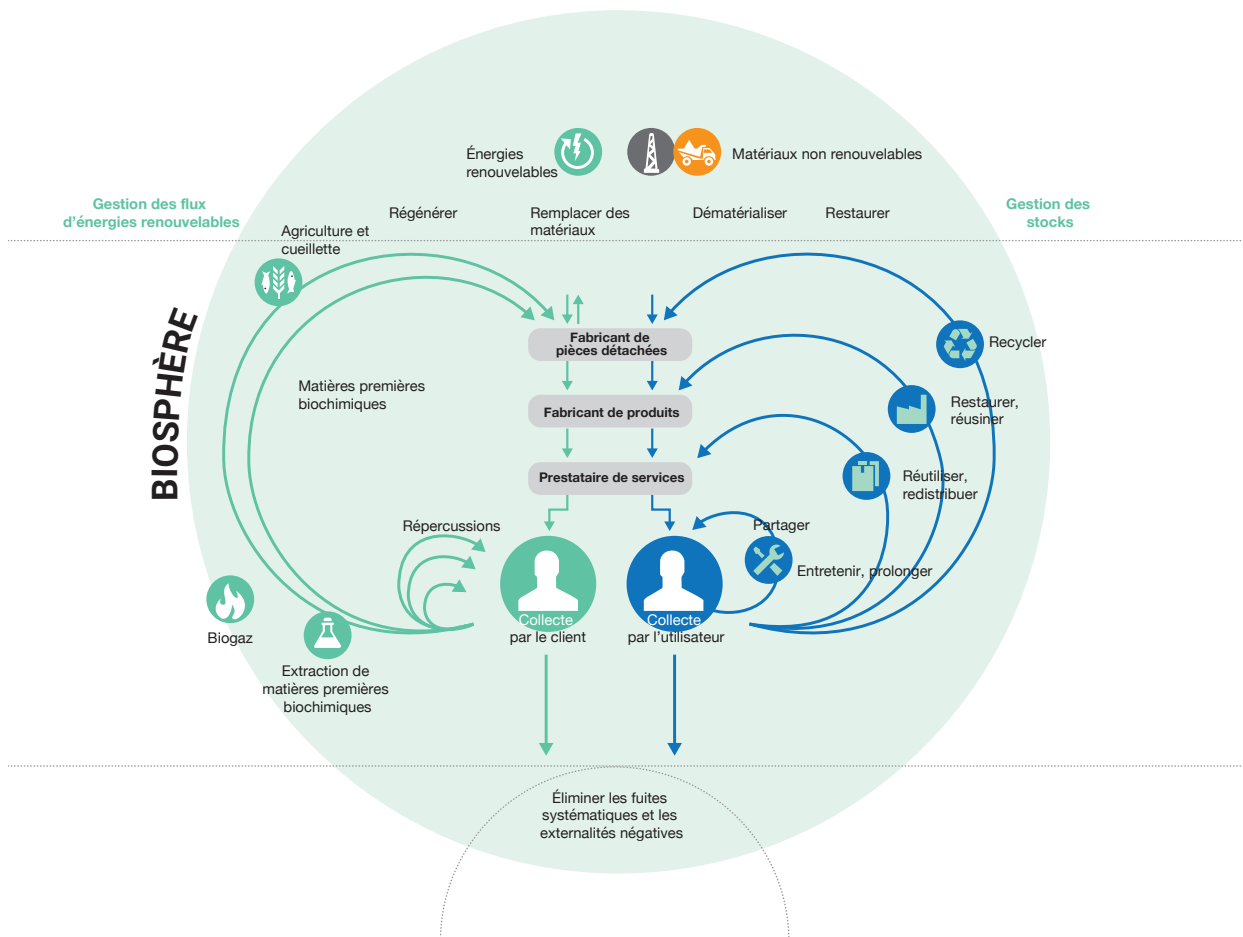


La Fondation Ellen MacArthur, une organisation non gouvernementale établie au Royaume-Uni, est l'un des principaux organes promoteurs de l'économie circulaire et finance des programmes de recherche et d'éducation de grande envergure. En 2015, elle s'est associée à l'Autorité danoise des affaires pour élaborer une boîte à outils à l'intention des décideurs (Fondation Ellen MacArthur, 2015). L'élaboration de ces instruments et les études pilotes qui ont suivi ont permis aux auteurs d'identifier sept points essentiels illustrant les avantages économiques, environnementaux et sociaux auxquels pourrait donner lieu la transition vers une économie circulaire.

- ❖ L'économie circulaire favorise l'innovation, la résilience et la productivité, ce qui se traduit par une croissance du produit intérieur brut et de l'emploi, et par une réduction des émissions de GES et de la consommation de ressources vierges non renouvelables.
- ❖ Les décideurs peuvent lever les obstacles non financiers qui mettent en péril l'économie circulaire.
- ❖ Aucune solution globale ne permet de mettre en place une économie circulaire ; des analyses sectorielles et des politiques adaptées à chaque secteur sont nécessaires.
- ❖ Une refonte des systèmes financiers et des instruments de mesure de la performance économique (qui excluent actuellement les externalités telles que les dommages environnementaux ou les bouleversements sociaux) mettra en évidence la valeur réelle de la transition vers une économie circulaire et le coût réel du statu quo.
- ❖ Les entreprises doivent montrer la voie en s'ouvrant aux possibilités qu'offre l'économie circulaire.
- ❖ Les pays développés déjà engagés dans un processus de transition vers une économie circulaire peuvent accélérer cette évolution en œuvrant au déploiement de conditions favorables dans tous les secteurs.

Une coordination internationale des politiques est nécessaire lorsque les chaînes de valeur s'étendent au-delà des frontières. L'environnement politique s'élargit à mesure que des États et des parties prenantes telles que la Fondation Ellen MacArthur s'impliquent auprès des commerces et des industries pour promouvoir leur transition vers l'économie circulaire (voir la **figure 17.6**).

Figure 17.6 : Représentation schématique d'une économie circulaire



Source : Adapté de Circular Norway (s.d.).



17.6.3 Quelles mesures ont été prises jusqu'ici et quelle a été leur efficacité ?

De nombreux gouvernements ont mis en place des politiques et des règlements relatifs à certains aspects de l'économie circulaire. Les politiques de soutien à l'économie circulaire peuvent se concentrer sur un ou plusieurs éléments du processus « extraction-fabrication-déchet ». Le plus souvent, elles abordent la question des déchets sous l'angle du recyclage et de la récupération des ressources, mais des progrès peuvent encore être réalisés au niveau des étapes initiales telles que la conception et la fabrication des produits. Par exemple, les produits conçus selon les principes de l'écoconception nécessitent moins de matériaux et durent plus longtemps. On peut les réusiner ou les réparer, les fabriquer à partir de matières non toxiques et faciliter leur recyclage.

Les politiques d'écoconception doivent également tenir compte de la nécessité d'une bonne planification afin d'éviter d'éventuels effets néfastes sur la santé, l'égalité des sexes et le développement (par exemple, l'exposition des femmes et des enfants à des produits toxiques lors du recyclage des déchets électroniques). Environ 15 millions de personnes sont impliquées dans le recyclage informel des déchets de plastique, de verre, de métal et de papier, des activités qui présentent à la fois un risque pour l'environnement et pour les personnes qui effectuent ces tâches (Yang *et al.*, 2018). Les personnes responsables de la récupération des ressources, en particulier les collecteurs de déchets électroniques dans les pays en développement, risquent de voir leur santé professionnelle et environnementale considérablement menacée (Velis, 2017). Parmi les catégories de population vulnérables travaillant dans ce secteur informel, on peut notamment citer les femmes et les enfants, qui sont exposés à des produits chimiques dangereux et à des métaux lourds (Heacock *et al.*, 2016), et font l'objet de mesures insuffisantes ou inexistantes en matière de prévention et de traitement (Han *et al.*, 2018).

Pour faciliter la transition d'une approche fondée sur la gestion des déchets vers l'obtention de résultats plus durables sur le plan environnemental, les politiques peuvent également mettre l'accent sur le changement de comportement. Souvent élaborées à partir d'initiatives locales, ces politiques visent à limiter la production de déchets et à accroître la récupération des matériaux (Silva *et al.*, 2017).

L'Europe a mis en place des politiques de mise en œuvre de l'économie circulaire, alors que dans d'autres domaines, cela s'est fait à un niveau national ou infranational. Par ailleurs, certaines initiatives stratégiques internationales s'alignent sur l'approche de l'économie circulaire ou favorisent son déploiement, en particulier en matière de réduction des déchets (par exemple, les conventions de Bâle et de Stockholm). La nouvelle approche fondée sur la chimie verte (ou durable) vise à développer des solutions alternatives permettant d'éliminer ou, au minimum, de réduire

significativement le recours à des produits chimiques dangereux et, à terme, leur présence dans l'environnement (Weber, Lissner et Fantke, 2016). Concernant les produits chimiques, l'économie circulaire doit relever le défi de l'augmentation du recyclage et de la réutilisation tout en évitant d'exposer les consommateurs aux substances préoccupantes que peuvent contenir les produits et qui pourraient finir dans les déchets (Commission européenne, 2015). Pour les substances et métaux toxiques tels que les polluants organiques persistants (POP) et le mercure, l'élimination définitive peut s'avérer une meilleure solution que le recyclage et la réutilisation.

17.6.4 Quel est le potentiel de transformation des approches stratégiques examinées ?

La transition vers une économie circulaire est nécessaire à la réalisation des ODD. Les ressources naturelles ne suffisent pas à soutenir l'expansion continue d'une économie mondiale fondée sur un modèle économique linéaire. L'économie circulaire offre des solutions pour faire face aux contraintes fondamentales en matière de ressources, mais aussi pour créer un système économique plus juste et plus inclusif (Raworth, 2012). Les politiques d'économie circulaire ont donc un potentiel transformateur important face aux défis stratégiques transversaux.

17.6.5 Les indicateurs

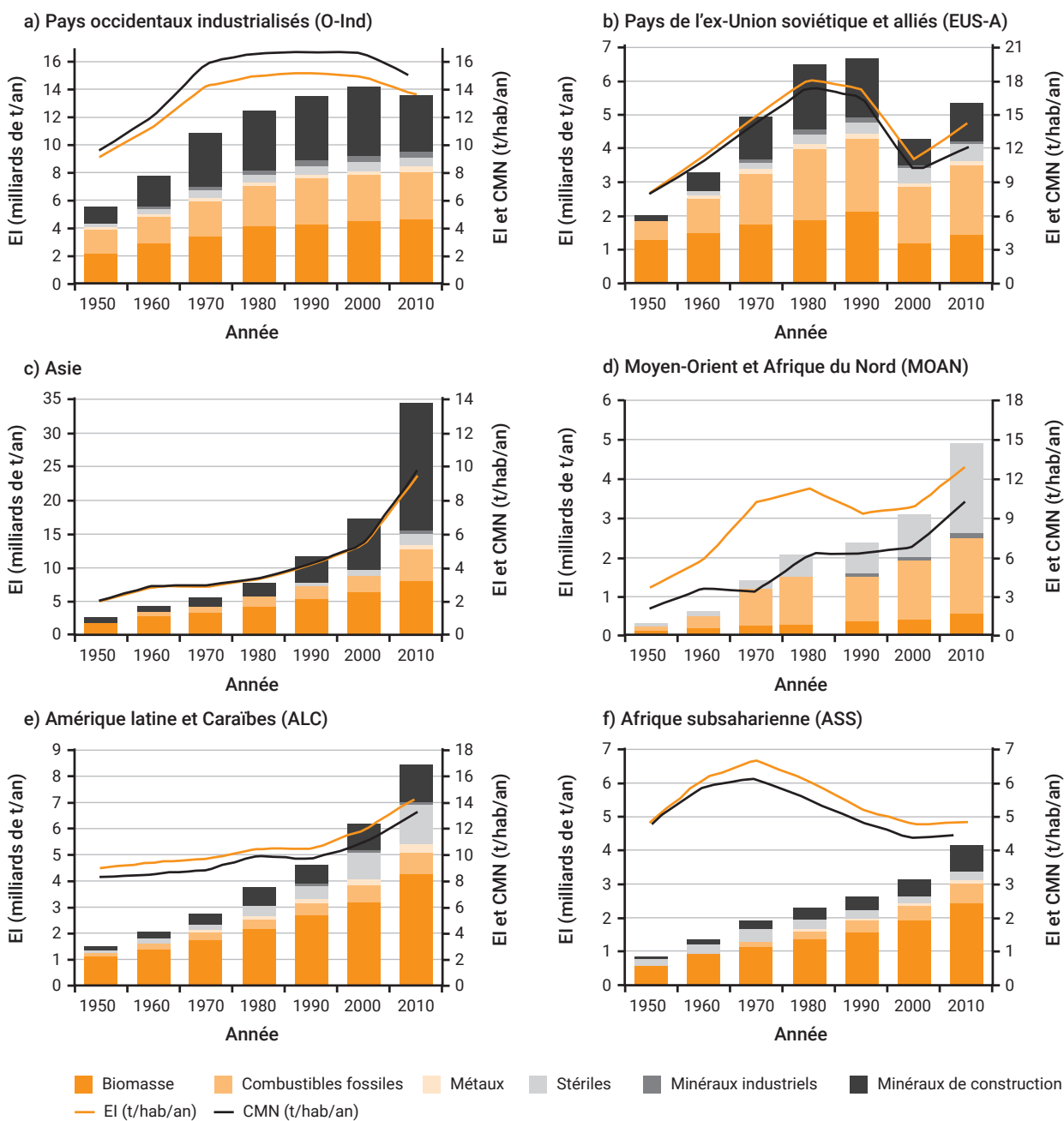
Aucun indicateur exhaustif ne permet de mesurer les progrès de l'économie circulaire. Toutefois, il existe plusieurs indicateurs de performance dans des domaines qui contribuent directement ou indirectement à l'implantation d'un système économique circulaire. La gestion durable des ressources, les comportements sociétaux, les activités commerciales, la comptabilité ou l'analyse des flux de matériaux font partie des outils de mesure proposés (Geng *et al.*, 2012 ; Wiedmann *et al.*, 2015 ; Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2016). En tenant compte des liens avec les ODD, nous retenons deux indicateurs de circularité pertinents sur le plan politique.

Indicateur 1 : Consommation matérielle nationale (indicateurs 8.4.1, 8.4.2 et 12.2.2 des ODD)

La consommation matérielle nationale (CMN) mesure la consommation de matières premières dans une économie nationale donnée, qu'elles soient d'origine locale ou importées. Cet indicateur permet de comparer la consommation de matières par habitant des régions et des États au fil du temps. La CMN peut également servir à estimer la quantité de déchets produits dans une région donnée. L'extraction intérieure (EI) désigne la quantité de matières extraites sur un territoire donné. La CMN est supérieure à l'EI dans les pays importateurs nets de matières et inférieure à l'EI dans les pays exportateurs nets de matières (figure 17.7).



Figure 17.7 : Extraction intérieure et consommation matérielle nationale



Cette figure présente des données relatives à l'extraction, au commerce et à la consommation apparente de matières premières pour six régions, en gigatonnes par an (milliards de t/an) et en tonnes par habitant et par an (t/hab/an). EI : extraction intérieure ; CMN : consommation matérielle nationale.

Source : Schaffartzik et al. (2014).



Indicateur 2 : Comportement sociétal (indicateurs 12.2.1 et 12.2.2 des ODD)

Le développement d'une économie circulaire suppose également une évolution dans les habitudes de consommation des individus et le recours à des produits et à des services permettant de préserver les ressources. Le partage des ressources, une stratégie commune à de nombreuses économies de subsistance, est de plus en plus adopté à travers le monde. Le partage de produits coûteux ou peu utilisés tels que les véhicules, les vélos, les maisons de vacances, le matériel de camping et d'autres équipements de loisirs peut être planifié de manière plus ou moins formelle au sein des communautés (figure 17.8).

17.7 Conclusions

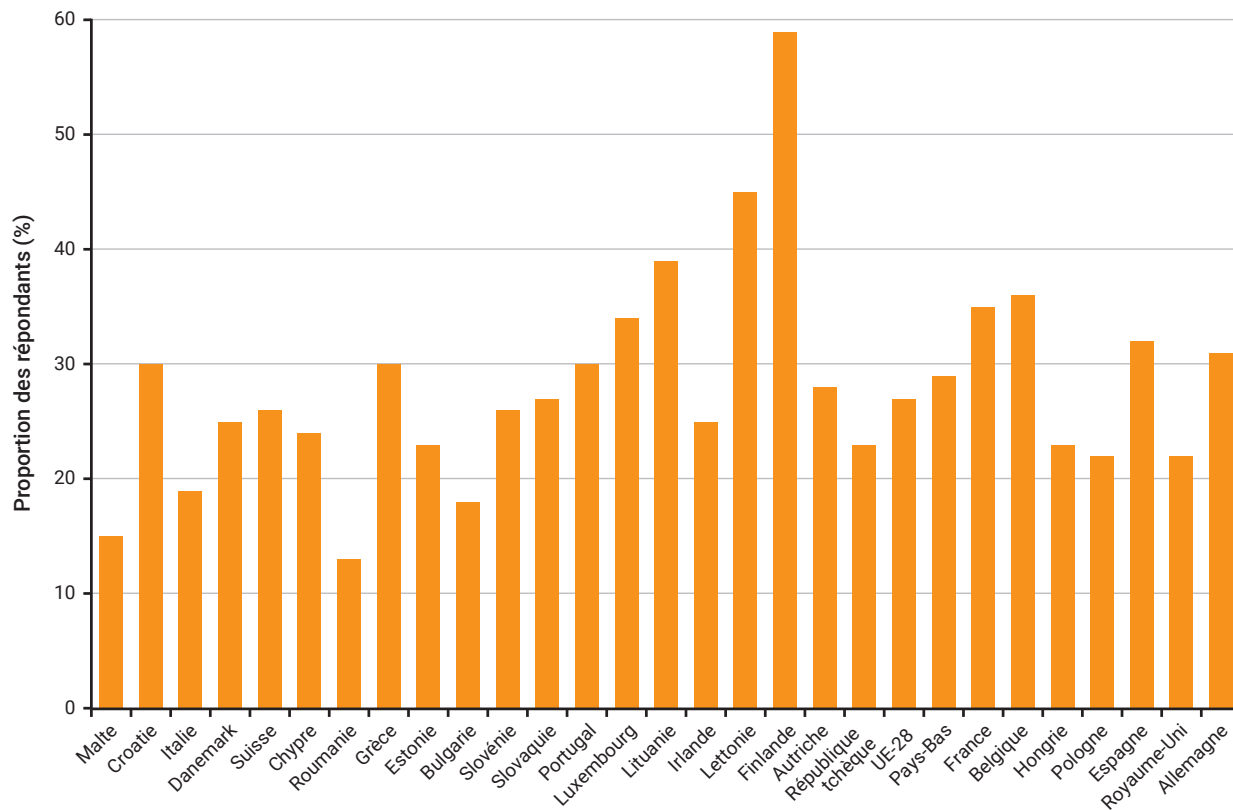
Les interactions entre les différents ODD illustrent bien la nature transversale des enjeux relatifs à la durabilité (Nilsson, Griggs et Visbeck, 2016 ; Biermann, Kanie et Kim 2017 ; Conseil international pour la science, 2017). La réalisation d'un objectif ou d'une cible spécifique ne garantit pas la réalisation des autres ODD, de même que certains objectifs du Millénaire pour le développement ont été réalisés dans certaines régions du monde, mais pas dans d'autres (Boas, Biermann et Kanie, 2016 ; Kim, 2016 ; Underdal et Kim, 2017 ; Young, 2017). Cette leçon n'est pas nouvelle, mais le virage tant attendu au profit d'approches stratégiques systémiques commence à se produire. Certains vont même jusqu'à affirmer que « le problème [environnemental] le plus important est l'attention malavisée que nous portons à l'identification du problème le plus important » (Diamond, 2005). L'approche systémique de l'élaboration et de la mise en œuvre des politiques environnementales, dont il est question dans le présent chapitre, peut répondre à de multiples objectifs mondiaux. Désormais, elle

n'est plus une option, mais bien la seule façon d'accélérer la transformation de la société pour parvenir à une durabilité mondiale.

Dans ce chapitre, nous avons mis en évidence les liens complexes qui unissent les différents enjeux de durabilité et la façon dont ils offrent à la fois des défis et des perspectives. Il s'agit tout d'abord d'un défi dans la mesure où les questions transversales sont difficiles à traiter de manière individuelle, progressive et cloisonnée. Comme l'indiquent les conclusions des chapitres thématiques de la partie B (chapitres 12 à 16), de nombreuses politiques et mesures environnementales bien intentionnées ont obtenu un succès mitigé. Elles produisent des améliorations visibles, mais à un rythme ou à une échelle insuffisants. De nouveaux problèmes de durabilité plus complexes ont émergé, souvent en raison d'interactions imprévues entre les problèmes existants. Certains résultats involontaires de l'interaction entre différentes forces motrices mondiales deviennent à leur tour les forces motrices d'autres résultats peu satisfaisants (Walker et al., 2009).

Néanmoins, comme l'ont montré les analyses proposées dans le présent chapitre, il existe bel et bien des approches stratégiques systémiques présentant un potentiel de transformation. À condition d'identifier les principaux points d'appui d'un système donné et de mettre en œuvre des interventions stratégiques adaptées (Meadows, 2008), le changement transformateur peut favoriser l'innovation et produire des effets positifs nets. Même les interventions à petite échelle peuvent permettre de poser les bases d'un changement systémique plus important, nécessaire à la réalisation des ODD. Dans ce chapitre, nous avons choisi

Figure 17.8 : Participation des citoyens au partage : proportion des répondants à l'enquête de 2013 ayant participé à un programme de partage officiel ou informel au cours des 12 mois précédents



Source : Flash Eurobarometer 388 (2013).

quatre systèmes socio-économiques illustrant le potentiel transformateur de l'approche systémique en matière de politique environnementale.

La compréhension et l'analyse des systèmes environnementaux, sociaux et économiques doivent prendre en compte leur complexité. Une bonne appréhension des systèmes est un préalable à l'identification des points d'appui, c'est-à-dire des éléments permettant de poser les bases d'un changement systémique. Bien qu'il n'existe pas de politique miracle (Ostrom, 2007), on peut envisager le déploiement de plusieurs ensembles de politiques, et un certain degré de redondance peut servir de filet de sécurité stratégique (Low *et al.*, 2003). Il est très difficile de prédire si une politique permettra de résoudre efficacement une question transversale sans produire d'effets indésirables trop importants. L'attention portée à une composante spécifique d'une question transversale risque de déplacer les problèmes environnementaux

existants – sous la forme d'un glissement tranfrontalier ou transsectoriel, d'effets néfastes ou de dommages collatéraux (Kim et van Asselt, 2016). Il convient donc de mettre en œuvre des approches de gouvernance ou de gestion adaptatives fondées sur l'expérimentation (Hoffmann, 2011) afin d'en tirer des enseignements, plutôt que de prétendre « réinventer la roue ».

En matière de politique environnementale, une réponse efficace aux défis transversaux exige un effort de coopération et de collaboration entre un grand nombre d'acteurs et d'institutions issus de tous les domaines, secteurs, niveaux et juridictions. Pour être en mesure de concilier dignité humaine et durabilité environnementale avant la fin du siècle, il convient d'adopter une approche systémique globale susceptible d'entraîner une innovation technologique rapide et de modifier nos paradigmes économiques et culturels.





Références

- Adger, W.N., Arnell, N.W. et Tompkins, E.L. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change* 15(2), 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005>.
- Agence de protection de l'environnement (États-Unis) (2015). *Fiscal Year 2017-2022: U.S. EPA Sustainable Materials Management Program Strategic Plan*. Washington. https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/smm_strategic_plan_october_2015.pdf.
- Agence internationale de l'énergie (2017). *Energy Technology Perspectives*. Paris. <http://www.iea.org/etp/>.
- Agence internationale de l'énergie (2018). *United Kingdom: Indicators for 2015*. Paris.
- Agence internationale pour les énergies renouvelables (2016). *Renewable Energy and the UN Sustainable Development Goals (SDGs)*. IRENA – Douzième réunion du Conseil. Abu Dhabi. http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/About/IRENA/Council/Twelfth-Council/C_12_DN_4_RE_and-SDGs.pdf.
- Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Finnigan, J., Moran, D. et Rounsevell, M.D.A. (2017). Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agricultural Systems* 153, 190-200. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.014>.
- Anderson, A. (2013). *Learning to Be Resilient: Global Citizens for a Sustainable World*. Document commandé pour le Rapport mondial de suivi sur l'EPT 2013/2014, Enseigner et apprendre : atteindre la qualité pour tous. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002259/225940e.pdf>.
- Asian Development Bank (2012). *Addressing Climate Change and Migration in Asia and the Pacific*. Manille. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/29662/addressing-climate-change-migration.pdf>.
- Ayres, R.U. (1994). *Industrial metabolism: theory and policy*. Dans Allenby, B.R. et Richards, D.J. (dir.). *The Greening of Industrial Ecosystems*. Washington : National Academy Press. 23-37. <https://www.nap.edu/read/2129/chapter/4>.
- Bailey, R. et Harper, D.R. (2015). *Reviewing Interventions for Healthy and Sustainable Diets*. Londres : Institut royal des affaires internationales. <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/field/document/20150529HealthySustainableDietsBaileyHarperFinal.pdf>.
- Banque mondiale (2013). Which coastal cities are at highest risk of damaging floods? New study crunches the numbers. <http://www.worldbank.org/en/news/feature/2013/08/19/coastal-cities-at-highest-risk-floods>.
- Banque mondiale (2018) Climate and disaster risk screening tools. <https://climatescreeningtools.worldbank.org/> (consulté le 22 octobre 2018).
- Benton, T.G. (2012). Managing agricultural landscapes for production of multiple services: The policy challenge. *International Agricultural Policy* 1, 7-17. <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/130373/2/Benton.pdf>.
- Benton, T.G. et Bailey, R. (2019). The paradox of productivity: Agricultural productivity promotes food system inefficiency. *Global Sustainability* 2(6). <https://doi.org/10.1017/sus.2019.3>.
- Biermann, F. (2014). *Earth System Governance: World Politics in the Anthropocene*. Cambridge : MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/earth-system-governance>.
- Biermann, F., Kanie, N. et Kim, R.E. (2017). Global governance by goal-setting: The novel approach of the UN Sustainable Development Goals. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27, 26-31. <https://doi.org/10.1016/j.coesust.2017.01.010>.
- Blum, N., Nazir, J., Breiting, S., Goh, K.C. et Pedretti, E. (2013). Balancing the tensions and meeting the conceptual challenges of education for sustainable development and climate change. *Environmental Education Research* 19(2), 206-217. <https://doi.org/10.1080/13504622.2013.780588>.
- Boas, I., Biermann, F. et Kanie, N. (2016). Cross-sectoral strategies in global sustainability governance: Towards a nexus approach. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 16(3), 449-464. <https://doi.org/10.1007/s10784-016-9321-1>.
- Brunner, R.D. et Lynch, A.H. (2010). *Adaptive Governance and Climate Change*. Chicago : University of Chicago Press. <https://www.press.uchicago.edu/ucp/books/book/distributed/A/bo8917780.html>.
- Brunner, R.D., Steelman, T.A., Coe-Juett, L., Cromley, C.M., Edwards, C.M. et Tucker, D.W. (2005). *Adaptive Governance: Integrating Science, Policy, and Decision Making*. New York : Columbia University Press. <https://cup.columbia.edu/book/adaptive-governance/9780231136259>.
- Buchner, B.K., Oliver, P., Wang, X., Carswell, C., Meattle, C. et Mazza, F. (2017). *Global Landscape of Climate Finance 2017*. Initiative sur la politique climatique. <https://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2017/10/2017-Global-Landscape-of-Climate-Finance.pdf>.
- Buckwell, A., Matthews, A., Baldock, D. et Mathijs, E. (2017). *Cap – Thinking out of the Box: Further Modernisation of the Cap – Why, What and How?* RISE Foundation. <https://rijas.kuleuven.be/1742627?limo=0>.
- Burch, S., Mitchell, C., Berbes-Blazquez, M. et Wandel, J. (2017). Tipping toward transformation: Progress, patterns and potential for climate change adaptation in the global South. *Journal of Extreme Events* 4(1). <https://doi.org/10.1142/S2345737617500038>.
- Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. https://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf.
- Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe (2017). *Disaster-Related Data for Sustainable Development: Sendai Framework Data Readiness Review 2017*. *Global Summary Report*. https://www.unisdr.org/files/53080_entryvpaepaglobalsummaryreportdisa.pdf.
- Central Committee for Flood and Storm Control (Vietnam) (2012). *Living with Floods Program*. Hanoi : Central Committee for Flood and Storm Control.
- Centre de suivi des déplacements internes et Conseil norvégien pour les réfugiés (2017). *Global Report on Internal Displacement*. Genève. <http://www.internal-displacement.org/global-report/grd2017/pdfs/2017-GRID.pdf>.
- Chaffin, B.C., Gosnell, H. et Cosens, B.A. (2014). A decade of adaptive governance scholarship: Synthesis and future directions. *Ecology and Society* 19(3). <https://dx.doi.org/10.5751/ES-06824-190356>.
- Chun, J.M. (2015). *Planned Relocations in the Mekong Delta: A Successful Model for Climate Change Adaptation, A Cautionary Tale, or Both?* Washington : Brookings Institution. <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/Brookings-Planned-Relocations-Case-Study-Jane-Chun-Vietnam-case-study-June-2015.pdf>.
- Chunekar, A., Mulay, S. et Kelkar, M. (2014). *Understanding the Impacts of India's LED Bulb Programme, « UJALA »*. Kohrud : Prayas Energy Group. <https://shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2017/10/UJALA-Low-res.pdf>.
- Circular Norway (s.d.). *Outlines of a circular economy*. <https://www.circularnorway.no/modeller/outlines-of-a-circular-economy> (consulté le 19 octobre 2018).
- ClimateWorks Australia (2018). *Australia's Electric Vehicle Industry Gains Momentum: Report*. Sydney : Electric Vehicle Council. <http://electricvehiclecouncil.com.au/australias-electric-vehicle-industry-gains-momentum-report/>.
- Commission économique et sociale des Nations Unies pour l'Asie et le Pacifique, Banque asiatique de développement et Programme des Nations Unies pour le développement (2018). *Transformation towards Sustainable and Resilient Societies in Asia and the Pacific*. Bangkok. https://www.unescap.org/sites/default/files/publications/SDG_Resilience_Report.pdf.
- Commission européenne (2011). *Règlement du Parlement européen et du Conseil établissant les règles relatives aux paiements directs en faveur des agriculteurs au titre des régimes de soutien relevant de la politique agricole commune*. Bruxelles. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011PC0625&from=EN>.
- Commission européenne (2013). *Societal Behaviours*. Environnement : Plan d'action en faveur de l'éco-innovation. https://ec.europa.eu/environment/ecoap/norde/1552_fr.
- Commission européenne (2015). *Boucler la boucle : un plan d'action de l'Union européenne en faveur de l'économie circulaire*. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions. COM(2015) 614 Final. Bruxelles. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52015DC0614&from=FR>.
- Commission européenne (2016). *Review of Greening after One Year*. Bruxelles. <https://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/public/resources/other/pan-workshop-2.pdf>.
- Commission européenne (2017). *Ecodesign Impact Accounting*. Status Report 2017. Préparé par Van Holsteijn en Kemna B.V. (VHK) for our la Commission européenne. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/eia_status_report_2017_-_v20171222.pdf.
- Congrès national du peuple (Chine) (2008). *Circular Economy Promotion Law of the People's Republic of China*. Adopté lors de la 4^e réunion du Comité permanent du 11^e Congrès national du peuple. Beijing. http://www.fdi.gov.cn/1800000121_39_597_0_7.html.
- Conseil international pour la science (2017). *A Guide to SDG Interactions: From Science to Implementation*. Paris. <https://council.science/cms/2017/05/SDGs-Guide-to-Interactions.pdf>.
- Crimmins, A., Balbus, J., Gamble, J.L., Beard, C.B., Bell, J.E., Dodgen, D. et al. (2016). *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. Washington : Programme de recherche sur le changement mondial. https://s3.amazonaws.com/climatehealth2016/high/ClimateHealth2016_FullReport.pdf.
- Cutter, S.L., Boruff, B.J. et Shirley, W.L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly* 84(2), 242-261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>.
- Dankelman, I. (2016). *Action Not Words: Confronting Gender Inequality through Climate Change Action and Disaster Risk Reduction in Asia*. Aipira, C., Kidd, A., Reggers, A., Fordham, M., Shreve, C. et Burnett, A. (dir.). Bangkok : ONU Femmes. http://www2.unwomen.org/-/media/field%20office%20easia/docs/publications/2017/04/ccdr_130317-s.pdf.
- Davis, I. (dir.) (2015). *Disaster Risk Management in Asia and the Pacific*. New York : Routledge. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/159311/adbi-disaster-risk-management-asia-pacific.pdf>.
- de Blas, D.E., Kettunen, M., Russi, D., Illes, A., Lara-Pulido, J.A., Arias, C. et Guevara, A. (2017). Innovative mechanisms for financing biodiversity conservation: A comparative summary of experiences from Mexico and Europe. Paris : La Recherche agronomique pour le développement (CIRAD). https://jeep.eu/uploads/articles/attachments/76fa5531-8333-4464-83bc-ef6b0317c777/IFMs_for_biodiversity_SYNTHESIS_Ezzine_de_Blas_et_al_2017.pdf.
- Diamond, J. (2005). *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York : Penguin. <https://pdfs.semanticscholar.org/8f2e/4df7d90c9744cef12c967a875589673d088.pdf>.
- Djalante, R., Holley, C. et Thomalla, F. (2011). Adaptive governance and managing resilience to natural hazards. *International Journal of Disaster Risk Science* 2(4), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s13753-011-0015-6>.
- Doyon, A. (2018). *Niches: Small-scale interventions or radical innovations to build up internal momentum*. Dans Hes, D. et Bush, J. (dir.). *Enabling Eco-Cities*. Singapour : Palgrave Pivot. Chapitre 10. 65-87. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-7320-5_5.
- Dryzek, J.S. (2014). Institutions for the Anthropocene: Governance in a changing Earth system. *British Journal of Political Science* 46(4), 937-956. <https://doi.org/10.1017/S0007123414000453>.
- Ellen MacArthur Foundation (2015). *Delivering the Circular Economy: A Toolkit for Policymakers*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/delivering-the-circular-economy-a-toolkit-for-policymakers>.
- Energy Efficiency Services Limited et Agence internationale de l'énergie (2016). *India's UJALA Story: Energy Efficient Prosperity*. Noida, Uttar Pradesh et New Delhi : EESL. https://www.eeslindia.org/img/ujala/pdf/UJALA_Case_Studies_1.pdf.
- Entzinger, H. et Scholten, P. (2016). *Adapting to Climate Change through Migration: A Case Study of the Vietnamese Mekong River Delta*. Genève : Organisation internationale pour les migrations. https://publications.iom.int/system/files/vietnam_survey_report_0.pdf.
- Environment Agency Japan (2000). *The Basic Law for Establishing the Recycling-Based Society*. <http://www.env.go.jp/recycle/low-e.html>.
- ET Energy World (2017). *Eveready Industries turns to Ujala for its LED vertical*. *ET Energy World from the Economic Times*. <https://energy.economictimes.com/news/power/eveready-industries-turns-to-ujala-for-its-led-vertical/60060082>.
- Ettlinger, S. (2017). *Aggregates Levy in the United Kingdom*. Institut pour la politique environnementale européenne. <https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/5337d500-9960-473f-8a90-3c59c5c81917/UK%20Aggregates%20levy%20final.pdf>.
- Falch, M. et Henten, A. (2018). Dimensions of broadband policies and developments. *Telecommunications Policy* 42(9), 715-725. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2017.11.004>.
- Fédération internationale de l'industrie phonographique (2018). *Global Music Report 2018: Annual State of the Industry*. Londres. <https://www.ifpi.org/ifpi-global-music-report-2018/>.
- Fédération internationale des sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge (s.d.) *Vulnerability and Capacity Assessment (VCA)*. <https://www.ifrc.org/vca>.
- Fischer, C.G. et Garnett, T. (2016). *Plates, Pyramids and Planets. Developments in National Healthy and Sustainable Dietary Guidelines: A State of Play Assessment*. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/3/a/i5640e.pdf>.
- Fischer, D. et Barth, M. (2014). Key competencies for and beyond sustainable consumption: An educational contribution to the debate. *GAI A – Ecological Perspectives for Science and Society* 23(1), 193-200. <https://doi.org/10.14512/gaia.23.S1.7>.



Flash Eurobarometer 388 (2013). *Attitudes of Europeans towards Waste Management and Resource Efficiency*. http://ec.europa.eu/comfrontoffice/publicopinion/flash/fl_388_en.pdf.

Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16(3), 253-267. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378006000379>.

Fuenfschilling, L. et Truffer, B. (2014). The structuration of socio-technical regimes: Conceptual foundations from institutional theory. *Research Policy* 43(4), 772-791. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.10.010>.

Garnaut, R. (2008). *The Garnaut Climate Change Review: Final Report*. Cambridge : Cambridge University Press. <https://trove.nla.gov.au/work/3576521?selectedversion=NBD43604049>.

Garnett, T. (2012). *Climate Change and Agriculture: Can Market Governance Mechanisms Reduce Emissions from the Food System Fairly and Effectively?* Londres : Institut international pour l'environnement et le développement. <http://pubs.iied.org/pdfs/16512IIED.pdf>.

Garnett, T., Mathewson, S., Angelides, P. et Borthwick, F. (2015). *Policies and Actions to Shift Eating Patterns: What Works? A Review of the Evidence of the Effectiveness of Interventions Aimed at Shifting Diets in More Sustainable and Healthy Directions*. Oxford : Réseau de recherche sur le climat alimentaire. https://www.fcrr.org.uk/sites/default/files/fcrn_chatham_house_0.pdf.

Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J. et Xue, B. (2012). Towards a national circular economy indicator system in China: An evaluation and critical analysis. *Journal of Cleaner Production* 23(1), 216-224. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.005>.

Ghisellini P., Cialani, C. et Ulgiati, C. (2015). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production* 114, 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.

Gocht, A., Ciaian, P., Bielza, M., Terres, J.-M., Röder, N., Himics, M. et al. (2016). *Economic and Environmental Impacts of CAP Greening: CAPRI Simulation Results*. Bruxelles : Commission européenne. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC102519/jrc%20report_cap%20greening-capri%20v12.pdf.

Gouvernement des Pays-Bas (2016). *A Circular Economy in the Netherlands by 2050: Government-wide Programme for a Circular Economy*. https://www.government.nl/binaries/government/documents/policy-notes/2016/09/14/a-circular-economy-in-the-netherlands-by-2050/17037+circulaire+economie_EN.PDF.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2014). *Changements climatiques 2014 : rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Pachauri, R.K. et Meyer, L.A. (dir.). Genève. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf.

Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R.J. et Corfee-Morlot, J. (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change* 3, 802-806. <https://doi.org/10.1038/nclimate1979>.

Han, W., Gao, G., Geng, J., Li, Y. et Wang, Y. (2018). Ecological and health risks assessment and spatial distribution of residual heavy metals in the soil of an e-waste circular economy park in Tianjin, China. *Chemosphere* 197, 325-335. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.043>.

Hart, K., Buckwell, A. et Baldock, D. (2016). *Learning the Lessons of the Greening of the CAP*. Bruxelles : Institut pour la politique européenne de l'environnement. <https://www.nature.scot/sites/default/files/2017-06/A1943384.pdf>.

Hay, J.E. (2009). *Assessment of Implementation of the Pacific Islands Framework for Action on Climate Change (PIFACC)*. Apia : Secrétariat de l'environnement régional du Pacifique. https://www.sprep.org/climate_change/PYCC/documents/HayReport_to_PCCR_2009.pdf.

Heacock, M., Kelly, C.B., Asante, K.A., Birbaum, L.S., Bergman, A.L., Bruné, M.-N. et al. (2015). E-waste and harm to vulnerable populations: A growing global problem. *Environmental Health Perspectives* 124(5), 550-555. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1509699>.

Hinkel, J., Brown, S., Exner, L., Nicholls, R.J., Vafeidis, A.T. et Kebede, A.S. (2012). Sea-level rise impacts on Africa and the effects of mitigation and adaptation: An application of DIVA. *Regional Environmental Change* 12(1), 207-224. <https://doi.org/10.1007/s10113-011-0249-2>.

Hoffmann, M.J. (2011). *Climate Governance at the Crossroads: Experimenting with a Global Response after Kyoto*. Oxford : Oxford University Press. <https://oxford.universitypressscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780195390087.001.0001/acprof-9780195390087>.

Huitema, D., Adger, W.N., Berkhout, F., Massey, E., Mazmanian, D., Munaretto, S. et al. (2016). The governance of adaptation: Choices, reasons, and effects. Introduction to the Special Feature. *Ecology and Society* 21(3). <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08797-210337>.

Illes, A., Russi, D., Kettunen, M. et Robertson M. (2017). *Innovative Mechanisms for Financing Biodiversity Conservation: Experiences from Europe*. Final Report in the Context of the Project « Innovative Financing Mechanisms for Biodiversity in Mexico / N°2015/368378 ». Londres : Institut pour la politique environnementale européenne (IEEP). https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/dcc74b53-6750-4cdd-99b9-dc9e9d659dd4/IFMs_for_biodiversity_EUROPE_Illes_et_al_2017.pdf.

Jawahir, I.S. et Bradley, R. (2016). Technological elements of circular economy and the principles of 6R-based closed-loop material flow in sustainable manufacturing. *Procedia CIRP* 40, 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.067>.

Kalundborg Symbiosis (2018). *Kalundborg Symbiosis*. <http://www.symbiosis.dk/en/> (consulté le 19 octobre 2018).

Kates, R.W., Travis, W.R. et Wilbanks, T.J. (2012). Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(19), 7156-7161. <https://doi.org/10.1073/pnas.1115521109>.

Kern, K., Jörgens, H. et Jänicke, M. (2001). *The Diffusion of Environmental Policy Innovations: A Contribution to the Globalisation of Environmental Policy*. Centre de recherche en sciences sociales de Berlin. <https://www.econstor.org/obitstream/10419/48976/1/329601059.pdf>.

Kim, R.E. (2016). The nexus between international law and the Sustainable Development Goals. *Review of European, Comparative & International Environmental Law* 25, 15-26. <https://online.library.wiley.com/doi/abs/10.1111/reel.12148>.

Kim, R.E. et Bosselmann, K. (2013). International environmental law in the Anthropocene: Towards a purposive system of multilateral environmental agreements. *Transnational Environmental Law* 2(2), 285-309. <https://doi.org/10.1017/S2047102513000149>.

Kim, R.E. et van Asselt, H. (2016). Global governance: Problem shifting in the Anthropocene and the limits of international law. Dans Morgera, E. et Kulovesi, K. (dir.). *Research Handbook on International Law and Natural Resources*. Cheltenham : Elgar. <https://www.elgaronline.com/view/9781783478323.00039.xml>.

Lacy, P. (2015). Why the circular economy is a digital revolution. *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/agenda/2015/08/why-the-circular-economy-is-a-digital-revolution/>.

Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S.R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E. et al. (2007). Complexity of coupled human and natural systems. *Science* 317(5844), 1513-1516. <https://doi.org/10.1126/science.1144004>.

Low, B., Ostrom, E., Simon, C. et Wilson, J. (2003). Redundancy and diversity: Do they influence optimal management? Dans Berkes, F., Colding, J. et Folke, C. (dir.). *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*. Cambridge : Cambridge University Press. Chapitre 4. 83-114. <http://assets.cambridge.org/052181/5924/sample/0521815924aws.pdf>.

McDowall, W., Geng, Y., Huang, B., Barteková, E., Bleischwitz, R., Türkeli, S. et al. (2017). Circular economy policies in China and Europe. *Journal of Industrial Ecology* 21(3), 651-661. <https://doi.org/10.1111/jiec.12597>.

Meadows, D.H. (2008). *Thinking in Systems: A Primer*. Wright, D. (dir.) : Chelsea Green. <https://www.chelseagreen.com/product/thinking-in-systems/>.

Meyer, C., Matzdorf, B., Müller, K. et Schleyer, C. (2014). Cross compliance as payment for public goods? Understanding EU and US agricultural policies. *Ecological Economics* 107, 185-194. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.010>.

Ministère de l'Énergie (Inde) (2018a). *Energy Efficiency*. <https://powermin.nic.in/en/content/energy-efficiency> (consulté le 19 octobre 2018).

Ministère de l'Énergie (Inde) (2018b). *National UJALA Dashboard*. <http://www.ujala.gov.in/> (consulté le 19 octobre 2018).

Ministère de l'Environnement et de l'Alimentation (Danemark) (s.d.). *Danish Lesson – Waste Management*. <http://eng.ecoinnovation.dk/the-danish-eco-innovation-program/results-and-cases/danish-lessons/waste-management/> (consulté le 21 octobre 2018).

Ministère fédéral de l'Environnement, de la Conservation de la nature et de la Sécurité nucléaire (BMU) (Allemagne) (2011). *Closed-Loop Waste Management: Recovering Resources – Conserving Resources*. Friederich, R., Jaron, A. et Schulz, J. (dir.). Berlin : Division des relations publiques du BMU. <https://gnse.files.wordpress.com/2012/10/waste-management.pdf>.

Mitchell, C., Sawin, J.L., Pokharel, G.R., Kammen, D., Wang, Z., Fifita, S. et al. (2011). Policy, financing and implementation. Dans Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Kadner, S., Zwickel, T. et al. (dir.). *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Cambridge : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Chapitre 11. <https://www.cambridge.org/core/books/renewable-energy-sources-and-climate-change-mitigation/policy-financing-and-implementation/A729141FFD08E4230F4374225A4DDC7>.

Monroe, M.C., Plate, R.R., Oxarart, A., Bowers, A. et Chaves, W.A. (2017). Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. *Environmental Education Research*. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842>.

Nakashima, D.J., Galloway McLean, K., Thulstrup, H.D., Ramos Castillo, A. et Rubis, J.T. (2012). *Weathering Uncertainty: Traditional Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation*. Paris : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture et université des Nations Unies. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002166/216613e.pdf>.

Nansen Initiative (2015). *Agenda for the Protection of Cross-Border Displaced Persons in the Context of Disasters and Climate Change. Volume I*. Nansen Initiative. <https://nanseninitiative.org/wp-content/uploads/2015/02/PROTECTION-AGENDA-VOLUME-I.pdf>.

Nilsson, M., Griggs, D. et Visbeck, M. (2016). Policy: Map the interactions between Sustainable Development Goals. *Nature* 534(7607), 320-322. <https://doi.org/10.1038/534320a>.

Norsk elbilforening (2018). *The Norwegian Electric Vehicle Association*. <https://elbil.no/english/about-norwegian-ev-association/>.

O'Neill, D.W., Fanning, A.L., Lamb, W.F. et Steinberger, J.K. (2018). A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability* 1, 88-95. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4>.

Olhoff, A. et Schaar, C. (2010). *Screening Tools and Guidelines to Support the Mainstreaming of Climate Change Adaptation into Development Assistance: A Stocktaking Report*. New York : Programme des Nations Unies pour le développement. http://content-ext.unep.org/aplaws_publications/2386693/UNDP%20Stocktaking%20Report%20CC%20mainstreaming%20tools.pdf.

Organisation de coopération et de développement économiques (2012). *Sustainable Materials Management: Making Better Use of Resources*. Paris. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264174269-en.pdf>.

Organisation de coopération et de développement économiques (2014). *Preventing Food Waste: Case Studies of Japan and the United Kingdom*. Direction « Commerce et agriculture », Comité de l'agriculture, Groupe de travail sur les politiques et les marchés agricoles. [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/CA/APM/WP\(2014\)25/FINAL&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/CA/APM/WP(2014)25/FINAL&docLanguage=En).

Organisation de coopération et de développement économiques (2017). *Working Party on Agricultural Policies and Markets: Evaluation of the EU Common Agricultural Policy (CAP) 2014-20*. Paris. [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/CA/APM/WP\(2016\)22/FINAL&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/CA/APM/WP(2016)22/FINAL&docLanguage=En).

Organisation de coopération et de développement économiques (2018). *Producer and Consumer Support Estimates Database*. <https://www.oecd.org/unitedstates/producerandconsumersupportestimatesdatabase.htm> (consulté le 21 octobre 2018).

Organisation des Nations Unies (2015). *Small Island Developing States in Numbers: Climate Change Edition 2015*. New York. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2189SIDS-IN-NUMBERS-CLIMATE-CHANGE-EDITION_2015.pdf.

Organisation des Nations Unies (2016). *World Economic and Social Survey 2016. Climate Change Resilience: An Opportunity for Reducing Inequalities*. New York. https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/publication/WESS_2016_Report.pdf.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2014). The No-Foodloss Project Japan. <http://www.fao.org/save-food/news-and-multimedia/news/news-details/fr/c/242644/>.

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (2017). *Vienna Energy Forum 2017*. Vienne. https://www.unido.org/sites/default/files/2017-08/VFF_REPORT_0.pdf.

Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2010). *L'éducation au changement climatique en vue du développement durable : Initiative de l'UNESCO pour faire face au changement climatique*. Paris. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000190101_fre.

Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2014). *Façonner l'avenir que nous voulons : décennie des Nations Unies pour l'éducation au service du développement durable (2005-2014). Rapport final*. Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246786>.

Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2017). *L'éducation en vue des objectifs de développement durable : objectifs d'apprentissage*. Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247507>.

Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2018). *Enjeux et tendances de l'éducation en vue du développement durable*. Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366900>.

Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge : Cambridge University Press. <http://www.cambridge.org/core/title/gb/478715>.

Ostrom, E. (2007). A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(39), 15181-15187. <https://doi.org/10.1073/pnas.0702288104>.

Ostrom, E., Janssen, M.A. et Anderies, J.M. (2007). Going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(39), 15176-15178. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701886104>.

Parlement européen et Commission du marché intérieur et de la protection des consommateurs (2017). *Rapport sur une durée de vie plus longue des produits : avantages pour les consommateurs et les entreprises (2016/2272(INI))*. https://www.europarl.europa.eu/docoe/document/18-8-2017-0214_FR.html.



Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E. et Hanemaaijer, A. (2017). *Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain*. La Haye: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf>.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016). *Global Material Flows and Resource Productivity: Assessment Report for the UNEP International Resource Panel*. Schandl, H., Fischer-Kowalski, M., West, J., Giljum, S., Dittlich, M., Eisenmenger, N. et al. (dir.). Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21557/global-material-flows_full_report_english.pdf.

Programme des Nations Unies pour les établissements humains (2016). *New Urban Agenda adopted at Habitat III*. <https://unhabitat.org/new-urban-agenda-adopted-at-habitat-iii/>.

Raworth, K. (2012). *Un espace sûr et juste pour l'humanité : le concept du « donut »*. Oxford : Oxfam. <https://www.oxfam.org/fr/publications/un-espace-sur-et-juste-pour-l-humanite>.

Réseau européen de reconditionnement (2018). *Business Model Case Study Description – Inrego Computers and Smart Phones*. Aylesbury, Royaume-Uni. <http://www.remanufacturing.eu/studies/f6a18b15473d6fa8400e.pdf>.

Réseau stratégique des énergies renouvelables pour le 21^e siècle (2017). *Renewables 2017 Global Status Report*. Paris. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2017_Full-Report-English.pdf.

Rizos, V., Tuokko, K. et Behrens, A. (2017). *The Circular Economy: A Review of Definitions, Processes and Impacts*. Bruxelles : Centre d'études des politiques européennes. <https://www.ceps.eu/publications/circular-economy-review-definitions-processes-and-impacts#>.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S. III, Lambin, E. et al. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2). <https://www.jstor.org/stable/26268316>.

Salzman, J., Bennett, G., Carroll, N., Goldstein, A. et Jenkins, M. (2018). The global status and trends of Payments for Ecosystem Services. *Nature Sustainability* 1, 136-144. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0033-0>.

Schaffartzik A., Mayer, A., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Loy, C. et Krausmann, F. (2014). The global metabolic transition: Regional patterns and trends of global material flows, 1950-2010. *Global Environmental Change* 26, 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.03.013>.

Schwerdtle, P., Bowen, K. et McMichael, C. (2018). The health impacts of climate-related migration. *BMC Medicine* 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12916-017-0981-7>.

Silva, A., Rosano, M., Stocker, L. et Gorissen, L. (2017). From waste to sustainable materials management: Three case studies of the transition journey. *Waste Management* 61, 547-557. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.11.038>.

Smol, M., Kulczycka, J. et Avdiushchenko, A. (2017). Circular economy indicators in relation to eco-innovation in European regions. *Clean Technologies and Environmental Policy* 19(3), 669-678. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1323-8>.

Spanning, R. et Grušovnik, T. (2018). Leaving the Meatrix? Transformative learning and denialism in the case of meat consumption. *Environmental Education Research* 25(8), 1190-1199. <https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1455076>.

Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B.L., Lassaletta, L. et al. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature* 562, 519-525. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0>.

Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Wiebe, K., Godfray, H.C.J., Rayner, M. et al. (2016). Mitigation potential and global health impacts from emissions pricing of food commodities. *Nature Climate Change* 7(1), 69-74. <https://doi.org/10.1038/nclimate3155>.

Stahel, W.R. (2016). The circular economy. *Nature* 531(7595), 435-438. <https://doi.org/10.1038/531435a>.

Stahel, W.R. et Reday-Mulvey, G. (1981). *Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy*. New York : Vantage Press. <https://searchworks.stanford.edu/view/996529>.

Sundaramoorthy, S. et Wallia, A. (2017). India's experience in implementing strategic schemes to enhance appliance energy efficiency & futuristic integrated policy approaches to adopt most efficient technologies. *ECEEE Summer Study Proceedings*. https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2017/2-policy-governance-design-implementation-and-evaluation-challenges/indias-experience-in-implementing-strategic-schemes-to-enhance-appliance-energy-efficiency-futuristic-integrated-policy-approaches-to-adopt-most-efficient-technologies/.

Tanentzap, A.J., Lamb, A., Walker, S. et Farmer, A. (2015). Resolving conflicts between agriculture and the natural environment. *PLoS Biology* 13(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002242>.

Taylor, E.W. (2017). Transformative learning theory. Dans Laros, A., Fuhr, T. et Taylor, E.W. (dir.). *Transformative Learning Meets Bildung*. Rotterdam : SensePublishers. Chapitre 2, 17-29. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-6300-797-9_2.

Turner, B.L., Kasperson, R.E., Matson, P.A., McCarthy, J.J., Corell, R.W., Christensen, L. et al. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100(14), 8074-8079. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>.

Underdal, A. et Kim, R.E. (2017). The sustainable development goals and multilateral agreements. Dans Kanie, N. et Biermann, F. (dir.). *Governing through Goals: Sustainable Development Goals as Governance Innovation*. Cambridge, MA : MIT Press. Chapitre 10. <https://mitpress.universitypressscholarship.com/view/10.7551/mitpress/9780262035620.001.0001.ups0-9780262035620-chapter-010>.

Union européenne (2009). Directive 2009/125/EC du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux produits liés à l'énergie. *Journal officiel de l'Union européenne* L 285, 10-35. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0125&from=EN>.

van den Bergh, J., Folke, C., Polasky, S., Scheffer, M. et Steffen, W. (2015). What if solar energy becomes really cheap? A thought experiment on environmental problem shifting. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 170-179. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.05.007>.

Velis, C. (2017). Waste pickers in Global South: Informal recycling sector in a circular economy era. *Waste Management & Research* 35(4), 329-331. <https://doi.org/10.1177/0734242X17702024>.

Ville de Sydney (2016). *Car Sharing Policy*. http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0010/109099/2016-631840-Car-Sharing-Policy-2016-accessible.pdf.

Walker, B., Barrett, S., Polasky, S., Galaz, V., Folke, C., Engström, G. et al. (2009). Looming global-scale failures and missing institutions. *Science* 325(5946), 1345-1346. <https://doi.org/10.1126/science.1175325>.

Ward, J., Chiveralls, K., Fioramonti, L., Sutton, P. et Costanza, R. (2017). The decoupling delusion: Rethinking growth and sustainability. *The Conversation*. <http://theconversation.com/thedecoupling-delusion-rethinking-growth-and-sustainability-71996>.

Watts, N., Adger, W.N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W. et al. (2015). Health and climate change: Policy responses to protect public health. *Lancet* 386(10006), 1861-1914. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00854-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00854-6).

Weber, R., Lissner, L. et Fantke, P. (2016). *The Substitution of Hazardous Chemicals in the International Context: Opportunity for Promoting Sustainable Chemistry*. Abstract from 1st Green and Sustainable Chemistry Conference, Berlin, Germany. http://orbit.dtu.dk/files/126997510/Weber_2016a.pdf.

Wiedmann, T.O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J. et Kanemoto, K. (2015). The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(20), 6271-6276. <https://doi.org/10.1073/pnas.1220362110>.

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S. et al. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 393(10170), 447-492. [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(18\)31788-4/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(18)31788-4/fulltext).

Wirsenius, S., Hedenus, F. et Mohlin, K. (2011). Greenhouse gas taxes on animal food products: Rationale, tax scheme and climate mitigation effects. *Climatic Change* 108(1-2), 159-184. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9971-x>.

Wise, R.M., Fazey, I., Smith, M.S., Park, S.E., Eakin, H.C., Van Garderen, E.R.M.A. et Campbell, B. (2014). Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response. *Global Environmental Change* 28, 325-336. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.12.002>.

Wisner, B., Blaikie, P.M., Cannon, T. et Davis, I. (2004). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*. 2^e éd. Londres : Routledge. <https://trove.nla.gov.au/work/23504995?selectedversion=NBD24609117>.

Yang, H., Ma, M., Thompson, J.R. et Flower, R.J. (2018). Waste management, informal recycling, environmental pollution and public health. *Journal of Epidemiology & Community Health* 72(3), 237-243. <http://dx.doi.org/10.1136/jech-2016-208597>.

Yang, Y., Bae, J., Kim, J. et Suh, S. (2012). Replacing gasoline with corn ethanol results in significant environmental problem-shifting. *Environmental Science & Technology* 46(7), 3671-3678. <https://www.doi.org/10.1021/es203641p>.

Young, O.R. (2017). *Governing Complex Systems: Social Capital for the Anthropocene*. Cambridge, MA : MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/governing-complex-systems>.





Chapitre 18



Conclusions sur l'efficacité des politiques



Auteurs coordonnateurs : Klaus Jacob (université libre de Berlin), Peter King (Institute for Global Environmental Strategies) et Diana Mangalagu (université d'Oxford et Neoma Business School)

Auteure collaboratrice : Beatriz Rodríguez-Labajos (université autonome de Barcelone)



18.1 Survol des effets

Nous présentons ici une série de conclusions sur la partie B du *sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* (GEO-6), tirées des résultats sur l'efficacité des politiques décrits dans les chapitres précédents (chapitres 10 à 17). Le présent chapitre résume, à l'intention des décideurs, les politiques reconnues comme les plus efficaces et ce qui fait leur efficacité, et présente une analyse sommaire des limites des données probantes disponibles à ce jour sur l'efficacité des politiques. Nous faisons également référence à la partie C (Perspectives), où nous examinerons les politiques émergentes les plus prometteuses.

Les approches stratégiques et les moyens d'intervention sont très innovants dans tous les thèmes environnementaux couverts par le *sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* (GEO-6) (chapitres 12 à 17). Des institutions, des politiques et des moyens d'intervention sont au stade du développement ou de la mise en œuvre partout dans le monde. L'innovation en matière de politique environnementale ne se borne pas aux pays industrialisés occidentaux; elle se vit aussi dans les économies émergentes et en développement. Les politiques élaborées vont au-delà des solutions techniques, misant de plus en plus sur les pratiques sociales et économiques.

L'innovation en matière de politique environnementale traite du même coup les questions d'équité et de protection de l'environnement. Citons par exemple les droits d'usage territoriaux des pêcheurs au Chili ou la gratuité du service d'eau de base en Afrique du Sud, deux mesures qui, à la fois, garantissent aux communautés à faible revenu l'accès aux ressources naturelles et favorisent la gestion durable de ces ressources.

Les politiques environnementales visent à réduire les émissions et l'épuisement des ressources en encourageant les changements de comportement ou en limitant les choix des consommateurs, des entreprises et des communautés. Différents modes d'intervention sont utilisés : la persuasion, les incitations économiques, la réglementation.

Aucun moyen d'intervention ne peut résoudre à lui seul des problèmes environnementaux complexes; un train de mesures combinant différents modes de gouvernance qui se renforcent mutuellement (la « gouvernance hybride ») est plus efficace. En combinant par exemple des mesures du côté de la demande – taxer et étiqueter les produits de consommation nocifs pour l'environnement – et du côté de la production – limiter les émissions –, on peut à la fois renforcer l'innovation environnementale et lui ouvrir des marchés.

Les politiques environnementales définissent également les processus qui incitent et encouragent les acteurs à réfléchir à leur performance environnementale : les études d'impact sur l'environnement, les procédures de planification, les systèmes de gestion de l'environnement, par exemple.

Par ailleurs, comme le montrent les chapitres 12 à 17, beaucoup de politiques environnementales instituent ou renforcent des acteurs environnementaux publics et privés, ce qui a un effet multiplicateur sur la performance environnementale. Les politiques et les institutions environnementales ne déterminent pas à elles seules l'utilisation des ressources et les émissions ; les politiques sectorielles sur le logement, les infrastructures, l'agriculture, l'industrie ou l'énergie ont aussi un rôle à jouer. Un mécanisme plus poussé, mais difficile à réaliser, qui favorise l'efficacité de la politique environnementale consiste à intégrer les préoccupations environnementales dans les autres politiques sectorielles.

Si l'intégration des politiques promet de régler les conflits entre les objectifs environnementaux et les autres objectifs (Nilsson *et al.*, 2012 ; Runhaar, Driessen et Uittenbroek, 2014 ; Mullally et

Dunphy, 2015), l'analyse des chapitres précédents montre que cette intégration a rarement été réalisée dans la pratique. On manque de preuves systématiques sur la manière d'intégrer des normes environnementales dans des secteurs tels que l'agriculture, les transports, l'urbanisme et la gestion de l'eau, afin de prévenir, de réduire ou d'atténuer les effets néfastes sur l'environnement. Les changements apportés dans un bouquet de politiques sont souvent imposés par la pression de différents groupes et secteurs qui ont des visées opposées sur une ressource, un actif environnemental ou un service écosystémique.

De nombreux pays (et certaines organisations internationales) ont commencé à adopter des approches ou des mesures intégrées pour évaluer les impacts potentiels des projets de loi sur les parties prenantes et leur bien-être, sur les secteurs économiques et sur l'environnement (Radaelli, 2009 ; Jacob *et al.*, 2011 ; Adelle et Weiland, 2012 ; Adelle *et al.*, 2016 ; Agence européenne pour l'environnement, 2017). Ces politiques intégrées peuvent aider à réaliser l'ensemble plus large des objectifs de développement durable (ODD) avec efficacité, en surmontant les obstacles et les compromis existants.

Les principaux outils d'intégration des politiques de l'environnement sont l'analyse d'impact des réglementations, l'étude d'impact sur l'environnement et la santé, et l'évaluation environnementale stratégique. On se sert de plus en plus souvent de ces outils d'élaboration des politiques fondés sur des données probantes pour démontrer la nécessité d'améliorer les politiques environnementales. Un savoir-faire considérable dans l'utilisation de ces outils est en devenir, notamment dans l'Union européenne.

Toutefois, à ce jour, il existe peu de données concrètes permettant de mesurer le degré d'intégration des politiques ou les résultats réels de l'application des différents outils. Parmi les quelques exceptions, le Partnership for European Environmental Research (Mickwitz *et al.*, 2009) a évalué l'intégration de la politique climatique en Europe, à de multiples échelles. L'un des principaux enseignements de ce projet est que les villes et les municipalités ont commencé à intégrer des objectifs climatiques dans leurs stratégies et leurs plans, et que ces autorités ont parfois des objectifs plus ambitieux que les gouvernements nationaux.

Les avantages à la fois économiques et sociaux prévus grâce à la mise en œuvre de politiques environnementales constituent un argument important en faveur de l'intégration de telles politiques. Parmi ces avantages figurent la croissance économique supplémentaire stimulée par l'innovation et les économies réalisées grâce à la conservation des ressources naturelles et à la prévention de dommages environnementaux. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) estime que des investissements verts de l'ordre de 2 % du produit intérieur brut (PIB) mondial assureraient une croissance économique à long terme tout en atténuant les effets négatifs des changements climatiques, des pénuries d'eau et de la perte de services écosystémiques (PNUE, 2011).

L'analyse que fait le rapport GEO-6 des politiques environnementales et de leur intégration démontre la diversité des cadres institutionnels et culturels dans lesquels se fait l'élaboration des politiques. Les rôles de la loi, des valeurs, des capacités administratives, des conditions socio-économiques, etc. influent sur l'efficacité des politiques. Il importe de concevoir des politiques qui tiennent compte de ces contextes.

On ne saurait faire une évaluation exhaustive de l'efficacité des milliers de mesures innovantes en matière de politiques ; cette évaluation doit se faire au cas par cas. Les multiples défaillances du marché – notamment l'absence de signaux de prix, le manque d'information et les effets de réseau – empêchent toute comparaison de l'efficacité des différents moyens d'intervention. Par exemple, les allégations quant à la supériorité générale



des instruments de marché sur les mesures de réglementation ou de persuasion ne reposent sur aucune preuve. L'analyse présentée dans le rapport GEO-6 montre toutefois la nécessité de combiner différentes stratégies en un bouquet de politiques complémentaires. Il est reconnu qu'un train de mesures cohérentes est souvent plus efficace que des politiques isolées, mais l'interaction entre ces mesures est mal comprise, même si l'on s'entend généralement pour dire que certains types d'intervention ne sont pas nécessairement compatibles les uns avec les autres.

Les politiques environnementales efficaces et ambitieuses sont souvent contestées par les secteurs visés. La structure et les exigences de ces politiques font généralement l'objet de négociations dans le cadre du processus stratégique, au cours duquel les acteurs environnementaux doivent généralement arriver à un compromis. Il en résulte souvent des politiques environnementales suboptimales. Sur bien des questions et dans bien des pays, la politique environnementale se prive de faire appel à une combinaison potentiellement puissante : la modulation des prix comme moyen de sensibilisation (notion du « signal-prix ») et une réglementation stricte. L'on met plutôt en place des mécanismes de persuasion, d'autoréglementation ou de subvention. Les chapitres 12 à 17 dressent enfin le constat que la question des droits acquis et des groupes d'intérêts est souvent ignorée, les politiques environnementales se concentrant plutôt sur les produits ou sites nouveaux, en instaurant des procédures d'autorisation des projets de développement, par exemple.

Une fois la mise en place des politiques environnementales réussie, on remarque qu'elles sont ensuite bonifiées et que des mécanismes permettant de faire évoluer les politiques et d'en augmenter les pouvoirs et les exigences apparaissent au fil du temps, une fois que la faisabilité technique, sociale et économique a fait ses preuves et que de nouveaux marchés proposant des solutions écologiques se sont ouverts. Dans un certain nombre de cas, ces mécanismes ont été intégrés aux politiques dès leur conception. L'engagement visant l'amélioration continue des politiques au fil du temps pourrait être honoré beaucoup plus souvent qu'il ne l'est actuellement, à la manière du mécanisme par paliers de l'Accord de Paris sur le climat (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques [CCNUCC], 2015).

Compte tenu des défis décrits ci-dessus, un consensus se dégage : pour assurer l'efficacité d'une seule ou d'une série de politiques, la conception des moyens d'intervention a autant sinon plus d'importance que le choix de ces moyens (Yin et Powers, 2010 ; Flanagan, Uyara et Laranja, 2011 ; Kemp et Pontoglio, 2011). Étant donné la complexité grandissante des ensembles de politiques, il faudrait arriver à mieux comprendre la dynamique temporelle du changement stratégique, la raison qui fait que certaines politiques soient mieux respectées que d'autres et les interactions découlant des choix stratégiques. Grâce aux leçons tirées au fil du temps, les politiques deviendront fort probablement plus exigeantes – surtout si, comme le constate le rapport GEO-6, les politiques environnementales génèrent des avantages d'ordre économique et social.

Outre le fait que les exigences des politiques environnementales soient de plus en plus élevées à l'intérieur du territoire national, on constate que ces politiques ont tendance à se répandre aussi par-delà les frontières. D'autres pays, régions ou communautés reprennent et adaptent les démarches des pays pionniers. Il existe d'ailleurs des ensembles de données accessibles au public qui permettent d'illustrer la migration des politiques environnementales sur une carte géographique, en particulier celles touchant les changements climatiques et les énergies renouvelables. La base de données *Climate Change Laws of the World* de la London School of Economics (Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, 2017), par exemple, compile des informations sur les politiques climatiques nationales, allant de la politique des transports aux mesures d'adaptation et d'atténuation. De même, le rapport de 2018 sur la situation mondiale des énergies

renouvelables du Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) recense les politiques d'énergies renouvelables mises en œuvre dans un vaste échantillon de territoires de compétences nationales et infranationales. InforMEA, enfin, est le portail des Nations Unies donnant accès à de l'information sur les accords multilatéraux sur l'environnement (PNUE, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO] et Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture [UNESCO], 2018).

Malgré l'intérêt de longue date pour la migration des politiques environnementales vers d'autres territoires et les efforts déployés pour produire de l'information stratégique systématique à ce sujet, les connaissances sur cet aspect particulier de l'élaboration des politiques demeurent limitées, surtout en dehors du domaine précis des énergies renouvelables. De plus, il y a trop peu d'études sur le rôle des contextes locaux dans l'efficacité des politiques adoptées à l'étranger. Certains éléments indiquent que les politiques relativement peu ambitieuses (par exemple, les politiques de distribution plutôt que de redistribution) font plus souvent l'objet d'une diffusion à l'étranger que les politiques intergouvernementales. Pourtant, la diffusion des politiques peut être considérée comme un mécanisme favorisant la transmission de connaissances entre compétences territoriales – souvent facilitée par les régimes internationaux et la gouvernance multipalier.

L'analyse présentée dans le rapport GEO-6 montre qu'on ne saurait trop insister sur l'importance d'une bonne conception pour garantir l'efficacité des politiques environnementales. Mickwitz *et al.* (2009, p. 12) énumèrent les principes courants d'une bonne conception, c'est-à-dire :

- ❖ définir une vision à long terme et éviter les décisions de principe prises en situation de crise, grâce à des processus de conception inclusifs et participatifs ;
- ❖ établir une base de référence, des objectifs quantitatifs et des jalons ;
- ❖ effectuer des analyses coûts-avantages ou coûts-efficacité, *ex ante* (avant la mise en œuvre) et *ex post* (après celle-ci), pour optimiser l'utilisation des fonds publics ;
- ❖ intégrer un régime de surveillance pendant la mise en œuvre, de préférence avec la participation des parties concernées ;
- ❖ évaluer les résultats et les conséquences des politiques, afin d'améliorer la conception des politiques futures et ainsi de boucler la boucle.

Malgré cette liste exhaustive, les évaluations *ex ante* et *ex post* de l'efficacité des politiques au regard d'une base de référence font généralement défaut, même dans le cas des politiques les mieux conçues. L'analyse montre que les outils d'évaluation des politiques sont rarement utilisés. Il manque donc une base de données pour mesurer l'efficacité des politiques, car il est souvent difficile d'imputer des résultats à des politiques environnementales et de savoir si ces résultats se seraient produits en l'absence de ces politiques. Les analyses d'impact et les évaluations des politiques ne sont pas appliquées systématiquement. Par conséquent, si l'analyse des indicateurs et le chemin qu'il reste à parcourir pour réaliser les objectifs donnent à penser que les politiques environnementales ne sont pas encore assez efficaces pour réaliser un développement durable, l'analyse ne peut pas révéler quelles politiques et quelles mesures sont les plus efficaces ou les plus efficaces.

Aucune méthodologie universellement acceptée n'arrive à montrer de liens de cause à effet entre les résultats et les politiques adoptées, et il est malheureusement impossible de donner des réponses sans équivoque sur l'efficacité des politiques. En matière environnementale, les expériences contradictoires (« que serait-il arrivé sans la politique ? ») sont rares, car elles sont difficiles à réaliser et à justifier sur le plan éthique.



En outre, dans la littérature, on rappelle l'importance des divers facteurs contraignants ou favorables, tels que la capacité institutionnelle et la volonté politique. De plus, les politiques existent rarement seules, et l'on souligne l'importance, comme on l'a vu plus haut, d'établir des politiques cohérentes et synergiques, ou un assemblage de politiques. Il importe également de reconnaître les avantages connexes et les effets indésirables inattendus d'une politique. Enfin, il convient de reconnaître l'effet d'entraînement, en particulier lorsqu'il est question de préoccupations transfrontalières.

En conséquence, dans le cadre du rapport GEO-6, on a adopté un processus à deux axes pour évaluer l'efficacité des politiques (chapitre 10). Pour l'axe de l'approche descendante, les équipes d'auteurs ont relevé des approches stratégiques types qui ont permis de résoudre des problèmes environnementaux clés dans les domaines de la qualité de l'air, de la biodiversité, des océans, des terres, de l'eau douce (eaux de surface et souterraines) et des questions transsectorielles (chapitres 12 à 17). Pour illustrer plus en détail l'expérience de la mise en œuvre de ces approches stratégiques, nous avons sélectionné certaines études de cas et utilisé des critères d'efficacité tirés de la littérature pour produire une évaluation qualitative de l'efficacité des politiques.

Le deuxième axe, soit celui de l'approche ascendante, consistait à repérer des indicateurs sensibles aux politiques, ce qui exigeait de construire, toujours à partir de la littérature, un exposé plausible expliquant pourquoi chaque indicateur semble s'améliorer en réponse à une politique ou à un assemblage de politiques. Les sections « Les indicateurs » des chapitres 12 à 17 comprennent donc :

- ❖ la description des indicateurs et leur relation avec les objectifs de développement durable (ODD) ou d'autres accords multilatéraux sur l'environnement ;
- ❖ le mode de collecte des données pour chaque indicateur ;
- ❖ une argumentation plausible sur le rapport de cause à effet, au moins partiel, entre une ou plusieurs politiques et une amélioration de l'indicateur constatée dans plusieurs pays ;
- ❖ les autres facteurs pouvant expliquer cette amélioration ;
- ❖ les autres indicateurs susceptibles de pouvoir évaluer le rôle des politiques.

Cet exposé est entrecoupé d'infographies. Selon les données disponibles dans la littérature, ces éléments visuels illustrent les corrélations entre l'adoption de certaines politiques par des pays et l'amélioration des indicateurs, l'analyse des tendances vers l'amélioration de l'indicateur, ou le nombre de pays ayant produit une déclaration sur cet indicateur au fil du temps.

Malgré le nombre limité d'études de cas pouvant être traitées dans le cadre du rapport GEO-6, il semble y avoir très peu de cas où tous les critères d'efficacité sont évalués de manière exhaustive aux stades de la conception, de la mise en œuvre ou de l'évaluation *ex post* du cycle d'une politique. Dans bien des cas, aucune base de référence quantifiable n'a été établie, de sorte qu'il est difficile de démontrer par des preuves quantitatives que la politique améliore les résultats environnementaux comme prévu. Dans la plupart des cas, il n'y a pas eu d'analyse coûts-avantages ou coûts-efficacité *ex ante*, ce qui laisse planer un doute, à savoir si on a choisi la meilleure politique. Bien que l'on décèle souvent des avantages connexes, le plus souvent avec un certain recul, rien ne prouve l'existence d'une tentative délibérée et prévisionnelle d'assurer la cohérence et les synergies des politiques. Si la plupart des politiques rattachées à un calendrier ont été menées dans les délais prévus, un nombre étonnant d'études de cas semblaient être à durée indéterminée, sans délai précis de clôture, d'évaluation ou de renouvellement. Bon nombre des études de cas étaient liées à des processus et des accords mondiaux, ce qui donne à penser que les accords mondiaux sur l'environnement, tels l'Accord de Paris et les objectifs de développement durable (ODD), offrent effectivement

un cadre directeur global qui oriente les processus stratégiques nationaux.

Les conclusions de l'évaluation de l'efficacité des politiques et des méthodes d'évaluation utilisées présentées dans le rapport GEO-6 peuvent servir de base de référence pour la recherche et les évaluations mondiales futures. La poursuite des efforts en matière d'évaluation des politiques contribuerait également à combler ces lacunes sur le plan des données.

18.2 Les liens avec les politiques futures

Il s'écoule inévitablement un certain temps avant que l'analyse de l'efficacité des politiques susmentionnée ait lieu, car les auteurs d'une politique ne savent pas si elle a été efficace que quelques années après sa mise en œuvre initiale, surtout si elle doit être mise en œuvre dans plusieurs pays pour être considérée comme un critère d'efficacité. C'est pourquoi dans la partie B, nous n'avons pas été en mesure de présenter de nouvelles approches stratégiques prometteuses, qui sont plutôt abordées au chapitre 24 (« La voie à suivre »). Les prochaines éditions du rapport GEO devront évaluer l'efficacité éventuelle de ces approches stratégiques pour leur mise en œuvre. Entre-temps, les décideurs politiques pourront examiner les critères d'efficacité sélectionnés dans le cadre du rapport GEO-6 et s'en servir pour concevoir une nouvelle génération de politiques et en planifier l'évaluation.

L'amélioration des politiques et des dispositifs de gouvernance constituera un élément essentiel permettant de paver la voie de la durabilité environnementale. Les politiques émergentes et prometteuses couvertes dans la partie C (Perspectives) feront probablement partie du tableau, car il est peu probable que l'ensemble actuel d'approches stratégiques permette, avec l'urgence requise, de concrétiser les objectifs de développement durable (ODD), l'Accord de Paris et d'autres accords multilatéraux sur l'environnement. Il nous faut de nouvelles politiques innovantes. Car, par exemple, l'approche normale pour lutter contre la pollution, qui consiste à établir des normes nationales dans le cadre d'une politique contraignante, est un processus trop lent et trop lourd pour tenir compte des milliers de nouveaux produits chimiques, de matériaux, d'organismes génétiquement modifiés et de nanotechnologies rejetés chaque jour dans l'environnement.

18.3 L'absence de certaines connaissances

L'analyse de l'efficacité des politiques menée pour le rapport GEO-6 s'est faite selon une orientation nouvelle pour le PNUE. Les décideurs veulent savoir quelles politiques fonctionnent et pourquoi elles fonctionnent, mais il faut éviter que les évaluations servent plutôt à la défense des politiques. Les coûts attribuables à l'inaction et aux retards démesurés dans la mise en œuvre des politiques doivent également être étudiés, tout comme l'efficacité des moyens d'action. La principale lacune – qui a étonné bon nombre d'auteurs – tient au manque d'évaluations bien documentées portant sur des études de cas sélectionnées qui illustrent l'importance de l'interface entre la science et les politiques. Il semble que dans la plupart des pays, il n'est pas d'usage de procéder à une évaluation *ex post* des politiques, et quand une telle évaluation est réalisée, ses résultats ne sont pas du domaine public.

Nous suggérons au PNUE de collaborer avec les pays membres en vue d'extraire les évaluations des politiques qui ne sont pas actuellement du domaine public, afin de créer une section sur l'efficacité des politiques dans le portail de données Environment Live. Les chercheurs et les groupes de réflexion sur les politiques devraient également être encouragés à mener des études sur l'efficacité des politiques, afin que l'analyse indépendante qui semble faire défaut soit effectuée.

L'absence d'une méthodologie universellement acceptable pour évaluer l'efficacité des politiques est une autre lacune importante.

Le défi à relever par les chercheurs et les groupes de réflexion stratégique est de mener régulièrement des analyses de politiques ; pour les décideurs, il consiste à mettre à profit l'information issue de ces analyses pour faire évoluer l'élaboration des politiques.

Il y a également absence de connaissances sur la sensibilité des indicateurs aux politiques. Parmi les centaines d'indicateurs sélectionnés pour mesurer l'atteinte des ODD, lesquels sont sensibles aux politiques ? Quand un indicateur est sensible aux politiques, quelles sont les politiques qui ont une incidence sur l'indicateur ? Lesquels de ces éléments les pouvoirs publics devraient-ils employer pour accélérer l'évolution des indicateurs ? Parmi les cibles relatives aux ODD dont le PNUE est responsable, lesquelles sont sensibles aux politiques, et quel devrait-on confier au PNUE dans le suivi de ces cibles et dans l'analyse de l'efficacité des politiques ?

Enfin, il y a un manque d'analyse des politiques socio-économiques, telles que les politiques sectorielles. Or, les politiques socio-économiques ont une incidence importante sur les conditions environnementales. Se limiter à l'analyse des politiques environnementales seulement ne suffit pas. Des outils tels que les études d'impact sur l'environnement (EIE) et les évaluations environnementales stratégiques (EES) facilitent l'examen des conséquences environnementales des projets, des politiques, des plans et des programmes. Mais surtout, les agences sectorielles devraient s'associer à des spécialistes de l'environnement pour éviter que les activités qu'elles prévoient ne nuisent à l'environnement.

18.4 Les principaux enseignements de l'analyse

Intégrer l'efficacité aux politiques dès le stade de leur conception.

La plupart des faiblesses relevées parmi les méthodes d'élaboration de la politique environnementale sont attribuables à une analyse inadéquate au stade de la conception. L'analyse empirique du rapport GEO-6 montre que, trop souvent, les décisions de politique environnementale sont prises de façon impulsive en réaction à une crise environnementale et qu'elles ne s'inscrivent pas dans un processus délibératif à long terme de sélection et de conception de politiques visant à éviter les dommages à l'environnement.

Établir une base de référence quantitative et vérifiable.

Une base de référence quantitative, fondée sur la science, vérifiable et comportant des cibles strictes est l'un des éléments essentiels d'une politique efficace. Puisque les politiques mettent du temps à porter leurs fruits, des jalons quantitatifs permettront également de s'assurer que leur mise en œuvre est sur la bonne voie.

Effectuer une analyse coûts-avantages ou coûts-efficacité dès la conception de la politique.

Pour la plupart des problèmes environnementaux, il existe une multitude de politiques permettant d'arriver aux résultats souhaités. La lutte contre la pollution de l'eau, par exemple, peut se faire grâce à des règlements visant à modifier les processus de production, à des normes protégeant la qualité de l'environnement ou régissant les rejets, à l'imposition de redevances sur les rejets, à la dilution de l'eau à partir de réservoirs en amont, ou grâce à une combinaison de ces mesures. Au stade de la conception d'une politique, il faut déterminer la façon la plus efficace d'utiliser les fonds publics et privés. Cette décision devra être vérifiée par la suite pour s'assurer d'avoir fait le bon choix.

Assurer la cohésion et la synergie des politiques.

L'union fait la force. En effet, une politique unique agissant seule n'est généralement pas aussi efficace qu'une série de politiques visant ensemble le même objectif stratégique. Mais il importe tout autant d'examiner les politiques susceptibles de nuire à l'objectif stratégique ou d'entrer en conflit avec lui. Par exemple, une politique de promotion des énergies renouvelables pourrait être minée par le maintien de subventions aux centrales thermiques.

Mener des évaluations ex post indépendantes.

La littérature consultée pour ce rapport a montré qu'il existe peu d'évaluations ex post indépendantes des politiques. Les évaluations menées par les gouvernements sont nécessaires et importantes, mais une étude impartiale et indépendante est davantage digne de confiance. Les organismes de financement ont donc le rôle crucial de fournir les ressources nécessaires à la tenue d'un plus grand nombre d'évaluations, en particulier dans les pays en développement, où l'on manque de bonnes évaluations des politiques.

Mobiliser les acteurs clés pour qu'ils prennent part à tous les aspects du cycle de la politique.

Les études de cas mettent au jour l'existence d'un réseau complexe de parties prenantes qui doivent être impliquées dans chaque partie du cycle politique. Pour que cette participation soit possible, le processus stratégique doit être transparent. Les processus stratégiques inclusifs sont généralement plus efficaces que ceux qui excluent certains acteurs. L'inclusivité peut entraîner des coûts et des contraintes de temps supplémentaires, mais ils ont tendance à être récupérés lors de la mise en œuvre, c'est-à-dire au moment où des protestations ou des contestations judiciaires risqueraient de retarder les plans de mise en œuvre.

Déterminer, parmi les indicateurs sensibles aux politiques,

lesquels peuvent démontrer des liens de cause à effet. Il s'agit d'établir un lien clair entre les indicateurs des ODD et d'autres accords environnementaux multilatéraux et les politiques dont on sait qu'elles sont efficaces. Les études de cas démontrent l'importance des accords multilatéraux dans les domaines de la qualité de l'air, de la biodiversité, des océans, des terres et de l'eau douce (eaux de surface et souterraines) et pour plusieurs questions transsectorielles. Bien que souvent inapplicables au niveau mondial, ces accords ont un poids moral et permettent d'exercer une pression sur les pairs pour les amener à concrétiser l'approche convenue dans leurs politiques, leurs plans et leurs programmes nationaux et infranationaux. Toutefois, les liens qui ont été établis jusqu'à présent entre les indicateurs et l'efficacité des politiques sont faibles, et il faudra du travail pour établir des liens plus forts.

Mener d'autres recherches sur l'efficacité des politiques.

Les chercheurs terminent souvent leurs évaluations par un appel à la recherche, mais en l'occurrence, un tel appel est justifié. Fait étonnant, il existe peu d'études de cas bien documentées sur l'efficacité des politiques et qui suivent les décisions stratégiques tout au long du cycle d'une politique, soit de la conception à l'évaluation ex post. Dans ses travaux futurs, le PNUE devra renforcer le lien entre les politiques et les résultats environnementaux, notamment parce que les indicateurs des ODD sont suivis à l'échelle nationale et font l'objet de rapports à l'échelle mondiale. Il faut mener davantage d'études sur les milieux politiques et la dynamique des parties prenantes qui sous-tendent, animent ou limitent l'établissement et le perfectionnement des politiques conçues pour régler les problèmes environnementaux et favoriser le développement durable.





Références

Adelle, C. et Weiland, S. (2012). Policy assessment: The state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal* 30(1), 25-33. <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.663256>.

Adelle, C., Weiland, S., Dick, J., González Olivo, D., Marquardt, J., Rots, G. et al. (2016). Regulatory impact assessment: A survey of selected developing and emerging economies. *Public Money & Management* 36(2), 89-96. <https://doi.org/10.1080/09540962.2016.1118930>.

Agence européenne pour l'environnement (2017). *Perspectives on Transitions to Sustainability*. Copenhague. https://www.eea.europa.eu/publications/perspectives-on-transitions-to-sustainability/at_download/file.

Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (2015). *Accord de Paris*. Paris. https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_french_pdf.

Flanagan, K., Uyarra, E. et Laranja, M. (2011). Reconceptualising the «policy mix» for innovation. *Research Policy* 40(5), 702-713. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.02.005>.

Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment (2018). *Climate Change Laws of the World*. <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/climate-change-laws-of-the-world>.

Jacob, K., Weiland, S., Ferretti, J., Wascher, D. et Chodorowska, D. (2011). *Integrating the Environment in Regulatory Impact Assessments*. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques. <https://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/Integrating%20RIA%20in%20Decision%20Making.pdf>.

Kemp, R. et Pontoglio, S. (2011). The innovation effects of environmental policy instruments: A typical case of the blind men and the elephant? *Ecological Economics* 72, 28-36. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.09.014>.

Mickwitz, P., Aix, F., Beck, S., Carss, D., Ferrand, N., Görg, C. et al. (2009). *Climate Policy Integration, Coherence and Governance*. PEER Report. Helsinki: Partnership for European Environmental Research. <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/3987>.

Mullally, G. et Dunphy, N.P. (2015). *State of Play: Review of Environmental Policy Integration Literature*. Research Series Paper. Dublin: Conseil économique et social national. <https://cora.ucc.ie/handle/10468/3029>.

Nilsson, M., Zamparutti, T., Petersen, J.E., Nykvist, B., Rudberg, P. et McGuinn, J. (2012). Understanding policy coherence: Analytical framework and examples of sector-environment policy interactions in the EU. *Environmental Policy and Governance* 22(6), 395-423. <https://doi.org/10.1002/eet.1589>.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2011). Supporting the transition to a global green economy. Dans *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, Part III*. Nairobi. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/22016>.

Programme des Nations Unies pour l'environnement, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2018). *Access Information on Multilateral Environmental Agreements*. <https://www.informea.org/> (consulté le 17 octobre 2018).

Radaelli, C.M. (2009). Measuring policy learning: Regulatory impact assessment in Europe. *Journal of European Public Policy* 16(8), 1145-1164. <https://doi.org/10.1080/13501760903332647>.

Réseau stratégique des énergies renouvelables pour le 21^e siècle (2018). *Renewables 2018 Global Status Report. A Comprehensive Annual Overview of the State of Renewable Energy*. Paris. <https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2018-Full-Report-English.pdf>.

Runhaar, H., Driessen, P. et Uittenbroek, C. (2014). Towards a systematic framework for the analysis of environmental policy integration. *Environmental Policy and Governance* 24(4), 233-246. <https://doi.org/10.1002/eet.1647>.

Yin, H. et Powers, N. (2010). Do state renewable portfolio standards promote in-state renewable generation? *Energy Policy* 38(2), 1140-1149. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.067>.





PARTIE C

Perspectives et trajectoires vers une planète saine pour des populations en bonne santé



19. Les perspectives présentées dans le rapport GEO-6



20. Une vision à long terme pour 2050



21. Les développements futurs en l'absence de politiques ciblées



22. Des trajectoires pour le développement durable



23. Les initiatives ascendantes et les approches participatives



24. La voie à suivre





Chapitre 19



Les perspectives présentées dans le rapport GEO-6



Auteur coordonnateur : Ghassem R. Asrar (Pacific Northwest National Laboratory [États-Unis])

Auteurs principaux : Paul Lucas (Bureau d'évaluation environnementale [Pays-Bas]), Detlef van Vuuren (Bureau d'évaluation environnementale [Pays-Bas]), Laura Pereira (Centre for Complex Systems in Transition, université de Stellenbosch) et Joost Vervoort (université d'Utrecht)

Auteur collaborateur : Rohan Bhargava (université d'Utrecht)

Membre honoraire de GEO : Semie Sama (Centre pour l'innovation dans la gouvernance internationale)



Synthèse

Pour être utiles aux décideurs, les évaluations environnementales doivent tenir compte des interactions, de l'interdépendance et des trajectoires parallèles qui caractérisent la relation humains-écosystèmes. Elles doivent également proposer des politiques et des solutions scientifiques et technologiques, ainsi qu'une analyse de leurs effets directs et des avantages et/ou inconvénients qui en découlent (*établi, mais incomplet*). Les évaluations environnementales mondiales reposent généralement sur des scénarios quantitatifs modélisés capables de prendre en compte de nombreuses interactions humains-écosystèmes, mais qui tendent à négliger la dimension sociale. De plus, dans une évaluation mondiale, il est difficile de saisir certains détails essentiels comme la prise de décision à l'échelon local. Compte tenu des facteurs extrêmement complexes, interdépendants et évolutifs qui caractérisent l'évaluation des interactions humains-écosystèmes, les évaluations environnementales et les perspectives d'avenir fondées sur des données scientifiques se doivent d'adopter une approche systémique et intégrée, à l'appui des décisions stratégiques et d'investissement. {19.1}

Les évaluations mondiales doivent changer d'orientation et, plutôt que d'examiner ce qui se produit et ce qui peut être fait,

se concentrer sur la façon d'infléchir les tendances et les trajectoires en matière de développement (*bien établi*). Le recours aux méthodes ascendante « top-down » et descendante « bottom-up » dans la partie C du rapport GEO-6, intitulée « Perspectives et trajectoires vers une planète saine pour des populations en bonne santé », vise à fournir des données scientifiques allant dans ce sens. La combinaison de scénarios quantitatifs et d'approches participatives est également plus susceptible de répondre aux besoins des décideurs en matière de données sectorielles et régionales. En conséquence, l'analyse et l'évaluation des perspectives présentées dans le rapport GEO-6 comportent : 1) l'analyse de scénarios par modèles (l'« approche descendante ») ; 2) les informations et les connaissances issues des initiatives, des opportunités et des tendances passées et présentes (les germes du changement) ; 3) les informations découlant de la prise de décision intégrée et des activités participatives généralement réalisées au niveau local ou régional (les « approches ascendantes »). Cette façon de procéder favorisera la participation des parties prenantes au développement et à la diffusion des connaissances, ainsi qu'à la mise en œuvre de politiques et de pratiques adoptées sans délai afin d'en optimiser le succès. {19.2, 19.3}



19.1 Introduction

Les parties A et B du sixième *Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* (rapport GEO-6) indiquent qu'à l'échelle mondiale, les tendances actuelles et les trajectoires à venir en matière de développement ne sont pas viables. Parallèlement, les nations du monde entier ont convenu d'un ensemble d'objectifs ambitieux dans le cadre du Programme des Nations Unies pour le développement durable à l'horizon 2030, notamment les objectifs de développement durable (ODD), ainsi qu'un large éventail d'accords multilatéraux sur l'environnement et de cadres divers. Ensemble, elles espèrent endiguer la dégradation de l'environnement et favoriser les trajectoires de développement les mieux à même de procurer des avantages à la fois aux humains et aux écosystèmes sur lesquels repose leur bien-être.

À l'heure actuelle, la priorité consiste à déterminer si les tendances futures permettront de réaliser ces objectifs ambitieux – garantissant ainsi un avenir viable – et, dans le cas contraire, à identifier les solutions politiques et pratiques permettant d'infléchir ces tendances vers des trajectoires de développement positives et durables. Dans cette perspective, la partie C du rapport GEO-6 vise à proposer un point de vue intégré et holistique sur les données scientifiques ayant trait à ces enjeux. Nous y présentons de nouvelles approches pour l'élaboration de données scientifiques à l'intention des décideurs en combinant des projections quantitatives fondées sur des scénarios (l'approche descendante) et des méthodes communautaires et participatives (ascendantes).

19.2 Les principales composantes des perspectives d'avenir en matière d'environnement

Les changements intervenus dans les interactions humains-écosystèmes et les réactions en chaîne qui ont suivi concernent un large éventail d'échelles spatiales (locale, nationale, régionale, mondiale) et temporelles (saison, année, décennie et au-delà), et varient considérablement d'un secteur à l'autre (agriculture et alimentation, ressources en eau, systèmes énergétiques, pêche, etc.). Afin de prendre en compte la complexité de ces facteurs, le processus de conception, d'élaboration et de mise en œuvre des évaluations et des perspectives environnementales doit donner lieu à une implication significative des parties prenantes et des décideurs. Cette nécessité repose sur les phénomènes d'interdépendance observés, notamment dans les domaines suivants :

- i) L'élaboration de solutions aux problèmes hérités du passé et aux pressions actuelles (par exemple, la sécurité alimentaire, hydrique et énergétique) ;
- ii) L'élaboration d'approches de gestion adaptées à un environnement évolutif (par exemple, les ODD et d'autres cibles) ;
- iii) Les capacités d'anticipation et de préparation face aux nouveaux enjeux et aux pressions à venir.

Les évaluations et les perspectives environnementales doivent également considérer l'impact potentiel des plans, des politiques et des pratiques proposés, ainsi que la nécessité d'améliorer la communication entre les décideurs et le public. Pour ce faire, il convient de tenir compte des besoins des décideurs bien plus tôt dans le processus d'évaluation. Le rôle croissant des organisations publiques, privées et non gouvernementales dans le processus d'évaluation permet d'établir un lien intrinsèque entre la durabilité environnementale et l'équité, et constitue une occasion de promouvoir les objectifs de développement durable (Simson, 2012 ; Ho *et al.*, 2013). Le processus d'évaluation

environnementale peine parfois à prendre en compte les impacts socio-économiques des activités de développement et certains enjeux tels que la biodiversité, la santé humaine et les normes culturelles, souvent été négligés par le passé (Mahboubi, Parkes et Chan, 2015 ; Reid et Mooney, 2016 ; Kok *et al.*, 2017). L'efficacité d'une évaluation environnementale doit se mesurer à l'aune de sa capacité à élever le niveau des valeurs environnementales considérées comme importantes par les parties prenantes, telles que la gestion, les services et les facteurs socio-économiques (Arts *et al.*, 2012). Enfin, toute étude d'efficacité doit permettre de déterminer si le processus d'évaluation et ses produits ont abouti à une meilleure prise de décision et à la réalisation des objectifs (Fischer et He, 2009).

Les accords et les cadres récents, notamment le Programme pour le développement durable à l'horizon 2030 et l'Accord de Paris sur le climat, reconnaissent la nécessité d'infléchir les tendances et l'orientation actuelles et de promouvoir une approche systémique et intégrée en vue d'évaluer les facteurs extrêmement complexes, interdépendants et évolutifs qui sous-tendent ces tendances, notamment l'état des interactions humains-écosystèmes et les dynamiques à l'œuvre dans ce domaine. Les objectifs relatifs à la biodiversité, par exemple, impliquent la prise en compte d'autres objectifs liés à la production alimentaire, à la disponibilité de l'eau, au changement climatique et à la pollution atmosphérique. La publication d'évaluations des perspectives fondées sur la science et intégrant les effets directs, les avantages connexes et les conséquences des solutions disponibles peut profiter aux décideurs, qui éviteront ainsi les trajectoires de développement non durables et risquées (Kowarsch *et al.*, 2017). La nouvelle architecture mondiale du développement durable et de sa gouvernance exige donc que les perspectives environnementales tiennent compte de la complexité des relations et des interactions humains-écosystèmes, en vue d'élaborer un large éventail de politiques et de solutions pragmatiques.

Les ODD offrent un cadre propice à la mise en œuvre de cette approche holistique et à la recherche de voies et de moyens innovants pour la promotion de la santé et du bien-être humains ainsi que pour la gestion de l'environnement (Dye, 2018). Ce cadre suppose : i) la mise en œuvre systématique de recherches et d'évaluations scientifiques interdisciplinaires et multidisciplinaires ; ii) un équilibre stratégique entre l'urgence des besoins et des mesures à court terme et le processus de planification des risques et d'affectation des ressources à long terme ; iii) la promotion d'approches plus collaboratives et participatives, incitant les gouvernements, les entreprises et les citoyens à reconsidérer leurs fonctions, leurs responsabilités et leurs contributions respectives dans la mise en œuvre des accords multilatéraux relatifs à l'environnement (Simson, 2012 ; Ho *et al.*, 2013). L'implication des parties prenantes pourrait, par exemple, faire partie intégrante du développement des entreprises, afin de placer les trois aspects de la durabilité – enjeux environnementaux, sociaux et économiques – au cœur de la création des valeurs sociétales.

Plus précisément, les évaluations et les perspectives environnementales doivent permettre d'identifier les interventions transformatrices nécessaires à l'adoption d'une trajectoire de développement durable menant vers les objectifs ou les cibles fixés (par exemple, les ODD), afin de garantir une planète saine pour des populations en bonne santé. Ces transformations doivent prendre en compte la place des humains à travers le développement socio-économique, le rôle des perturbations subies par les systèmes naturels et les systèmes bâtis tels que les infrastructures, ainsi que les interactions entre ces deux facteurs.



19.3 Un nouveau cadre pour combiner les méthodes d'analyse descendante et ascendante

Au cours des dernières décennies, diverses méthodes ont été élaborées afin de proposer des évaluations et des perspectives environnementales permettant d'éclairer la prise de décision. À titre d'exemple, l'analyse modélisée de scénarios a été utilisée pour déterminer les conditions futures les plus plausibles en s'appuyant sur la situation et les tendances actuelles dans les domaines socio-économique, technologique et en matière de politiques environnementales (van Vuuren *et al.*, 2012). Cette approche consiste à envisager des scénarios, c'est-à-dire à proposer une description plausible et souvent simplifiée de la façon dont l'avenir pourrait prendre forme, en s'appuyant sur un ensemble cohérent et homogène d'hypothèses relatives aux principales forces motrices et aux liens qui les unissent (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Les scénarios constituent donc de puissants outils pour penser les différentes formes que pourrait prendre l'avenir. Grâce à la prise en compte des nombreuses interrelations entre les différents sous-systèmes (énergie, agriculture, villes, etc.) et des préoccupations sociétales (santé, économie, climat, air, eau potable, biodiversité, etc.), ils offrent un aperçu des trajectoires possibles en matière de développement durable et de leurs implications respectives, ce qui permet ensuite d'aborder avec plus de précision les synergies et les arbitrages entre les différents développements et aspirations concernés. Compte tenu de l'incertitude inhérente à l'avenir, les scénarios et leur analyse sont également utiles pour évaluer les conséquences futures de certains problèmes et pour nourrir les récits qui orienteront les décisions à venir (sans perdre de vue le degré d'incertitude et les chances de réussite qui caractérisent chaque scénario). Cette approche dite *descendante* commence généralement par l'examen d'une politique donnée en vue de déterminer les chaînes de causalité auxquelles sa mise en œuvre pourrait donner lieu (voir les chapitres 21 et 22). Elle permet d'évaluer l'efficacité potentielle des politiques envisagées en examinant les aspects quantitatifs des différents systèmes en jeu, leurs interactions (dans la mesure du possible) et la créativité déployée pour représenter ces systèmes complexes, souvent sur la base de l'état actuel des connaissances à leur sujet.

À l'inverse, les approches participatives partent des résultats observés et remontent la chaîne de causalité afin d'identifier les interventions stratégiques concernées. Ces approches dites *ascendantes* sont de plus en plus répandues (voir le chapitre 23). La plupart d'entre elles reposent sur l'implication active des parties prenantes et des citoyens par le biais d'ateliers, de processus de production participative et de concours visant à identifier des idées, des pratiques et des solutions innovantes. Les besoins auxquels répond ce type d'approche sont souvent propres à un secteur ou à une région spécifique, ce qui a favorisé la diversification des approches participatives au cours des dernières décennies. Les approches ascendantes offrent trois avantages principaux :

- i) Elles mettent l'accent sur les défis propres au développement local et régional ;
- ii) Elles impliquent les parties prenantes et les utilisateurs dans la planification du processus d'analyse et dans la production des connaissances qui éclaireront ensuite sa conception, son élaboration et sa mise en œuvre ;
- iii) Elles offrent la possibilité d'élaborer des analyses et de produire des données sectorielles ou régionales.

Les approches ascendantes sont limitées par une échelle géographique et une longévité réduites. Néanmoins, compte tenu des besoins croissants des décideurs locaux et infranationaux en matière de données, et de la volonté d'impliquer activement les parties prenantes dans le processus de développement des connaissances, elles présentent également un potentiel important (Jabbour et Flachsland, 2017 ; Kowarsch *et al.*, 2017).

Par conséquent, le rapport GEO-6 a recours à des approches et à des méthodes à la fois descendantes et ascendantes pour élaborer des scénarios favorisant la réalisation de cibles. Il s'inscrit dans la continuité des évaluations figurant dans les précédents rapports GEO et des analyses des trajectoires menées avant l'adoption des ODD, et s'appuie sur des scénarios quantitatifs (van Vuuren *et al.*, 2015 ; voir également les chapitres 21 et 22) ainsi que sur l'analyse participative et communautaire réalisée dans le cadre d'ateliers avec les parties prenantes et d'approches de production participative (voir le chapitre 23). Cette possibilité de combiner les caractéristiques les plus utiles de chaque approche est particulièrement intéressante, car elle permet aux évaluations et aux perspectives de saisir la complexité accrue des relations et des interactions humains-écosystèmes, et de répondre aux besoins des décideurs en matière d'informations sectorielles et régionales. L'analyse des perspectives fournie par le rapport GEO-6 propose, entre autres caractéristiques nouvelles :

- ❖ Une combinaison d'approches descendantes (par exemple, les trajectoires) et ascendantes (par exemple, les acteurs d'une « nouvelle donne », les germes du changement, la production participative) garantissant l'efficacité et l'efficience de l'analyse qui en résulte ;
- ❖ Une attention aux modalités d'action dans le cadre de l'analyse intégrée des scénarios, à travers l'examen de scénarios explicitement tournés vers la réalisation de cibles et leur mise en rapport avec les publications relatives à l'évolution empirique des trajectoires, en s'arrêtant plus particulièrement sur les synergies et les arbitrages associés à la réalisation simultanée d'objectifs de bien-être et d'objectifs environnementaux ;
- ❖ La mise à contribution des parties prenantes dans le développement, la mise en œuvre et la diffusion des connaissances, par le biais d'ateliers régionaux et sectoriels avec les parties prenantes et de plateformes de production participative, afin d'éclairer le processus d'analyse, de test et d'affinement des résultats ;
- ❖ La communication avec les décideurs (par exemple, les experts stratégiques) tout au long du processus de développement des connaissances, et non au niveau du seul produit final, et le recours à des méthodes innovantes pour la diffusion des résultats des évaluations, favorisant leur intégration dans les processus décisionnels stratégiques et pratiques.

Les trajectoires descendantes mondiales envisagées dans le cadre du rapport GEO-6, dont le choix repose sur l'examen des travaux existants, peuvent être regroupées en trois voies de changement potentielles (Bureau d'évaluation environnementale, 2012 ; van Vuuren *et al.*, 2012) :

- i) Les innovations technologiques, qui peuvent faire office de moteur principal du changement ;
- ii) L'évolution des choix et des comportements des consommateurs ;
- iii) L'innovation décentralisée en faveur d'activités marquées par un ancrage local et communautaire.

Les approches descendantes évaluées dans le cadre du rapport GEO-6 visent à saisir dans toute leur richesse les différentes pratiques, idées et visions favorisant un meilleur avenir à l'échelle mondiale, grâce à des méthodes telles que la plateforme Climate CoLab du MIT Center for Collective Intelligence (Malone *et al.*, 2017), le programme « Seeds of a good Anthropocene » (« Les germes d'un Anthropocène sain » ; Bennett *et al.*, 2016) et les projets de trajectoires parrainés par le septième programme-cadre de la Commission européenne (Kok *et al.*, 2015 ; voir le chapitre 23). L'approche combinée permet de mener de front une analyse fondée sur des données scientifiques, nécessaire à la réalisation efficace des ODD, ainsi qu'une analyse portant sur d'autres accords multilatéraux relatifs à l'environnement (Commission européenne, 2016 ; Patterson *et al.*, 2017).



19.4 Le rôle de l'échelle géographique

L'échelle géographique joue un rôle clé dans les évaluations environnementales (Gibson, Ostrom et Ahn, 2000 ; Cash *et al.*, 2006 ; Vervoort *et al.*, 2012), dans la mesure où la plupart des problèmes environnementaux transcendent plusieurs niveaux d'intervention (local, national, régional et mondial). L'idée sous-jacente est que les grands changements sociétaux – c'est-à-dire le paysage général – permettent à des pratiques et à des technologies novatrices et radicales d'être adoptées à une échelle restreinte, avant de remplacer les pratiques sociales et technologiques conventionnelles qui ont cours à un niveau plus structurel, brisant ainsi le statu quo en vigueur dans un domaine d'activité sociale et technologique donné (Geels et Schot, 2007). Beaucoup d'autres théories de la transformation appliquées aux systèmes socio-écologiques reposent sur cette même idée selon laquelle un processus de transformation peut naître de l'interaction entre un changement ascendant, généré par des pratiques adoptées à petite échelle, et un changement descendant, engendré par les grandes mutations sociales, les politiques et les activités économiques (Feola, 2015 ; Patterson *et al.*, 2017).

On peut illustrer cette idée par l'exemple des changements climatiques et de leurs impacts. En premier lieu, le processus biophysique se joue à plusieurs échelles : mondiale (concentration de CO₂), continentale (régimes climatiques) et locale (interactions terre-climat). Deuxièmement, ces différentes échelles jouent également un rôle clé en termes de solutions. Par exemple, la politique climatique internationale se négocie au niveau mondial, mais sa mise en œuvre concerne les niveaux national et local. Les liens entre les différents échelons doivent donc constituer un enjeu majeur des évaluations et des perspectives environnementales, ainsi que des politiques et des interventions qu'elles recommandent (Zurek et Henrichs, 2007). Toute inadéquation entre les échelles caractérisant les systèmes naturels et celles propres aux systèmes anthropiques peut avoir des effets négatifs sur l'environnement, par exemple lorsqu'un bassin fluvial est soumis à des juridictions nationales concurrentes (Cumming, Cumming et Redman, 2006).

L'intégration de ces différentes échelles joue un rôle important dans le choix de politiques et d'interventions synergiques et efficaces (Palazzo *et al.*, 2017). À titre d'exemple, la formulation de recommandations stratégiques concrètes doit tenir compte du cadre politique à mettre en place (grâce à l'intervention des pouvoirs publics, du secteur privé, de la société civile et d'autres entités) pour favoriser un déploiement élargi et approfondi de processus innovants ascendants au sein des évaluations futures (Moore, Riddell et Vocisano, 2015 ; Mason-D'Croz *et al.*, 2016). Pour cela, les décideurs des différents secteurs doivent avoir accès à des informations leur permettant d'élaborer et de mettre en œuvre des politiques, des stratégies et des investissements favorables à la transformation en profondeur de leurs secteurs et domaines d'intérêt respectifs.

Les caractéristiques complémentaires des approches descendantes et ascendantes utilisées dans la partie C permettent de prendre en compte les diverses échelles et leurs interactions dans l'évaluation des scénarios et des stratégies, en maximisant les synergies et en réduisant au minimum les arbitrages afin d'envisager des trajectoires favorables à la concrétisation des ODD et des autres accords multilatéraux relatifs à l'environnement.

19.5 Feuille de route pour la partie C du rapport GEO-6

En prenant appui sur les évaluations antérieures, en particulier le rapport GEO-5 (Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE], 2012), le rapport GEO-6 s'oriente vers une combinaison de questions liées aux contenus et aux modalités,

et d'approches permettant d'évaluer l'état des connaissances scientifiques relatives aux défis et aux opportunités que constituent les différents objectifs et cibles fixés à l'échelle mondiale. Avec le Programme pour le développement durable à l'horizon 2030, il existe désormais un programme universel, transformateur et intégré de développement durable qui permet (sans toutefois afficher cet objectif de manière explicite) de rassembler de manière cohérente les objectifs issus d'un large éventail de cadres et d'accords multilatéraux. La partie C vise à aborder les synergies (avantages connexes) et les arbitrages (aspects concurrents) associés à la réalisation des multiples objectifs et cibles compris dans ces différents cadres et accords (ODD, contributions déterminées au niveau national, Objectifs d'Aichi pour la diversité biologique, etc.), plutôt que d'analyser séparément la marche à suivre pour atteindre leurs nombreux indicateurs respectifs. Les questions d'orientation sont les suivantes :

- ❖ Comment pouvons-nous concrétiser la dimension environnementale des ODD et des accords multilatéraux relatifs à l'environnement ?
- ❖ Quelles stratégies mettre en œuvre à moyen et à long terme pour parvenir à une durabilité réellement pérenne ?

Les chapitres du rapport GEO-6 traitant des perspectives (partie C du présent rapport) visent à répondre à ces questions en associant une analyse descendante et modélisée de scénarios à des informations issues d'initiatives ascendantes et participatives (voir la section 19.2). Il s'agit de montrer comment combiner ces éléments pour répondre aux besoins des décideurs en matière de données nationales, infranationales, régionales et mondiales.

Les éléments clés ci-dessous seront abordés dans les prochains chapitres :

- ❖ Formuler une vision quantitative à long terme pour 2050, composée des principales cibles environnementales tirées des ODD et d'autres accords multilatéraux relatifs à l'environnement (chapitre 20) ;
- ❖ Évaluer les tendances à long terme et discuter des lacunes éventuelles en matière de mise en œuvre (chapitre 21) ;
- ❖ Déterminer les trajectoires permettant de concrétiser la vision à long terme, en mettant l'accent sur les nombreuses interrelations qui caractérisent la grande variété des cibles évaluées (chapitre 22) ;
- ❖ Évaluer les initiatives innovantes et les moteurs de transformation dans la perspective des trajectoires futures (chapitre 23) ;
- ❖ Discuter de la marche à suivre pour progresser vers la concrétisation du thème du rapport GEO-6, « une planète saine pour des populations en bonne santé » (chapitre 24).

Le chapitre 20 traduit la vision à moyen et long terme des ODD et de plusieurs autres accords multilatéraux relatifs à l'environnement en énonçant de manière plus concise et quantitative les cibles concernées et en mettant l'accent sur les liens entre alimentation, eau et énergie. Il s'agit notamment d'extraire les informations comprises dans ces cadres et accords, de sélectionner certaines priorités environnementales ayant trait au thème « une planète saine pour des populations en bonne santé » et d'identifier des indicateurs et des cibles quantitatives permettant de suivre les progrès accomplis. Les chapitres 21 et 22 évaluent les publications consacrées à des scénarios modélisés (approche descendante) afin d'analyser, d'une part, les tendances actuelles en matière d'interactions humains-écosystèmes et, d'autre part, les trajectoires à suivre pour concrétiser les objectifs de la vision à long terme. Ce processus d'analyse et d'évaluation repose exclusivement sur des scénarios existants (par exemple, la mise en œuvre de trajectoires socio-économiques communes). Dans le chapitre 21, l'analyse de scénarios porte sur les tendances actuelles et relève



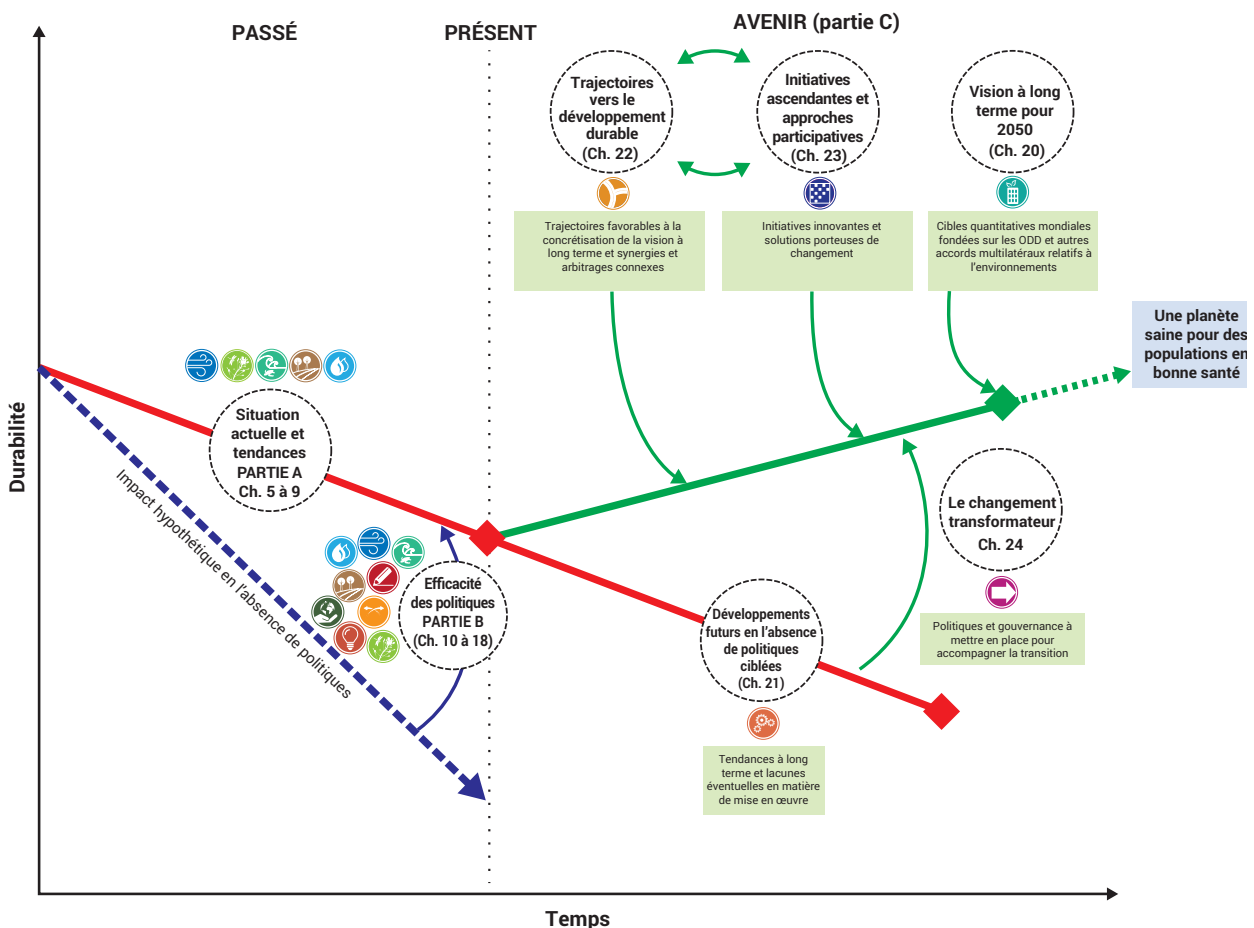
les écarts éventuels entre la façon dont elles sont mises en œuvre et les cibles identifiées au chapitre 20. Le chapitre 22, quant à lui, identifie des trajectoires susceptibles de mener à la réalisation des cibles choisies de façon complémentaire et globale. Ensemble, ces trois chapitres présentent une perspective axée sur les solutions, notamment les arbitrages et les synergies possibles entre les différentes trajectoires établies.

Le chapitre 23 porte sur l'écart entre les tendances actuelles et les voies durables fondées sur des approches locales et participatives mobilisant les parties prenantes et les citoyens (approche ascendante). De même que pour l'analyse des scénarios modélisés, il s'agit de retenir un ensemble d'initiatives et de pratiques exemplaires, tant actuelles que futures, susceptibles de favoriser la réalisation de certains ODD ou de certaines combinaisons de cibles. L'un des principaux atouts de cette approche tient à la prise en compte des rôles respectifs des différents acteurs. Il est possible de mener une analyse de ce type en se servant de

scénarios descendants pour encadrer des initiatives ascendantes. Un tel cadrage permet de lever les principaux obstacles liés aux stratégies dites ascendantes et porteuses de changement, qui sont souvent propres à une zone géographique ou à un secteur donné, et d'évaluer leur faisabilité et leurs avantages à l'échelle mondiale.

Enfin, le chapitre 24 présente les informations issues des approches intégrées et holistiques proposées et étudiées dans la partie C, susceptibles de contribuer à l'élaboration et à la mise en œuvre de politiques et de pratiques efficaces, favorables à la concrétisation synergique des ODD et des accords multilatéraux relatifs à l'environnement. En résumé, ce chapitre s'intéresse à la façon dont ces informations peuvent contribuer à la mise en œuvre de trajectoires de développement transformatrices pour une planète saine et des populations en bonne santé. contribuer à des trajectoires de développement transformatrices pour une planète saine et des populations en bonne santé.

Figure 19.1 : Cadrage conceptuel des chapitres de la partie C du rapport GEO-6, de leurs interrelations et de leur apport à l'analyse et à l'évaluation holistiques des interactions humains-écosystèmes en vue d'établir des trajectoires de développement transformatrices



Source : Adapté de van Vuuren et al. (2015).

Références



- Arts, J., Runhaar, H.A.C., Fischer, T.B., Jha-Thakur, U., Laerhoven, F.V., Driessen, P.P.J. et al. (2012). The effectiveness of EIA as an instrument for environmental governance: Reflecting on 25 years of EIA practice in the Netherlands and the UK. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 14(4). <https://doi.org/10.1142/S1464333212500251>.
- Bennett, E.M., Solan, M., Biggs, R., McPhearson, T., Norström, A.V., Olsson, P. et al. (2016). Bright spots: Seeds of a good Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14(8), 441-448. <https://doi.org/10.1002/fee.1309>.
- Bureau d'évaluation environnementale (Pays-Bas) (2012). *Roads from Rio+20: Pathways to Achieve Global Sustainability Goals by 2050*. La Haye. <https://goo.gl/1vX3FC>.
- Cash, D.W., Adger, W.N., Berkes, F., Garden, P., Lebel, L., Olsson, P. et al. (2006). Scale and cross-scale dynamics: Governance and information in a multilevel world. *Ecology and Society* 11(2), 8. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art8/>.
- Commission européenne (2016). *Exploring Transition Pathways to Sustainable, Low Carbon Societies*. <https://cordis.europa.eu/project/id/6033942/>.
- Cumming, G.S., Cumming, D.H.M. et Redman, C.L. (2006). Scale mismatches in social-ecological systems: Causes, consequences, and solutions. *Ecology and Society* 11(1), 14. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art14/>.
- Dye, C. (2018). Expanded health systems for sustainable development: Advance transformative research for the 2030 Agenda. *Science* 359(6382), 1337-1339. <https://doi.org/10.1126/science.aag1081>.
- Feola, G. (2015). Societal transformation in response to global environmental change: A review of emerging concepts. *Ambio* 44(5), 376-390. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0582-z>.
- Fischer, T.B. et He, X. (2009). Differences in perceptions of effective sea in the UK and China. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 11(4), 471-485. <https://doi.org/10.1142/S1464333209003452>.
- Geels, F.W. et Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36(3), 399-417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>.
- Gibson, C.C., Ostrom, E. et Ahn, T.K. (2000). The concept of scale and the human dimensions of global change: A survey. *Ecological Economics* 32(2), 217-239. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00092-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00092-0).
- Ho, C.S., Matsuoka, Y., Chau, L.W., Teh, B.T., Simson, J.J. et Gomi, K. (2013). Blueprint for the development of low carbon society scenarios for Asian regions: Case study of Iskandar Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 16(012125). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/16/1/012125>.
- Jabbour, J. et Flachsland, C. (2017). 40 years of global environmental assessments: A retrospective analysis. *Environmental Science & Policy* 77 (193-202). <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.001>.
- Kok, K., Pedde, S., Jäger, J. et Harrison, P. (2015). *European Shared Socioeconomic Pathways*. http://impressions-project.eu/getatt.php?filename=IMPRESSIIONSReport_EuropeanSSPs_13773.pdf.
- Kok, M.T.J., Kok, K., Peterson, G.D., Hill, R., Agard, J. et Carpenter, S.R. (2017). Biodiversity and ecosystem services require IPBES to take novel approach to scenarios. *Sustainability Science* 12(1), 177-181. <https://doi.org/10.1007/s11625-016-0354-8>.
- Kowarsch, M., Jabbour, J., Flachsland, C., Kok, M.T.J., Watson, R., Haas, P.M. et al. (2017). A road map for global environmental assessments. *Nature Climate Change* 7(6), 379-382. <https://doi.org/10.1038/nclimate3307>.
- Mahboubi, P., Parkes, M.W. et Chan, H.M. (2015). Challenges and opportunities of integrating human health into the environmental assessment process: The Canadian experience contextualised in international efforts. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 17(4). <https://doi.org/10.1142/S1464333215500349>.
- Malone, T.W., Nickerson, J.V., Laubacher, R.J., Fisher, L.H., de Boer, P., Han, Y. et al. (2017). Putting the pieces back together again: Contest webs for large-scale problem solving. *ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work and Social Computing*. Portland, OR, 25 février-1^{er} mars 2017. <http://mitsloan.mit.edu/shared/ods/documents/?DocumentID=2711>.
- Mason-D'Croz, D., Vervoort, J., Palazzo, A., Islam, S., Lord, S., Helfgott, A. et al. (2016). Multi-factor, multi-state, multi-model scenarios: Exploring food and climate futures for Southeast Asia. *Environmental Modelling & Software* 83, 255-270. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.05.008>.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington: Island Press. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>.
- Moore, M.-L., Riddell, D. et Vocisano, D. (2015). Scaling out, scaling up, scaling deep: Strategies of non-profits in advancing systemic social innovation. *Journal of Corporate Citizenship* (58), 67-84. <https://app.dimensions.ai/details/publication/pub.1026396534>.
- Palazzo, A., Vervoort, J.M., Mason-D'Croz, D., Rutting, L., Havlik, P., Islam, S. et al. (2017). Linking regional stakeholder scenarios and shared socioeconomic pathways: Quantified West African food and climate futures in a global context. *Global Environmental Change* 45, 227-242. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.12.002>.
- Patterson, J., Schulz, K., Vervoort, J., van der Hel, S., Widerberg, O., Adler, C. et al. (2017). Exploring the governance and politics of transformations towards sustainability. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 24, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.09.001>.
- Programme des Nations unies pour l'environnement (2012). *Global Environment Outlook 5: Environment for the Future We Want*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GE05_report_full_en.pdf.
- Reid, W.V. et Mooney, H.A. (2016). The Millennium Ecosystem Assessment: Testing the limits of interdisciplinary and multi-scale science. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 19, 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.11.009>.
- Simson, J.J. (2012). *Study on Sustainable Low Carbon Society in Malaysian Regional Development*. Université de Kyoto. https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bitstream/2433/157521/2/D_SIMSON_Janice%20Jeevamalar.pdf.
- van Vuuren, D.P., Kok, M., Lucas, P.L., Prins, A.G., Alkemade, R., van den Berg, M. et al. (2015). Pathways to achieve a set of ambitious global sustainability objectives by 2050: Explorations using the IMAGE integrated assessment model. *Technological Forecasting and Social Change* 98, 303-323. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.03.005>.
- van Vuuren, D.P., Kok, M.T.J., Girod, B., Lucas, P.L. et de Vries, B. (2012). Scenarios in global environmental assessments: Key characteristics and lessons for future use. *Global Environmental Change* 22(4), 884-895. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.06.001>.
- Vervoort, J.M., Rutting, L., Kok, K., Hermans, F.L.P., Veldkamp, T., Bregt, A.K. et al. (2012). Exploring dimensions, scales, and cross-scale dynamics from the perspectives of change agents in social-ecological systems. *Ecology and Society* 17(4), 24. <https://doi.org/10.5751/ES-05098-170424>.
- Zurek, M.B. et Henrichs, T. (2007). Linking scenarios across geographical scales in international environmental assessments. *Technological Forecasting and Social Change* 74(8), 1282-1295. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.11.005>.



Chapitre 20



Une vision à long terme pour 2050



Auteur coordonnateur : Paul Lucas (Bureau d'évaluation environnementale [Pays-Bas])

Auteurs principaux : Mark Elder (Institute for Global Environment Strategies) et Detlef van Vuuren (Bureau d'évaluation environnementale [Pays-Bas])

Auteur collaborateur : Fintan Hurley (Institute of Occupational Medicine)



Synthèse

Afin d'évaluer les progrès futurs vers la réalisation des objectifs de développement durable (ODD) et des accords multilatéraux sur l'environnement (AME) qui s'y rattachent, il convient de traduire leurs cibles sous-jacentes en un ensemble de cibles plus concises et plus quantitatives (*bien établi*). Les ODD couvrent un large éventail d'enjeux et l'environnement est présent dans la plupart d'entre eux, y compris dans des objectifs non environnementaux. Dans la perspective d'une évaluation des progrès à venir, l'interprétation des cibles des ODD et des AME connexes présente plusieurs défis. Tout d'abord, il convient de sélectionner des cibles spécifiques pour aboutir à une évaluation précise. Ensuite, ces cibles doivent être quantitatives et se rapporter à des indicateurs clairement établis, accompagnés de valeurs cibles. {20.2 ; 20.3}

Les ODD peuvent être classés en plusieurs catégories en fonction de leur rapport au bien-être humain, à la consommation et à la production durables, et aux ressources naturelles (*établi, mais incomplet*). Le Programme de développement durable à l'horizon 2030 souligne que les objectifs et les cibles sont intégrés et indissociables, et qu'ils visent à contribuer à la cohérence des politiques de durabilité. Toutefois, il n'indique pas comment mettre en œuvre les ODD de manière synergique. Afin de mettre au jour les arbitrages et les synergies possibles pour la réalisation simultanée de plusieurs ODD, et de proposer des pistes de gouvernance pour la gestion de ces interdépendances, il est possible de regrouper les ODD selon les catégories suivantes : objectifs sociaux – ou, plus généralement, axés sur le bien-être humain ; objectifs de durabilité portant sur la consommation, la production des ressources et l'accès à ces ressources ; objectifs de protection et de gestion des ressources naturelles. Ces catégories entretiennent des liens réciproques, étant donné que l'environnement fournit le socle de ressources naturelles dont dépendent le développement et, au bout du compte, le bien-être humains, notamment en matière de santé. L'utilisation non durable des ressources peut avoir des effets néfastes à la fois sur les populations et sur la planète, ce qui nécessite des politiques visant particulièrement la consommation et la production durables, ainsi que la distribution équitable des ressources naturelles et de leurs bénéfices. Les avantages pour la santé humaine dépendent donc des ODD dans leur ensemble, et

pas seulement de ceux qui présentent un lien explicite avec la santé ou le bien-être. {20.3}

Les cibles des ODD liées à l'environnement peuvent faire l'objet d'une définition quantitative plus précise sur la base des cibles convenues à l'échelle internationale dans le cadre des AME et de la littérature scientifique (*établi, mais incomplet*). De nombreuses cibles des ODD sont formulées en termes clairs et quantitatifs, mais beaucoup de cibles liées à l'environnement demeurent plus vagues, que ce soit sur le plan quantitatif ou qualitatif. Sur plusieurs questions telles que le changement climatique et la perte de biodiversité, les cibles des AME sont plus concrètes. La définition quantitative des cibles des ODD peut ainsi prendre appui sur des AME pertinents. En l'absence d'objectifs environnementaux convenus à l'échelle internationale, on peut recourir à des cibles « fondées sur la science », c'est-à-dire sur les limites biophysiques établies par la littérature scientifique. {20.4}

L'évaluation des scénarios proposée par le rapport GEO-6 se concentre sur le lien entre alimentation, eau et énergie pour le confronter aux thèmes environnementaux du rapport GEO-6 et aux multiples dimensions connexes relatives à la pauvreté et à la santé. Les cibles choisies pour évaluer les scénarios du rapport GEO-6 placent l'utilisation des ressources naturelles au centre des préoccupations, en mettant l'accent sur les défis qui entretiennent un lien direct ou indirect avec les ODD dans le domaine de l'alimentation et de l'agriculture (ODD 2), de l'eau (ODD 6) et de l'énergie (ODD 7). L'utilisation des ressources est liée, d'une part, aux objectifs sociaux d'accès des populations à l'alimentation, à l'eau et à l'énergie, ainsi qu'aux conséquences sanitaires d'éventuelles lacunes (ODD 3). D'autre part, elle concerne la qualité et la quantité du socle de ressources naturelles nécessaire à cette utilisation ou affecté par celle-ci (ODD 13, ODD 14 et ODD 15). L'adoption d'une telle perspective et d'une définition quantitative plus poussée aboutit à une vision intégrée des différents aspects environnementaux des ODD et des accords connexes. L'ensemble de cibles qui en résulte ne constitue pas une alternative aux accords internationaux, mais plutôt un sous-ensemble, voire un substitut utile pour l'analyse menée dans les prochains chapitres. {20.4}



20.1 Introduction

Une analyse des trajectoires favorables au développement durable nécessite une vision à long terme. En principe, cette vision se résume à un ensemble quantitatif d'objectifs ou de cibles clés, convenus à l'échelle mondiale. Le Programme de développement durable à l'horizon 2030, adopté en septembre 2015, conceptualise le développement durable sous la forme de 17 objectifs de développement durable (ODD), eux-mêmes divisés en 169 cibles et 232 indicateurs opérationnels (Organisation des Nations Unies [ONU], 2015a ; voir l'annexe 4-1). Ce programme propose une vision ambitieuse et transformatrice à l'horizon 2030. Les ODD portent sur un large éventail de questions, notamment l'éradication de la pauvreté, la transformation des sociétés pour la durabilité et la résilience, ainsi que la protection et la gestion de la base de ressources naturelles. En outre, les ODD et leurs cibles sont liés à plusieurs accords multilatéraux sur l'environnement (AME). Ensemble, les ODD et les AME connexes contiennent une série de cibles établies à l'échelle mondiale en vue d'orienter la transformation vers la durabilité à long terme.

Dans le présent chapitre, nous définissons la vision qui a servi à l'analyse des scénarios du rapport GEO-6, avec une perspective inscrite dans le long terme, au-delà de 2030. Selon cette vision, les ODD forment un ensemble intégré et global d'objectifs et de cibles parmi lesquels il est possible de sélectionner des aspects spécifiquement liés à l'environnement. Ces cibles environnementales peuvent recevoir une définition quantitative plus claire en prenant appui sur des cibles tirées d'AME pertinents ou de la littérature scientifique. Cette vision à long terme fait écho au thème du rapport GEO-6, « Une planète saine pour des populations en bonne en santé », puisqu'elle met l'accent sur des cibles environnementales mondiales liées aux cinq thèmes abordés dans la partie A (L'état de l'environnement mondial) et sur des cibles multidimensionnelles connexes relatives à la pauvreté et la santé. Dans les chapitres 21 et 22, nous évaluerons la littérature existante sur les scénarios en vue d'examiner les perspectives d'évolution de ces cibles et des trajectoires à suivre pour les atteindre.

20.2 La dimension environnementale des ODD

En 1972, dans le cadre de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement humain, les pays du monde entier ont convenu de la nécessité de préserver les ressources naturelles et de limiter la pollution afin qu'elle n'excède pas la capacité de l'environnement à assurer son propre assainissement (ONU, 1972). Depuis 1972, une série de conférences des Nations Unies, de sommets et d'accords internationaux ont fixé des objectifs pour la protection de l'environnement et le développement humain durable (Jabbour *et al.*, 2012). Les années 2015 et 2016 ont constitué un jalon important pour le multilatéralisme environnemental, en grande partie grâce à l'élaboration et à l'adoption de cinq cadres mondiaux, dont l'Accord de Paris (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques [CCNUCC], 2015) et le Programme de développement durable à l'horizon 2030 (ONU, 2015a).

Le Programme de développement durable à l'horizon 2030 est explicite quant à la nature intégrée de ses objectifs et de ses cibles. Les ODD couvrent un large éventail de questions environnementales (voir la section 1.5) et la plupart d'entre eux ont trait à ces enjeux (Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2015 ; Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE], 2015 ; Lucas *et*

al., 2016 ; Reid *et al.*, 2017), y compris dans les objectifs non environnementaux (Elder et Olsen, 2019).

Plus de la moitié des ODD se concentrent sur l'environnement et/ou traitent de l'utilisation durable des ressources naturelles, et la plupart comprennent au moins une cible relative à la durabilité environnementale (Assemblée des Nations Unies pour l'environnement du Programme des Nations Unies pour l'environnement [ANUE], 2016). Ces cibles abordent la qualité de l'environnement physique de manière directe (air, climat, biodiversité, océans, terre, eau douce) ou indirecte (santé, éducation, agriculture, eau potable et assainissement, énergie, gouvernance et institutions). Douze ODD promeuvent le bien-être humain par l'utilisation durable des ressources naturelles, et dix ne peuvent être réalisés que si l'efficacité de l'utilisation des ressources naturelles s'améliore considérablement (PNUE, 2015). Toutefois, si de nombreuses cibles des ODD sont formulées en termes clairs et quantitatifs, on ne peut en dire autant de certaines cibles environnementales (Gupta et Vegelin, 2016 ; Elder et Olsen, 2018). De ce point de vue, il est difficile d'identifier un ensemble de cibles environnementales à évaluer dans le cadre d'une analyse quantitative de scénarios.

20.3 Un point de vue intégré sur les ODD

Le Programme de développement durable à l'horizon 2030 souligne que les objectifs et les cibles sont intégrés et indissociables et qu'ils visent à contribuer à la cohérence des politiques de durabilité (ONU, 2015a), ce qui signifie qu'ils sont interdépendants à plusieurs titres (Nilsson, Griggs et Visbeck, 2016). En mettant davantage l'accent sur les liens et les synergies entre les différents ODD, on pourrait améliorer l'efficacité de leur mise en œuvre et réduire le fardeau et les coûts associés à la poursuite autonome de chaque objectif et de chaque cible (Elder, Bengtsson et Akenji, 2016 ; ANUE, 2016). Toutefois, si les ODD et leurs cibles sont relativement clairs, le Programme de développement durable à l'horizon 2030 ne précise pas comment les combiner (Conseil international pour la science et Conseil international des sciences sociales, 2015). Les propriétés systémiques d'une approche intégrée et holistique sont également mal comprises (Weitz *et al.*, 2017). Néanmoins, l'ensemble de la communauté scientifique a lancé un appel en faveur d'une mise en œuvre des ODD fondée sur ce type d'approche (Weitz, Nilsson et Davis, 2014 ; ONU, 2015b ; Boas, Biermann et Kanie, 2016 ; Lucas *et al.*, 2016 ; Yillia, 2016 ; Stafford-Smith *et al.*, 2017). Des cadres ont notamment été proposés pour faciliter la cartographie et le suivi des interactions entre les objectifs et les cibles (Nilsson *et al.*, 2016 ; Nilsson, Griggs et Visbeck, 2016 ; Conseil international pour la science, 2017 ; Weitz *et al.*, 2017 ; Zhou, Moinuddin et Xu, 2017 ; Singh *et al.*, 2018).

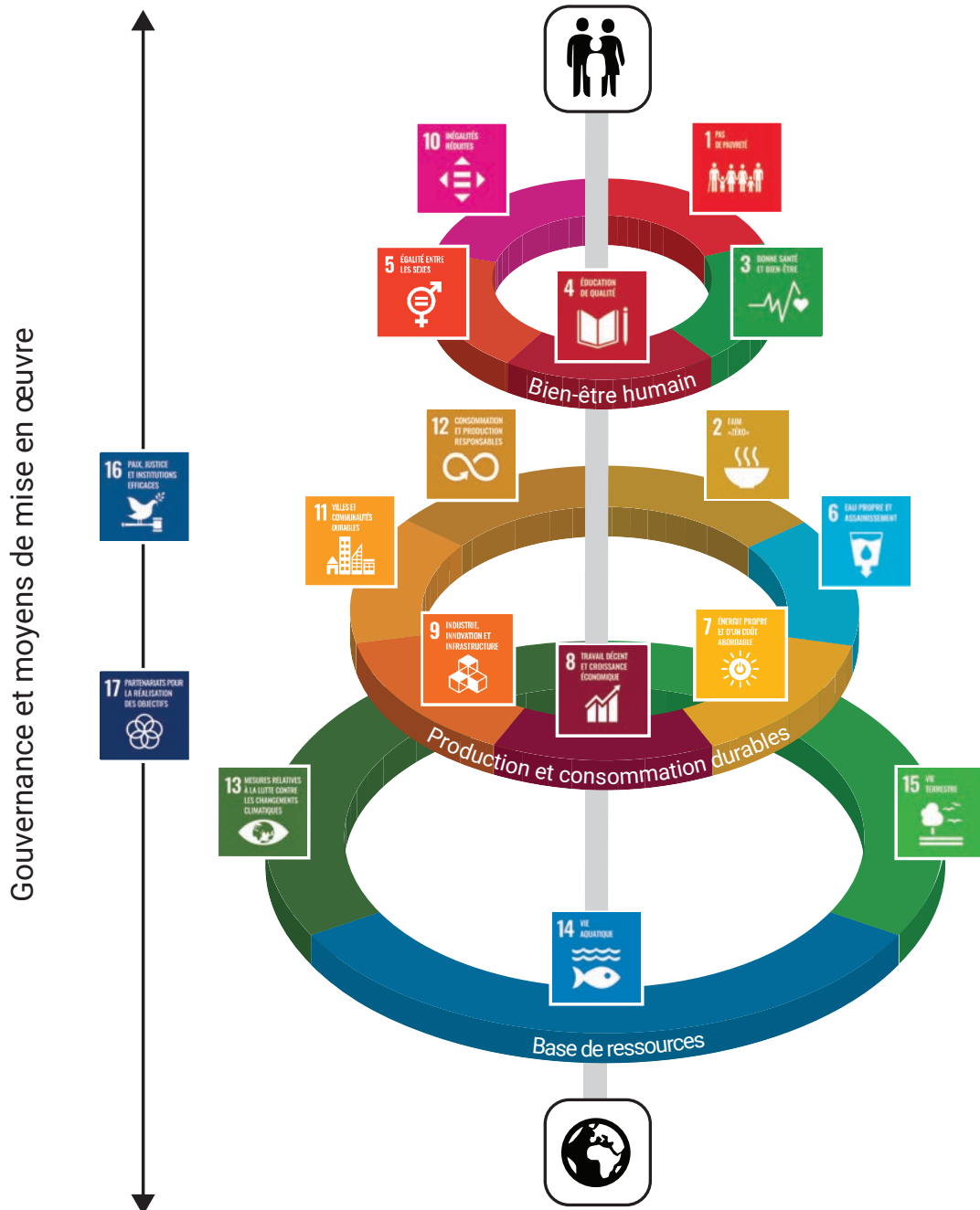
Diverses études ont analysé les liens entre les objectifs et les cibles sous différents angles et selon différentes méthodes, par exemple en les considérant comme un réseau et en s'appuyant sur les cibles associées à plusieurs objectifs (Conseil international pour la science et Conseil international des sciences sociales, 2015 ; Le Blanc, 2015 ; PNUE, 2015 ; Zhou et Moinuddin, 2017) et basées sur une modélisation quantitative (ONU, 2015b ; van Vuuren *et al.*, 2015 ; Collste, Pedercini et Cornell, 2017) pour relier entre eux les objectifs. De plus, les chercheurs ont élaboré des cadres visant à structurer les objectifs, à mettre au jour les arbitrages et les synergies possibles et à proposer des pistes de gouvernance pour la gestion de leurs interactions (Griggs *et al.*, 2013 ; Nilsson, Lucas et Yoshida, 2013 ; Lucas *et al.*, 2014 ; Waage *et al.*, 2015a ; Waage *et al.*, 2015b ; Elder, Bengtsson et Akenji, 2016 ; Folke *et al.*, 2016 ; Gupta et Vegelin, 2016 ; Reid *et al.*, 2017).



De manière générale, ces cadres mettent en évidence l'imbrication des différents objectifs (figure 20.1). Certains sont axés sur des enjeux sociaux, liés à la vie et aux moyens de subsistance ou au *bien-être humain* (ODD 1, 3, 4, 5, 10) ; d'autres portent sur la *consommation et la production durables* du point de vue de l'utilisation des ressources ou de la sécurité (ODD 2, 6, 7) ou d'un point de vue plus général, par exemple dans le contexte de l'industrie ou des villes (ODD 8, 9, 11, 12) ; d'autres encore ont trait aux biens publics mondiaux, du point de vue de l'environnement ou de la *base de ressources naturelles* (ODD 13, 14, 15). Enfin, tous ces objectifs sont soutenus par deux autres objectifs portant respectivement sur la gouvernance (ODD 16) et sur les moyens de mise en œuvre (ODD 17).

La structure retenue fait écho au thème central du rapport GEO-6, puisqu'elle place les « populations en bonne santé » (une composante du bien-être humain) au sommet et « une planète saine » (la base de ressources naturelles) à la base. Les différents groupes d'ODD entretiennent des liens bidirectionnels, en ce sens qu'une planète saine constitue le fondement de l'économie, du développement humain et, en dernier ressort, du bien-être humain, notamment en matière de santé. L'utilisation non durable des ressources, les déchets et la pollution peuvent avoir des effets néfastes à la fois sur la base de ressources naturelles et sur le bien-être humain. Les objectifs intermédiaires, relatifs à la production et à la consommation durables, ainsi qu'à la distribution équitable des biens et des services, jouent donc un rôle clé.

Figure 20.1 : Cadre pour la classification et le regroupement des ODD



Source : Bureau d'évaluation environnementale (2017).



La structure de la **figure 20.1** épouse plus ou moins les cinq domaines d'importance critique mentionnés dans le préambule du Programme de développement durable à l'horizon 2030 – l'humanité, la prospérité et la planète, sous-tendues par la paix et les partenariats (ONU, 2015a). Elle présente également des similitudes avec le concept dit du *donut* proposé par Raworth (2012 ; 2017) : une zone en forme d'anneau prise entre deux limites, à savoir un plancher social (le bien-être humain) et un plafond environnemental (la base de ressources naturelles). Le concept du *donut* met en évidence le fait que le bien-être humain dépend d'un environnement sain. Il montre la nécessité de renforcer l'équité en matière de revenus et d'utilisation des ressources, et d'optimiser cette utilisation (Raworth, 2017). Enfin, cette structure présente également des similitudes avec le triangle (ou la pyramide) proposé à l'origine par Herman Daly, qui s'élevé depuis la base (les moyens ultimes) jusqu'au sommet (les objectifs ultimes) en englobant le bien-être humain, le développement économique et l'état des ressources naturelles dans un cadre holistique (Daly, 1973 ; Meadows, 1998 ; Pintér *et al.*, 2014). Dans ce cadre, les moyens ultimes renvoient à la base de ressources naturelles sous-jacente et au système de maintien de la vie de la planète (équivalent au cercle inférieur de la **figure 20.1**, la base de ressources naturelles) ; les moyens intermédiaires impliquent l'économie matérielle (cercle médian, consommation et production durables) ; les extrémités intermédiaires représentent les capacités des individus et l'état et le fonctionnement des institutions (cercle supérieur, bien-être humain) ; les objectifs ultimes correspondent au bien-être ou au bonheur humain (Pintér *et al.*, 2014).

Il convient de noter que la plupart des ODD peuvent être classés en différentes catégories, dans la mesure où chaque ODD est divisé en de nombreuses cibles opérationnelles. L'ODD 2, par exemple, comporte des cibles en lien avec le bien-être humain (telle la réduction de la faim et de la malnutrition), l'utilisation durable des ressources (telle la promotion de l'agriculture durable) et la base de ressources naturelles (tel le maintien de la biodiversité agricole). La structure des ODD présentée dans la **figure 20.1** est le fruit d'une interprétation fondée sur un point de vue environnemental. Dans le cas de l'ODD 2, il s'agit de l'agriculture durable.

Sans l'énoncer explicitement, le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et les ODD donnent à penser que le développement durable constitue l'objectif primordial, tout en mettant l'accent sur l'éradication de la pauvreté (Elder, Bengtsson et Akenji, 2016). À ce titre, de nombreux ODD constituent des moyens ou des étapes intermédiaires vers la réalisation de l'objectif d'éradication de la pauvreté (ODD relatifs à la santé, au bien-être et à la sécurité des personnes). Le cercle supérieur contient donc des objectifs sociaux ou centrés sur la personne, qui visent à assurer le bien-être individuel et collectif par l'amélioration de la santé et de l'éducation, afin de garantir une répartition équitable des biens et des services entre les différents pays et entre les individus au sein de chaque pays (Waage *et al.*, 2015a). Ces objectifs peuvent être considérés comme des normes minimales pour le bien-être humain et il existe également des possibilités de synergie pour leur mise en œuvre, par exemple entre l'éducation, la santé et l'égalité des sexes.

La réalisation de ces objectifs axés sur les individus est fortement dépendante de celle des objectifs relatifs à la consommation et à la production durables, et de ceux portant sur la distribution équitable des biens et des services, dont

l'alimentation, l'eau, l'énergie et, de façon plus générale, l'économie, les infrastructures, les villes et les industries. La sécurité alimentaire, hydrique et énergétique est une ressource importante, nécessaire à la réalisation d'objectifs sociaux tels que la réduction de la pauvreté et la bonne santé. Les objectifs visant à combler ces besoins en ressources englobent deux aspects distincts des ressources : i) l'accès aux ressources, qui est pertinent pour la réduction de la pauvreté ; ii) l'utilisation durable des ressources, qui est pertinente pour la sécurité de l'approvisionnement à long terme. Par ailleurs, les productions de denrées alimentaires, d'eau et d'énergie sont étroitement liées. L'eau, par exemple, est nécessaire à la production alimentaire et énergétique, tandis que l'énergie est nécessaire à la production d'eau et d'aliments. C'est ce que l'on appelle le lien entre aliments, eau et énergie (Hoff, 2011 ; Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2014). Ces objectifs en matière de ressources s'accompagnent d'objectifs axés sur l'économie qui ont trait à la production globale de biens et services, en vue de réaliser des objectifs sociaux. Ces derniers se concentrent sur le système économique (la croissance économique et l'emploi), les infrastructures, l'industrialisation durable, les établissements humains et la consommation et la production durables en général. Du point de vue environnemental, ces objectifs visent à découpler les efforts déployés pour améliorer le bien-être humain et leurs effets néfastes sur les ressources naturelles, en fonction du contexte.

La réalisation de ces objectifs de deuxième niveau relatifs aux ressources et à l'économie dépend de l'état des systèmes biophysiques ou de la base de ressources naturelles, notamment le climat, les océans, les terres et la biodiversité (certains aspects de l'ODD 6 sur l'eau douce s'appliquent également ici). Ces objectifs portent sur la protection, la conservation, la restauration et l'utilisation durable des composantes essentielles du système terrestre. Ils sont directement liés aux limites biophysiques à respecter pour garantir la durabilité environnementale à long terme, c'est-à-dire aux limites planétaires (Rockström *et al.*, 2009 ; Steffen *et al.*, 2015).

Les objectifs regroupés dans le cercle médian relient les enjeux environnementaux (perte de biodiversité, changement climatique, acidification des océans, etc.) et sociaux (santé, égalité des chances, conditions de travail, etc.) aux activités économiques, aux produits et aux marchés. Le défi consiste ici à saisir les opportunités de synergie et à limiter d'éventuelles concessions entre les objectifs d'éradication de la pauvreté et d'amélioration du bien-être humain, et ceux qui concernent la base de ressources naturelles. Autrement dit, si l'amélioration du bien-être humain ne doit pas se faire aux dépens de la base de ressources naturelles, à l'inverse, la sauvegarde de la planète doit bénéficier à toutes les populations, sans compromettre l'éradication de la pauvreté. En outre, ces différents objectifs intermédiaires présentent des besoins en ressources susceptibles d'entrer en concurrence, par exemple pour les ressources foncières, hydriques et énergétiques. Pour relever ces défis, une transformation majeure doit s'opérer en faveur d'une consommation et d'une production plus durables. Du point de vue de la production, il convient de découpler croissance économique et dégradation de l'environnement, notamment par des modes de production plus propres et par l'optimisation des ressources et de la responsabilité d'entreprise. Du point de vue de la consommation, cela suppose une évolution des modes de vie, des préférences de consommation et du comportement des consommateurs (Bizikova *et al.*, 2015).



20.4 Une vision à long terme : les cibles et indicateurs sélectionnés

L'interprétation des cibles des ODD, de leurs indicateurs et des valeurs correspondantes pose de nombreux défis. Les données et le temps manquent pour évaluer les perspectives d'évolution et les trajectoires possibles pour l'ensemble des cibles des ODD. En outre, une telle analyse nécessiterait une littérature consacrée aux scénarios et des modèles d'évaluation intégrée de plus grande portée (voir le chapitre 21). Il convient donc de sélectionner un certain nombre de cibles. Outre le défi que représente cette sélection, un grand nombre de cibles des ODD ayant trait à l'environnement sont énoncées en termes généraux ou non quantitatifs (Lucas *et al.*, 2016). Pour évaluer les trajectoires menant vers la réalisation de la dimension environnementale des ODD, il s'agit donc de sélectionner des cibles quantitatives, ce qui nécessite des indicateurs précis, accompagnés de valeurs cibles.

Le regroupement des ODD proposé dans la **figure 20.1** nous a permis de sélectionner et d'organiser les cibles correspondantes. Lorsque cela était possible, nous avons eu recours à des cibles quantitatives tirées d'AME connexes et de la littérature scientifique (cibles fondées sur la science) pour quantifier ces cibles. La sélection opérée se concentre sur le lien entre alimentation, eau et énergie, et met l'accent sur les défis relatifs aux ODD consacrés à l'alimentation et à l'agriculture (ODD 2), à l'eau (ODD 6) et à l'énergie (ODD 7). Cette sélection accorde une place centrale à l'utilisation des ressources naturelles (*consommation et production durables*), en lien avec des objectifs sociaux visant à favoriser l'accès des populations à ces ressources et à limiter les impacts sur la santé (*bien-être humain*), et avec des objectifs environnementaux axés sur la qualité et la quantité des ressources environnementales nécessaires aux activités humaines ou affectées par ces activités (*base de ressources naturelles*). Les cibles des ODD sélectionnées pour le *bien-être humain* (**tableau 20.1**) et la *base de ressources naturelles* (**tableau 20.2**) correspondent à des objectifs finaux, visant une planète saine pour des populations en bonne santé. Les cibles des ODD sélectionnées pour *la consommation et la production durables* (**tableau 20.3**) ont trait aux activités ou aux efforts à déployer pour atteindre ces cibles finales.

Les cibles sélectionnées et relatives à la base de ressources naturelles sont en lien avec les cinq thèmes environnementaux examinés dans la partie A du rapport GEO-6 (air, biodiversité, océans, terre et eau douce), ainsi qu'avec le changement climatique. En outre, ces cibles recoupent un ensemble d'enjeux transversaux abordés dans le rapport GEO-6 (voir le chapitre 4), en particulier la santé, le changement climatique, l'énergie et les systèmes alimentaires. Parmi ces thèmes transversaux, on peut également citer les déchets et les eaux usées, deux enjeux reconnus comme des questions d'intérêt mondial et abordés dans plusieurs ODD. Néanmoins, de manière générale, la littérature scientifique propose peu d'études et de scénarios consacrés aux futurs flux de produits chimiques et de déchets (voir l'**encadré 21.1**). Par conséquent, les produits chimiques ne sont pas traités comme une question distincte de celle des déchets et des eaux usées. Les récentes éditions des Perspectives mondiales en matière de produits chimiques et des Perspectives mondiales en matière de gestion des déchets, publiées par le PNUE en 2019, proposent une analyse plus approfondie de ces deux questions dans le contexte des ODD.

Pour chaque cible sélectionnée, un indicateur (parfois deux) est sélectionné en vue de retracer les progrès accomplis. Dans cette perspective, l'Assemblée générale des Nations Unies a adopté un cadre composé de 232 indicateurs relatifs aux ODD (ONU, 2017). Chaque indicateur est élaboré de manière à fournir des données précises et fiables, au moins jusqu'à 2030. Le PNUE est l'organisme dépositaire de plusieurs indicateurs des ODD liés à l'eau (ODD 6), à la consommation et à la production responsables (ODD 12), ainsi qu'à la conservation et à l'utilisation durables des ressources

océaniques (ODD 14) et des écosystèmes terrestres (ODD 15) (ONU, 2018). Le PNUE est également impliqué dans la plupart des autres indicateurs des ODD ayant trait à l'environnement. Les indicateurs sélectionnés sont liés autant que possible à ces indicateurs établis à l'échelle mondiale.

Il convient de noter que les indicateurs sélectionnés sont destinés à retracer les progrès accomplis à l'échelle mondiale et qu'ils ne sont pas toujours pertinents à l'échelle nationale ou infranationale. En outre, de nombreux indicateurs, en particulier ceux qui concernent *la consommation et la production durables et la base de ressources naturelles*, ne couvrent qu'une partie de ce que les objectifs et cibles s'efforcent d'accomplir. En ce qui concerne la qualité de l'air dans les villes, par exemple, l'indicateur proposé retrace les progrès accomplis pour un seul type de polluant atmosphérique (les matières particulaires fines [MP] de diamètre inférieur à 2,5 µm et 10 µm [MP_{2,5} et MP₁₀]), mais il en existe plusieurs autres, dont certains interagissent entre eux (l'ozone, les composés organiques volatils, le dioxyde de soufre, etc.). En ce qui concerne la santé, un seul indicateur a été retenu (le taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans), ce qui ne reflète qu'en partie les liens unissant la planète, la société et la santé humaine, que les ODD et le rapport GEO-6 s'efforcent de représenter. Il convient donc de faire preuve de prudence lorsqu'on choisit de se concentrer sur un indicateur unique pour retracer les progrès accomplis au regard de ces cibles. Toutefois, afin de ne pas se disperser dans l'analyse, les cibles sélectionnées sont limitées en nombre et visent à couvrir le mieux possible le lien entre alimentation, eau et énergie. Le choix des indicateurs, quant à lui, s'inspire principalement des indicateurs officiels des ODD.

Outre les seuils quantitatifs présentés dans les **tableaux 20.1, 20.2 et 20.3** pour chaque cible et indicateur concerné, nous aurons recours à des indicateurs additionnels aux chapitres 21 et 22, afin d'examiner les perspectives d'évolution des cibles correspondantes – notamment les évolutions sous-jacentes pertinentes – ainsi que le potentiel de certaines mesures et les principaux arbitrages et synergies qui relient ces mesures aux cibles sélectionnées.

20.4.1 Le bien-être humain

Cinq cibles des ODD sélectionnées ont trait au bien-être humain (**tableau 20.1**). Dans l'ensemble, les ODD expriment un engagement ferme, à la fois quantitatif et qualitatif, à éradiquer la pauvreté et à améliorer le bien-être humain. Entre autres enjeux, ils visent à mettre un terme à toutes les formes de pauvreté, notamment en éliminant la faim, et à assurer l'accès de tous à l'eau potable, à des services d'assainissement adéquats, à des services énergétiques modernes, aux soins de santé, à l'éducation, au travail, au logement, etc.

Malgré la place centrale qu'occupe la santé humaine dans le thème du rapport GEO-6, « Une planète saine pour des populations en bonne santé », une seule cible (3.2) et un seul indicateur (3.2.1, Taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans) ont été retenus pour l'analyse des scénarios. Généralement considérée comme étant un bon indicateur de la qualité de vie, la mortalité des enfants de moins de 5 ans est déterminée par de nombreux facteurs environnementaux et entretient des liens étroits avec d'autres cibles retenues relatives au bien-être humain. De plus, les ODD fixent une cible quantitative à l'horizon 2030. Bien qu'elles soient peu nombreuses, il existe également des projections de scénarios dans la littérature scientifique, qui établissent un lien entre les perspectives d'évolution de la mortalité des enfants de moins de 5 ans et les facteurs de risque environnementaux sous-jacents (voir la section 21.3.6). Toutefois, en tant qu'indicateur, le taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans présente également des limites importantes. Il ne tient pas compte de la morbidité, par exemple, notamment des aspects psychosociaux du bien-être des enfants (par exemple, le sentiment de sécurité et celui d'être



Tableau 20.1 : Cibles et indicateurs du bien-être humain sélectionnés

Cible des ODD	Cible du rapport GEO-6	AME connexes	Indicateur*	Valeur cible	Référence	Domaine (chapitres 21 et 22)
2.1 D'ici à 2030, éliminer la faim et faire en sorte que chacun, en particulier les pauvres et les personnes en situation vulnérable, y compris les nourrissons, ait accès tout au long de l'année à une alimentation saine, nutritive et suffisante	Éliminer la faim	–	2.1.1 Prévalence de la sous-alimentation	0 en 2030	ODD	Agriculture, alimentation, terres et biodiversité
3.2 D'ici à 2030, éliminer les décès évitables de nouveau-nés et d'enfants de moins de 5 ans, tous les pays devant chercher à ramener la mortalité néonatale à 12 pour 1 000 naissances vivantes au plus et la mortalité des enfants de moins de 5 ans à 25 pour 1 000 naissances vivantes au plus	Mettre fin aux décès évitables d'enfants de moins de 5 ans	–	3.2.1 Taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans	< 25 en 2030	ODD	Santé humaine
6.1 D'ici à 2030, assurer l'accès universel et équitable à l'eau potable, à un coût abordable	Assurer l'accès universel à l'eau potable et à un assainissement adéquat	–	6.1.1 Proportion de la population utilisant des services d'alimentation en eau potable gérés en toute sécurité	100 % en 2030	ODD	Eau douce
6.2 D'ici à 2030, assurer l'accès de tous, dans des conditions équitables, à des services d'assainissement et d'hygiène adéquats et mettre fin à la défécation en plein air, en accordant une attention particulière aux besoins des femmes et des filles et des personnes en situation vulnérable		–	6.2.1 Proportion de la population utilisant des services d'assainissement gérés en toute sécurité	100 % en 2030	ODD	Eau douce
7.1 D'ici à 2030, garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables et modernes, à un coût abordable	Assurer l'accès universel à des services énergétiques modernes	–	7.1.1 Proportion de la population ayant accès à l'électricité	100 % en 2030	ODD	Énergie, air et climat
		–	7.1.2 Proportion de la population utilisant principalement des carburants et technologies propres	100 % en 2030	ODD	Énergie, air et climat

* Les indicateurs différents de l'indicateur officiel des ODD sont en italique ; dans ce cas, l'indicateur des ODD correspondant est entre parenthèses. AME = accords multilatéraux sur l'environnement.

aimé) et d'autres aspects de la santé des enfants susceptibles d'avoir une incidence sur la santé et la survie plus tard dans la vie (voir la section 4.2.1). Ce type de données n'a pas fait l'objet d'une collecte systématique et fiable partout dans le monde, encore moins dans le contexte d'un scénario. Enfin, le taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans repose sur un seuil d'âge et ne tient pas compte des autres populations vulnérables, telles que les personnes âgées ou les femmes enceintes. Par conséquent, la mortalité infantile ne représente que partiellement l'effet sur la santé humaine des diverses politiques et mesures examinées dans les chapitres suivants, qu'elles s'inscrivent dans une perspective de transformation ou dans une logique plus conservatrice.

La cible 3.9 des ODD, qui porte plus particulièrement sur des facteurs de risque sanitaire liés à l'environnement, vise

une réduction substantielle du nombre de décès et de maladies dus à des substances chimiques dangereuses, à la pollution et à la contamination de l'air, de l'eau et du sol. Les indicateurs associés à cette cible concernent le taux de mortalité attribuable à la pollution de l'air dans les habitations et à la pollution de l'air ambiant, à l'insalubrité de l'eau, aux carences du système d'assainissement et au manque d'hygiène, ainsi qu'à un empoisonnement accidentel. Ces taux reflètent en grande partie les niveaux de pollution eux-mêmes. En effet, la lutte contre la mortalité implique un combat contre la pollution elle-même, qui fait l'objet de plusieurs des cibles retenues ici et de plusieurs cibles des ODD sélectionnées pour la *base de ressources naturelles*. La réalisation de tous ces objectifs est donc une composante essentielle de la vision du rapport GEO-6, « Une planète saine pour des populations en bonne santé ».



20.4.2 La base de ressources naturelles

Pour ce qui est de la *base de ressources naturelles*, nous avons retenu neuf cibles des ODD ayant trait à la qualité et à la quantité des ressources environnementales (l'air, le climat, la biodiversité, les océans, les terres et l'eau douce) (**tableau 20.2**). Comparativement au bien-être humain, aucune de ces cibles ne comporte de seuil quantitatif précis susceptible de contribuer à l'analyse des scénarios. Chacune vise à « freiner » ou « combattre » un type de dégradation de l'environnement et à « restaurer », dans la mesure du possible, le système naturel.

Plusieurs cibles relatives aux ressources naturelles entretiennent des liens plus ou moins explicites avec certains AME dotés de cibles quantitatives plus claires ou d'une perspective à plus long terme, au-delà de 2030. Les seuils associés à ces cibles peuvent s'appuyer sur des valeurs quantitatives issues des AME. Les cibles de l'ODD 13, consacré à la lutte contre les changements climatiques, sont toutes axées sur des processus ou des activités, mais citent explicitement la CCNUCC comme principal forum intergouvernemental et international permettant de négocier les termes d'une réponse mondiale aux changements climatiques. La cible relative aux changements climatiques repose donc sur la cible établie au niveau mondial par l'Accord de Paris, à savoir : « Conten[ir] l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et [poursuivre] l'action menée pour limiter l'élévation de la température à 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels » (CCNUCC, 2015). Dans ses lignes directrices relatives à la qualité de l'air, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) fixe la concentration annuelle moyenne maximale de $MP_{2,5}$ à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS, 2006), en y ajoutant cependant des cibles intermédiaires de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ici, nous mettons l'accent sur les effets à long terme des $MP_{2,5}$ et prenons pour indicateur la proportion de la population exposée à une concentration moyenne annuelle de $MP_{2,5}$ supérieure à la cible intermédiaire la plus élevée ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) afin de mesurer la réalisation de la cible relative à la qualité de l'air. En ce qui concerne la perte de biodiversité, la cible des ODD n'indique pas d'année cible pour mettre fin à ce phénomène. Nous avons donc utilisé la cible du Plan stratégique 2011-2020 pour la diversité biologique de la Convention sur la diversité biologique, et plus particulièrement celle de l'Objectif 5 d'Aichi pour la diversité biologique : « D'ici à 2020, le rythme d'appauvrissement de tous les habitats naturels, y compris les forêts, est réduit de moitié au moins et si possible ramené à près de zéro » (Convention sur la diversité biologique, 2010). Kok *et al.* (2018, p. 138) reformulent cette cible en envisageant de mettre un terme à la perte de biodiversité d'ici à 2020 dans les pays développés et à partir de 2030 dans les pays en développement. Ils utilisent l'abondance moyenne des espèces comme indicateur de l'impact sur la biodiversité pour retracer les progrès accomplis vers la réalisation de cette cible (Alkemade *et al.*, 2009). L'abondance moyenne des espèces permet de mesurer l'intégrité d'un écosystème par rapport à son état avant perturbation. Plus précisément, il s'agit de mesurer la variation moyenne au regard de l'abondance des espèces présentes dans l'état originel non perturbé de l'écosystème. Bien qu'il soit différent de l'indice planète vivante (un indicateur pour la cible 15.5 des ODD), ces deux outils de mesure reposent sur plusieurs concepts essentiels communs.

En l'absence d'AME pertinent ou de cible quantitative, les valeurs cibles peuvent également s'appuyer sur la littérature scientifique. Le cadre des limites planétaires (Hoff et Alva, 2017 ; Lucas et Wilting, 2018), par exemple, propose des limites quantitatives mondiales relatives à neuf formes de perturbation anthropique des processus essentiels des systèmes terrestres (Rockström *et al.*, 2009 ; Steffen *et al.*, 2015). Si l'une de ces limites est franchie à l'échelle mondiale, cela accroît le risque d'un changement environnemental à grande échelle qui peut s'avérer brutal ou irréversible. Le cadre des limites planétaires permet ainsi de mesurer le changement

environnemental mondial en s'appuyant sur la science du système terrestre pour fixer des niveaux considérés comme sûrs.

Les cibles relatives à la qualité de l'eau douce s'appuient sur des valeurs mondiales tirées de la littérature consacrée aux limites planétaires (de Vries *et al.*, 2013 ; Steffen *et al.*, 2015) et à l'acidification des océans (Steffen *et al.*, 2015). Comme mentionné précédemment, les études et scénarios relatifs aux flux de substances chimiques et de déchets sont largement absents de la littérature scientifique. Les cibles retenues pour la qualité de l'eau douce et la pollution marine sont donc axées sur les pertes de nutriments (azote et phosphore), car cette question fait l'objet d'études et de scénarios, bien qu'il s'agisse d'une littérature relativement limitée. Des pertes excessives de nutriments causées par le ruissellement et l'érosion peuvent causer l'eutrophisation des écosystèmes d'eau douce et côtiers (de Vries *et al.*, 2013 ; Steffen *et al.*, 2015). Bien que la répartition régionale constitue un aspect essentiel de l'étude des impacts, nous utilisons deux moyennes mondiales comme cibles relatives à la qualité de l'eau douce. Ces valeurs cibles présentent plusieurs autres limites. Elles ne tiennent compte ni des tendances futures en matière d'utilisation efficiente des nutriments ni des autres sources de pollution pertinentes, en particulier les eaux usées non traitées. L'acidification des océans réduit le taux de saturation de l'aragonite, une forme de carbonate de calcium nécessaire à la formation des coquilles et des squelettes des organismes marins ; ces structures risquent également de se dissoudre à cause de l'acidification. Compte tenu de l'hétérogénéité géographique, la cible mondiale relative à l'acidification des océans porte sur le taux moyen de saturation en aragonite à la surface des océans (Steffen *et al.*, 2015).

Il convient de souligner que les limites planétaires ne font l'objet d'aucune approbation politique et qu'elles font débat dans les milieux scientifiques. En dernier ressort, le processus permettant d'aboutir à des seuils de sûreté relatifs au changement climatique mondial et d'obtenir un consensus à ce sujet relève du domaine politique, et repose sur des éléments subjectifs tels que l'acceptation des risques, la solidarité et la précaution (Lucas et Wilting, 2018). Ici, les seuils mondiaux définis dans le cadre des limites planétaires forment un ensemble de cibles fondées sur la science. Il convient en outre de noter la grande hétérogénéité géographique qui caractérise ces processus du système terrestre et qui devrait également faire l'objet d'un suivi.

En ce qui concerne le choix des cibles relatives à la pénurie d'eau, à la pollution marine par les nutriments, aux ressources océaniques et à la dégradation des terres, il n'existe pas de cible quantitative scientifique ou établie à l'échelle mondiale. Nous n'avons donc pas associé de valeur quantitative à ces cibles. L'indicateur des ODD relatif à la pénurie d'eau est le prélèvement d'eau douce en proportion des ressources en eau douce disponibles (ODD 6.4.2). Étant donné que cet indicateur n'est pertinent qu'à l'échelle locale, nous prenons pour indicateur la population mondiale totale vivant dans des zones où l'eau est rare. En ce qui concerne la pollution marine par les nutriments, l'indicateur des ODD est l'indicateur du potentiel d'eutrophisation côtière (ICEP) et de la densité des débris de plastiques flottant en surface des océans. Cet indicateur est encore en cours d'élaboration. Ici, nous mettons l'accent sur l'eutrophisation côtière : le ruissellement des nutriments (N et P) dans les océans sert d'indicateur des progrès accomplis. En ce qui concerne la gestion durable des ressources océaniques, le suivi des progrès accomplis repose sur l'indicateur des ODD, c'est-à-dire sur la proportion de stocks de poissons respectant des seuils biologiquement viables. L'indicateur des ODD relatif à la dégradation des terres est la surface de terres dégradées en proportion de la surface terrestre totale, sur la base de trois sous-indicateurs : l'évolution de la couverture terrestre, de la productivité des terres et des stocks de carbone (Convention des Nations Unies sur la lutte



Tableau 20.2 : Cibles et indicateurs sélectionnés pour la base de ressources naturelles

Cible des ODD	Cible du rapport GEO-6	AME connexes	Indicateur*	Valeur cible	Référence	Domaine (chapitres 21 et 22)
6.3 D'ici à 2030, améliorer la qualité de l'eau en réduisant la pollution, en éliminant l'immersion de déchets et en réduisant au minimum les émissions de produits chimiques et de matières dangereuses, en diminuant de moitié la proportion d'eaux usées non traitées et en augmentant considérablement à l'échelle mondiale le recyclage et la réutilisation sans danger de l'eau	Améliorer la qualité de l'eau	–	Utilisation d'engrais azotés et fixation biologique de l'azote	62 TgN/an	De Vries <i>et al.</i> , 2013	Eau douce
			Utilisation d'engrais phosphatés	6,2 TgP/an	Steffen <i>et al.</i> , 2015	Eau douce
6.4 D'ici à 2030, faire en sorte que les ressources en eau soient utilisées beaucoup plus efficacement dans tous les secteurs et garantir la viabilité des prélèvements et de l'approvisionnement en eau douce afin de remédier à la pénurie d'eau et de réduire nettement le nombre de personnes qui manquent d'eau	Réduire la pénurie d'eau	–	Population vivant dans une région touchée par la pénurie d'eau (6.4.2)	Non quantifiée	–	Eau douce
11.6 D'ici à 2030, réduire l'impact environnemental négatif des villes par habitant, y compris en accordant une attention particulière à la qualité de l'air et à la gestion, notamment municipale, des déchets	Améliorer la qualité de l'air dans les villes	Directives de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS)	Pourcentage de la population exposée à plus de 35 µg/m ³ de MP _{2,5} (11.6.2)	0 % en 2050	OMS, 2006	Énergie, air et climat
ODD 13 Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions	Limiter le réchauffement climatique	Accord de Paris	Hausse de la température moyenne mondiale	Réchauffement de 2,0 à 1,5 °C à l'horizon 2100	CCNUCC, 2015	Énergie, air et climat
14.1 D'ici à 2025, prévenir et réduire nettement la pollution marine de tous types, en particulier celle résultant des activités terrestres, y compris les déchets en mer et la pollution par les nutriments	Réduire la pollution marine par les nutriments	Objectifs d'Aichi pour la diversité biologique	Ruissellement d'azote et de phosphore des systèmes dulcicoles vers les océans (14.1.1)	Non quantifiée	–	Océans
14.3 Réduire au maximum l'acidification des océans et lutter contre ses effets, notamment en renforçant la coopération scientifique à tous les niveaux	Réduire au maximum l'acidification des océans	–	Taux moyen de saturation en aragonite à la surface des océans (14.3.1)	Demeurer au-dessus de 2,75 Ωarg	Steffen <i>et al.</i> , 2015	Océans
14.4 D'ici à 2020, réglementer efficacement la pêche, mettre un terme à la surpêche, à la pêche illicite, non déclarée et non réglementée et aux pratiques de pêche destructrices et exécuter des plans de gestion fondés sur des données scientifiques, l'objectif étant de rétablir les stocks de poissons le plus rapidement possible, au moins à des niveaux permettant d'obtenir un rendement constant maximal compte tenu des caractéristiques biologiques	Gérer les ressources océaniques de manière durable	Objectifs d'Aichi pour la diversité biologique	14.4.1 Proportion des stocks de poissons respectant des seuils biologiquement viables	Non quantifiée	–	Océans
15.3 D'ici à 2030, lutter contre la désertification, restaurer les terres et sols dégradés, notamment les terres touchées par la désertification, la sécheresse et les inondations, et s'efforcer de parvenir à un monde sans dégradation des terres	Atteindre la neutralité en matière de dégradation des terres	CNULCD et Objectifs d'Aichi pour la diversité biologique	Perte de carbone organique du sol (15.3.1)	Non quantifiée	–	Agriculture, alimentation, terres et biodiversité
15.5 Prendre d'urgence des mesures énergiques pour réduire la dégradation du milieu naturel, mettre un terme à l'appauvrissement de la biodiversité et, d'ici à 2020, protéger les espèces menacées et prévenir leur extinction	Mettre un terme à la perte de biodiversité	Objectifs d'Aichi pour la diversité biologique	Perte d'abondance moyenne des espèces (15.5.1)	Moins de 36 % à partir de 2030	Kok <i>et al.</i> , 2018	Agriculture, alimentation, terres et diversité biologique

* Les indicateurs différents de l'indicateur officiel des ODD sont en italique ; dans ce cas, l'indicateur des ODD correspondant est entre parenthèses.
AME = accords multilatéraux sur l'environnement.



contre la désertification [CNULCD], 2017 ; van der Esch *et al.*, 2017). Cet indicateur est lui aussi en cours d'élaboration. Tout en reconnaissant l'importance de ces trois sous-indicateurs pour évaluer la dégradation des terres, nous avons choisi de retracer les progrès accomplis en nous appuyant sur l'évolution du stock de carbone organique du sol.

20.4.3 La consommation et la production durables

En ce qui concerne la consommation et la production durables, nous avons sélectionné cinq cibles des ODD qui traitent du découplage entre la croissance économique et la dégradation de l'environnement (voir le **tableau 20.3**). Ces cibles ne sont généralement pas quantitatives. Elles visent à accroître

considérablement l'efficacité des processus concernés, sans pour autant fixer de valeurs cibles. Elles portent sur des activités contribuant à la réalisation des cibles finales. Leur niveau absolu dépend de certains objectifs globaux spécifiques. L'amélioration des rendements est un préalable important à la réalisation des cibles relatives à la faim « zéro » et à la biodiversité (cibles 2.1 et 15.5 des ODD). L'optimisation de l'utilisation de l'eau est nécessaire à la réalisation de la cible relative au stress hydrique (cible 6.4 des ODD), de même que l'efficacité énergétique et la part des énergies renouvelables pour la cible relative aux changements climatiques (ODD 13). Le degré de découplage nécessaire dépend donc de ces cibles finales. Par conséquent, les cibles des ODD sélectionnées pour évaluer la consommation et la production durables ne comportent pas de valeur quantitative. Il en va de

Tableau 20.3 : Cibles et indicateurs sélectionnés pour la consommation et la production durables

Cible des ODD	Cible du rapport GEO-6	AME connexes	Indicateur*	Valeur cible	Référence	Domaine (chapitres 21 et 22)
2.3 D'ici à 2030, doubler la productivité agricole et les revenus des petits producteurs alimentaires, en particulier des femmes, des autochtones, des exploitants familiaux, des éleveurs et des pêcheurs, y compris en assurant l'égalité d'accès aux terres, aux autres ressources productives et facteurs de production, au savoir, aux services financiers, aux marchés et aux possibilités d'ajout de valeur et d'emplois autres qu'agricoles	Accroître la productivité agricole	–	Amélioration du rendement	Le niveau d'effort requis est établi par l'analyse des trajectoires (chapitre 22).		Agriculture, alimentation, terres et diversité biologique
2.4 D'ici à 2030, assurer la viabilité des systèmes de production alimentaire et mettre en œuvre des pratiques agricoles résilientes qui permettent d'accroître la productivité et la production, contribuent à la préservation des écosystèmes, renforcent les capacités d'adaptation au changement climatique, aux phénomènes météorologiques extrêmes, à la sécheresse, aux inondations et à d'autres catastrophes et améliorent progressivement la qualité des terres et des sols	Accroître l'efficacité de l'utilisation des nutriments	–	<i>Total des apports d'azote par rapport aux rendements en azote des cultures (2.4.1)</i>	Le niveau d'effort requis est établi par l'analyse des trajectoires (chapitre 22).		Agriculture, alimentation, terres et diversité biologique
6.4 D'ici à 2030, faire en sorte que les ressources en eau soient utilisées beaucoup plus efficacement dans tous les secteurs et garantir la viabilité des prélèvements et de l'approvisionnement en eau douce afin de remédier à la pénurie d'eau et de réduire nettement le nombre de personnes qui manquent d'eau	Accroître l'efficacité de l'utilisation des nutriments	–	6.4.1 Variation de l'efficacité de l'utilisation des ressources en eau	Le niveau d'effort requis est établi par l'analyse des trajectoires (chapitre 22).		Eau douce
7.2 D'ici à 2030, accroître nettement la part de l'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique mondial	Accroître la part des énergies renouvelables	–	7.2.1 Part de l'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie	Le niveau d'effort requis est établi par l'analyse des trajectoires (chapitre 22).		Énergie, air et climat
7.3 D'ici à 2030, multiplier par deux le taux mondial d'amélioration de l'efficacité énergétique	Accroître l'efficacité énergétique	–	7.3.1 Intensité énergétique [rapport entre énergie primaire et produit intérieur brut (PIB)]	Le niveau d'effort requis est établi par l'analyse des trajectoires (chapitre 22).		Énergie, air et climat

* Les indicateurs différents de l'indicateur officiel des ODD sont en italique ; dans ce cas, l'indicateur des ODD correspondant est entre parenthèses. AME = accords multilatéraux sur l'environnement.

même pour la cible 7.3 des ODD : « D'ici à 2030, multiplier par deux le taux mondial d'amélioration de l'efficacité énergétique ». Au lieu de cela, l'analyse des trajectoires présente dans le chapitre 22 fixe des intervalles qui correspondent au niveau d'effort requis pour atteindre les cibles des ODD sélectionnées en matière de bien-être humain et de ressources naturelles, tout en tenant compte de l'interdépendance entre ces deux domaines.

20.5 Conclusions

Les ODD et les AME connexes proposent une vision à long terme du développement durable afin d'influencer les politiques mondiales, régionales, nationales et locales. Le présent chapitre offre une sélection de cibles des ODD, rattachées le cas échéant à des cibles issues des AME pertinents et de la littérature scientifique (cibles fondées sur la science), et accompagnées d'indicateurs clairs et de valeurs cibles quantitatives à l'échelle mondiale. L'ensemble de cibles qui en résulte permet d'obtenir une vision intégrée de la dimension environnementale des ODD, en mettant l'accent sur les thèmes environnementaux couverts dans la partie A du rapport GEO-6 (air, biodiversité, océans, terre et eau douce) et sur les multiples dimensions connexes relatives à la pauvreté

(accès à l'alimentation, à l'eau et à l'énergie, mortalité des enfants de moins de 5 ans). Contrairement aux ODD et aux AME connexes, les cibles fondées sur la science qui ont été sélectionnées en l'absence de valeur cible établie au niveau mondial n'ont pas fait l'objet d'une approbation politique. Elles constituent un indicateur indirect des ambitions des ODD connexes. Enfin, pour certaines cibles sélectionnées, aucune cible quantitative établie à l'échelle mondiale ou fondée sur la science n'est actuellement disponible.

La sélection des cibles est analysée plus en détail dans les chapitres suivants. Le chapitre 21 porte sur le déficit de mise en œuvre qui se creuse en l'absence de nouvelles politiques et le chapitre 22 décrit les trajectoires menant à la réalisation des cibles, notamment les liens pertinents (synergies et arbitrages) à établir entre les différents instruments de mesure et cibles concernés. Ces deux chapitres font abstraction des disparités régionales, nationales ou locales qui caractérisent l'évolution de ces cibles et la mise en œuvre des mesures visant à les atteindre. Le chapitre 23 décrit le processus de mise en œuvre selon une perspective ascendante, en tenant ainsi explicitement compte de la situation locale, des différents acteurs et des perspectives culturelles.





Références

- Alkemade, R., van Oorschot, M., Miles, L., Nellemann, C., Bakkenes, M. et ten Brink, B. (2009). GLOBIO3: A framework to investigate options for reducing global terrestrial biodiversity loss. *Ecosystems* 12(3), 374-390. <https://doi.org/10.1007/s10021-009-9279-5>.
- Assemblée des Nations Unies pour l'environnement du Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016). *Delivering on the Environmental Dimension of the 2030 Agenda for Sustainable Development: A Concept Note*. UNEP/EA.1/INF/18. <http://sdgtoolkit.org/wp-content/uploads/2017/02/Delivering-on-the-Environmental-Dimension-of-the-2030-Agenda-for-Sustainable-Development-%E2%80%93-a-concept-note.pdf>.
- Bizkova, L., Pinter, L., Huppé, G.A., Schandl, H., Arden-Clarke, C., Averous, S. et al. (2015). *Sustainable Consumption and Production Indicators for the Future SDGs*. Nairobi : Programme des Nations Unies pour l'environnement. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8966/Sustainable-consumption-and-production-indicators-for-the-future-SDGs_UNEP_discussion_paper%2c-March-2015-2015Sustainable-consumption-and-production.pdf.
- Boas, I., Biermann, F. et Kanie, N. (2016). Cross-sectoral strategies in global sustainability governance: Towards a nexus approach. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 16(3), 449-464. <https://doi.org/10.1007/s10784-016-9321-1>.
- Bureau d'évaluation environnementale (Pays-Bas) (2017). *People and the Earth: International Cooperation for the Sustainable Development Goals in 23 Infographics*. Kok, M., Sewell, A., de Blois, F., Warnink, A., Lucas, P. et van Oorschot, M. (dir.). La Haye : Bureau d'évaluation environnementale. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/People_and_the_Earth_WEB.pdf.
- Collste, D., Pedercini, M. et Cornell, S.E. (2017). Policy coherence to achieve the SDGs: Using integrated simulation models to assess effective policies. *Sustainability Science* 12(6), 921-931. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0457-x>.
- Conseil international pour la science (2017). *A Guide to SDG Interactions: From Science to Implementation*. Griggs, D.J., Nilsson, M., Stevance, A. et McCollum, D. (dir.). Paris : Conseil international pour la science. <https://council.science/publications/a-guide-to-sdg-interactions-from-science-to-implementation/>.
- Conseil international pour la science et Conseil international des sciences sociales (2015). *Review of Targets for the Sustainable Development Goals: The Science Perspective*. Paris : Conseil international pour la science. <https://council.science/publications/review-of-targets-for-the-sustainable-development-goals-the-science-perspective-2015/>.
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (2015). *Adoption de l'Accord de Paris*. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. <https://undocs.org/fr/FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1>.
- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (2017). *Global Land Outlook*. Bonn. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res.pdf.
- Convention sur la diversité biologique (2010). *Décision adoptée par la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique à sa dixième réunion. X/2. Plan stratégique 2011-2020 et objectifs d'Aichi relatifs à la diversité biologique*. UNEP/CBD/COP/DEC/X/2. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-fr.pdf>.
- Daly, H.E. (1973). *Toward a Steady-State Economy*. San Francisco: W.H. Freeman. <http://www.worldcat.org/title/toward-a-steady-state-economy/oclc/524050>.
- de Vries, W., Kros, J., Kroeze, C. et Seitzinger, S.P. (2013). Assessing planetary and regional nitrogen budgets related to food security and adverse environmental impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3(3-4), 392-402. <https://doi.org/10.1016/j.coesust.2013.07.004>.
- Elder, M., Bengtsson, M. et Akenji, L. (2016). An optimistic analysis of the means of implementation for sustainable development goals: Thinking about goals as means. *Sustainability* 8(9), 962. <https://doi.org/10.3390/su8090962>.
- Elder, M. et Olsen, S.H. (2019). The design of environmental priorities in the SDGs. *Global Policy* 10(1), 70-82. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12596>.
- Folke, C., Biggs, R., Norström, A.V., Reyers, B. et Rockström, J. (2016). Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability justice. *Ecology and Society* 21(3), 41. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08748-210341>.
- Gerten, D., Hoff, H., Rockström, J., Jägermeyr, J., Kumm, M. et Pastor, A.V. (2013). Towards a revised planetary boundary for conservative freshwater use: Role of environmental flow requirements. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5(6), 551-558. <https://doi.org/10.1016/j.coesust.2013.11.001>.
- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Ohman, M.C., Shyamsundar, P. et al. (2013). Sustainable development goals for people and planet. *Nature* 495, 305-307. <http://dx.doi.org/10.1038/495305a>.
- Gupta, J. et Vegelin, C. (2016). Sustainable development goals and inclusive development. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 16(3), 433-448. <http://dx.doi.org/10.1007/s10784-016-9323-z>.
- Hoff, H. (2011). *Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus*. Bonn, 16-18 novembre. Stockholm Environment Institute. <https://www.ctc-n.org/resources/understanding-nexus-background-paper-bonn2011-conference-water-energy-and-food-security>.
- Hoff, H. et Alva, I.L. (2017). *How the Planetary Boundaries Framework Can Support National Implementation of the 2030 Agenda*. SEI Policy Brief. Stockholm : Stockholm Environment Institute. <https://www.sei.org/mediamanager/documents/Publications/SEI-2017-PB-Hoff-HowthePlanetary.pdf>.
- Jabbour, J., Keita-Ouane, F., Hunsberger, C., Sánchez-Rodríguez, R., Gilruth, P., Patel, N. et al. (2012). Internationally agreed environmental goals: A critical evaluation of progress. *Environmental Development* 3, 5-24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2012.05.002>.
- Kok, M.T.J., Alkemade, R., Bakkenes, M., van Eerd, M., Janse, J., Mandryk, M. et al. (2018). Pathways for agriculture and forestry to contribute to terrestrial biodiversity conservation: A global scenario-study. *Biological Conservation* 221, 137-150. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.003>.
- Le Blanc, D. (2015). Towards integration at last? The Sustainable Development Goals as a network of targets. *Sustainable Development* 23(3), 176-187. <https://doi.org/10.1002/sd.1582>.
- Lucas, P., Ludwig, K., Kok, M. et Kruitwagen, S. (2016). *Sustainable Development Goals in the Netherlands: Building Blocks for Environmental Policy for 2030*. La Haye : PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-sustainable-development-in-the-netherlands-1966.pdf>.
- Lucas, P. et Wiltling, H. (2018). *Using Planetary Boundaries to Support National Implementation of Environment-Related Sustainable Development Goals*. La Haye : Bureau d'évaluation environnementale (Pays-Bas). https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/Using_planetary_boundaries_to_support_national_implementation_of_environment-related_Sustainable_Development_Goals_-_2748.pdf.
- Lucas, P.L., Kok, M.T.J., Nilsson, M. et Alkemade, R. (2014). Integrating biodiversity and ecosystem services in the post-2015 development agenda: Goal structure, target areas and means of implementation. *Sustainability* 6(1), 193-216. <http://dx.doi.org/10.3390/su6010193>.
- Meadows, D. (1998). *Indicators and Information Systems for Sustainable Development*. Hartland, VT : The Sustainability Institute. <http://donellameadows.org/wp-content/uploads/indicatorsinformation.pdf>.
- Nilsson, M., Griggs, D. et Visbeck, M. (2016). Policy: Map the interactions between Sustainable Development Goals. *Nature* 534(7607). <http://dx.doi.org/10.1038/534320a>.
- Nilsson, M., Griggs, D., Visbeck, M. et Ringler, C. (2016). *A Draft Framework for Understanding SDG Interactions*. Paris : Conseil international pour la science. <https://council.science/publications/working-paper-a-draft-framework-for-understanding-sdg-interactions-2016/>.
- Nilsson, M., Lucas, P. et Yoshida, T. (2013). Towards an integrated framework for SDGs: Ultimate and enabling goals for the case of energy. *Sustainability* 5(10), 4124-4151. <http://dx.doi.org/10.3390/su5104124>.
- Organisation de coopération et de développement économiques (2015). *Better Policies for Development 2015: Policy Coherence and Green Growth*. Paris. <https://www.oecd.org/development/better-policies-for-development-2015-9789264236813-en.htm>.
- Organisation des Nations Unies (1972). *Report of the United Nations Conference on the Human Environment*. A/CONF.48/14/Rev.1. <http://www.un-documents.net/aconf48-14r1.pdf>.
- Organisation des Nations Unies (2015a). *Transformer notre monde : le programme de développement durable à l'horizon 2030*. A/RES/70/1. New York. <https://undocs.org/fr/A/RES/70/1>.
- Organisation des Nations Unies (2015b). *Global Sustainable Development Report: 2015 Edition. Advance Unedited Version*. New York. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1758GSDR%202015%20Advance%20Unedited%20Version.pdf>.
- Organisation des Nations Unies (2017). *Cadre mondial d'indicateurs relatifs aux objectifs et aux cibles du Programme de développement durable à l'horizon 2030*. A/RES/71/313. New York. https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%20refinement_fre.pdf.
- Organisation des Nations Unies (2018). *Tier Classification for Global SDG Indicators*. https://unstats.un.org/sdgs/files/Tier%20Classification%20of%20SDG%20Indicators_15%20october%202018_web.pdf.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2014). *The Water-Energy-Food Nexus: A New Approach in Support of Food Security and Sustainable Agriculture*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-bl496e.pdf>.
- Organisation mondiale de la Santé (2006). *WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide: Global Update 2005. Summary of Risk Assessment*. Genève. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf.
- Pintér, L., Almássy, D., Antonio, E., Hatakeyama, S., Niestroy, I., Olsen, S. et al. (2014). *Sustainable Development Goals and Indicators for a Small Planet. Part I: Methodology and Goal Framework*. Singapour : Fondation Asie-Europe. https://www.asef.org/images/stories/publications/ebooks/ASEF_Report_Sustainable-Development-Goals-Indicators_01.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2015). *Policy Coherence of the Sustainable Development Goals: A Natural Resource Perspective*. Nairobi. <https://www.resourcepanel.org/reports/policy-coherence-sustainable-development-goals>.
- Raworth, K. (2012). *Un espace sûr et juste pour l'humanité : le concept du « donut »*. Documents de discussion d'Oxfam. <https://www.oxfam.org/fr/publications/un-espace-sur-et-juste-pour-l-humante>.
- Raworth, K. (2017). *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist*. Chelsea Green Publishing. <https://www.chelseagreen.com/product/doughnut-economics/>.
- Reid, A.J., Brooks, J.L., Dolgova, L., Laurich, B., Sullivan, B.G., Szekeres, P. et al. (2017). Post-2015 Sustainable Development Goals still neglecting their environmental roots in the Anthropocene. *Environmental Science & Policy* 77, 179-184. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.006>.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E.F. et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472-475. <http://dx.doi.org/10.1038/461472a>.
- Singh, G.G., Cisneros-Montemayor, A.M., Swartz, W., Cheung, W., Guy, J.A., Kenny, T.-A. et al. (2018). A rapid assessment of co-benefits and trade-offs among Sustainable Development Goals. *Marine Policy* 93, 223-231. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.030>.
- Stafford-Smith, M., Griggs, D., Gaffney, O., Ullah, F., Reyers, B., Kanie, N. et al. (2017). Integration: The key to implementing the Sustainable Development Goals. *Sustainability Science* 12(6), 911-919. <http://dx.doi.org/10.1007/s11625-016-0383-3>.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M. et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223), 1259855. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1259855>.
- van der Esch, S., ten Brink, B., Stehfest, E., Bakkenes, M., Sewell, A., Bouwman, A. et al. (2017). *Exploring Future Changes in Land Use and Land Condition and the Impacts on Food, Water, Climate Change and Biodiversity: Scenarios for the UNCCD Global Land Outlook*. La Haye : Bureau d'évaluation environnementale. https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2017-exploring-future-changes-in-land-use-and-land-condition-2076b_1.pdf.
- van Vuuren, D.P., Kok, M., Lucas, P.L., Prins, A.G., Alkemade, R., van den Berg, M. et al. (2015). Pathways to achieve a set of ambitious global sustainability objectives by 2050: Explorations using the IMAGE integrated assessment model. *Technological Forecasting and Social Change* 98, 303-323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2015.03.005>.
- Waage, J., Yap, C., Bell, S., Levy, C., Mace, G., Pegram, T. et al. (2015a). Governing the UN Sustainable Development Goals: Interactions, infrastructures, and institutions. *The Lancet Global Health* 3(5), e251-e252. [http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X\(15\)70112-9](http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(15)70112-9).
- Waage, J., Yap, C., Bell, S., Levy, C., Mace, G., Pegram, T. et al. (2015b). Governing Sustainable Development Goals: Interactions, infrastructures, and institutions. Dans Waage, J. et Yap, C. (dir.). *Thinking beyond Sectors for Sustainable Development*. Londres : Ubiquity Press. 79-88. http://discovery.ucl.ac.uk/1505333/1/Waage_governing-sustainable-development-goals-interactio.pdf.
- Weitz, N., Carlsen, H., Nilsson, M. et Skånberg, K. (2017). Towards systemic and contextual priority setting for implementing the 2030 Agenda. *Sustainability Science* 13(2), 531-548. <http://dx.doi.org/10.1007/s11625-017-0470-0>.
- Weitz, N., Nilsson, M. et Davis, M. (2014). A nexus approach to the post-2015 agenda: Formulating integrated water, energy, and food SDGs. *SAIS Review of International Affairs* 34(2), 37-50. <http://dx.doi.org/10.1353/sais.2014.0022>.
- Yillia, P.T. (2016). Water-Energy-Food nexus: Framing the opportunities, challenges and synergies for implementing the SDGs. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 68(3/4), 86-98. <http://dx.doi.org/10.1007/s00506-016-0297-4>.
- Zhou, X. et Moinuddin, M. (2017). *Sustainable Development Goals Interlinkages and Network Analysis: A Practical Tool for SDG Integration and Policy Coherence*. Yamato : Institute for Global Environmental Strategies. https://www.iges.or.jp/en/publication_documents/pub/researchreport/en/6026/IGES_Research+Report_SDG+Interlinkages_Publication.pdf.







Les développements futurs en l'absence de politiques ciblées



Auteurs coordonnateurs : Paul Lucas (Bureau d'évaluation environnementale [Pays-Bas]), Steve Hedden (Frederick S. Pardee Centre for International Futures) et Detlef van Vuuren (Bureau d'évaluation environnementale [Pays-Bas])

Auteurs principaux : Katherine V. Calvin (Institut mixte de recherche sur le changement mondial [PNNL]), Serena H. Chung (Agence de protection de l'environnement [États-Unis]), Mike Harfoot (Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance continue de la conservation de la nature), Alexandre C. Köberle (université fédérale de Rio de Janeiro), Jonathan D. Moyer (Frederick S. Pardee Centre for International Futures) et Yoshihide Wada (Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués)

Auteurs collaborateurs : Barry B. Hughes (Frederick S. Pardee Centre for International Futures), Fintan Hurley (Institute of Occupational Medicine) et Terry Keating (Agence de protection de l'environnement [États-Unis])

Membre honoraire de GEO : Katrina Lyne (université James Cook)



Synthèse

Combinée à d'autres outils, l'analyse de scénarios modélisés constitue une méthode utile pour mesurer la réalisation des cibles environnementales des objectifs de développement durable (ODD) et des accords multilatéraux sur l'environnement (AME) connexes (*bien établi*). L'évaluation visant à déterminer si les tendances actuelles conduisent à la réalisation des cibles retenues – décrites au chapitre 20 – constitue un exercice complexe. En effet, cela implique de comprendre les interactions entre plusieurs tendances et systèmes différents, les forces d'inertie et les relations transversales en jeu. La combinaison de trames qualitatives et d'outils quantitatifs de scénarios peut faciliter l'examen des tendances à venir, sans pour autant perdre de vue les nombreuses complexités liées à ce processus. Les scénarios ne sont pas des prévisions et des surprises sont toujours susceptibles de se produire. Néanmoins, ils permettent d'éclairer les décideurs sur les conséquences probables des tendances actuelles. {21.2}

Une évaluation de la littérature sur les scénarios conclut que la poursuite des tendances actuelles ne permettra probablement pas d'atteindre les cibles environnementales choisies dans les ODD et les AME connexes (*bien établi*). **Bien qu'une relative amélioration des indicateurs du développement humain soit attendue – mais trop lente pour permettre d'atteindre les cibles –, les indicateurs relatifs à la base de ressources naturelles semblent évoluer dans la mauvaise direction** (*établi, mais incomplet*). D'après les projections de la croissance démographique actuelle et du développement économique, la demande de nourriture, d'eau et d'énergie augmentera fortement d'ici à 2050. Parallèlement, les scénarios tendanciels prévoient une nette amélioration en matière de réduction de la faim, d'accès à l'eau potable et à un assainissement adéquat, ainsi que d'accès à des services énergétiques modernes. Toutefois, le rythme de cette amélioration progressive ne sera pas suffisant pour atteindre les cibles connexes des ODD d'ici à 2030. En outre, s'il est vrai que les améliorations attendues en matière d'efficacité générale des ressources (rendements agricoles, utilisation efficace des nutriments, de l'eau et de l'énergie) atténueront quelque peu les impacts environnementaux de l'utilisation des ressources, elles ne suffisent pas à alléger la pression qui s'exerce déjà sur les systèmes environnementaux. Par conséquent, les projections prévoient une poursuite des tendances relatives à la dégradation rapide de l'environnement et le non-respect des cibles connexes. {21.4}

Selon les tendances actuelles, les pressions environnementales liées au système agricole et alimentaire vont s'accroître (*bien établi*). De même que la population mondiale et le revenu par habitant, la consommation alimentaire totale et par habitant devrait augmenter selon les projections. Parallèlement, le nombre de personnes sous-alimentées devrait diminuer pour atteindre 300 à 650 millions en 2030, un chiffre qui demeure largement supérieur à la cible fixée pour l'élimination de la faim dans le monde. De plus, la production alimentaire et l'utilisation des terres sont en lien direct avec plusieurs problèmes environnementaux. La demande agricole mondiale devrait augmenter de 50 à 60 %. Au cours des dernières décennies, environ 80 % de l'augmentation de la demande alimentaire a été couverte par l'intensification de l'agriculture et 20 % par l'augmentation des surfaces agricoles. Cette tendance devrait plus ou moins se poursuivre. Ensemble, les systèmes de production alimentaire continueront de contribuer à l'expansion des terres, à l'augmentation de la demande en eau et du ruissellement des nutriments, à la perte de biodiversité et à la dégradation des terres. Les cibles connexes ne sont pas atteintes. {21.3.2}

En l'absence de nouvelles politiques, les objectifs de l'Accord de Paris ne seront pas réalisés (*bien établi*). L'approvisionnement

en énergie primaire devrait augmenter de 50 à 70 % entre 2010 et 2050. En outre, les combustibles fossiles continueront d'occuper une place de choix dans le système énergétique mondial. Par conséquent, la consommation énergétique devrait demeurer la principale source d'émissions de gaz à effet de serre (GES). De plus, les systèmes agricoles et l'utilisation des terres continueront de contribuer à ces émissions. Les politiques climatiques actuelles et à venir, telles qu'elles sont formulées par les différents pays dans le cadre de l'Accord de Paris de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), devraient conduire, au mieux, à une stabilisation des émissions. Cet accomplissement est nettement inférieur à ce qui serait nécessaire pour réaliser les objectifs de l'Accord de Paris, à savoir maintenir l'élévation des températures bien en deçà de 2 °C et, si possible, en deçà de 1,5 °C. La réalisation de ces objectifs nécessiterait une décarbonisation quasi complète du système énergétique. {21.3.3}

La pollution de l'air ambiant devrait continuer d'entraîner plusieurs millions de décès prématurés au cours des décennies à venir (*établi, mais incomplet*). Il existe différentes formes de pollution atmosphérique urbaine et régionale. On estime que l'exposition aux particules fines présentes dans l'air ambiant (MP_{2,5}), qui a causé environ quatre millions de décès prématurés en 2016, peut servir d'indicateur des effets néfastes de la pollution de l'air ambiant sur la santé. En l'absence de politiques rigoureuses de lutte contre la pollution de l'air, on s'attend à une augmentation des concentrations ambiantes de MP_{2,5}. La plupart des scénarios tendanciels estiment que les tendances passées – élaboration de politiques plus strictes en matière de pollution de l'air et augmentation des revenus – se poursuivront à l'avenir. Autrement dit, la croissance des revenus dans les pays en développement entraînera la mise en place de politiques plus strictes en matière de pollution de l'air, ce qui permet d'anticiper une lente diminution des émissions de MP_{2,5} et de leurs précurseurs dans la plupart des régions du monde. Toutefois, dans de nombreuses régions d'Asie, du Moyen-Orient et d'Afrique, même cette tendance ne suffirait pas à ramener les concentrations de MP_{2,5} en deçà de la cible intermédiaire la plus élevée établie par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), ce qui risque de causer 4,5 à 7 millions de décès prématurés dans le monde d'ici le milieu du siècle. {21.3.3}

On s'attend à une exacerbation de la pénurie mondiale d'eau et à une augmentation du nombre de personnes touchées (*établi, mais incomplet*). La demande humaine mondiale d'eau devrait augmenter d'environ 25 à 40 % au cours de ce siècle. Cette hausse est principalement due à la croissance démographique rapide et à l'intensification de l'activité industrielle (et de la consommation d'électricité et d'énergie) dans les pays en développement. On s'attend également à une augmentation des surfaces irriguées et de l'intensité de l'irrigation, mais son effet sera probablement compensé par l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation dans les régions à développement économique rapide. L'évolution du régime des précipitations exercera une pression supplémentaire sur la disponibilité de l'eau dans certaines régions. À l'horizon 2050, la population asiatique vivant dans des zones exposées à un grave stress hydrique devrait être d'environ 50 % plus nombreuse qu'en 2010, ce qui exercera une forte pression sur les réserves d'eaux souterraines non renouvelables. {21.3.4}

On s'attend à ce que les océans continuent d'être pollués et surexploités (*établi, mais incomplet*). Les écoulements de nutriments (azote et phosphore) de l'eau douce vers les océans du monde entier dépassent les seuils soutenables, de sorte que les risques de création de zones mortes et de prolifération d'algues toxiques dans les zones côtières devraient augmenter. Ce phénomène est lié en grande partie à l'utilisation accrue d'engrais



dans la production agricole et au traitement des eaux usées, qui accuse un retard en matière d'accès à l'assainissement. La concentration croissante de dioxyde de carbone (CO₂) devrait acidifier davantage les océans, ce qui aura un effet négatif sur la capacité des organismes marins à former leur coquille et leur squelette, voire sur la dissolution de ces derniers. C'est dans les régions polaires que l'acidification devrait s'accroître le plus. Enfin, il est prévu que si les stratégies de pêche actuelles se maintiennent, l'augmentation de la demande de poissons entraînera une réduction de la proportion des stocks biologiquement viables. {21.3.5}

Les risques évitables pour la salubrité de l'environnement devraient demeurer importants en 2030 et s'accompagner d'impacts négatifs sur la mortalité infantile (*établi, mais incomplet*). Près du quart de tous les décès enregistrés dans le monde en 2012 sont attribuables à des facteurs

environnementaux, la majeure partie de ces décès survenant chez des populations vulnérables (les enfants et les personnes âgées) et dans des pays en développement. On s'attend à un recul des principaux facteurs de risque environnemental – exposition à la pollution de l'air ambiant et manque d'accès à l'eau potable, à des services d'assainissement adéquats ou à des services énergétiques modernes – ainsi qu'à une réduction de la faim dans le monde à l'horizon 2030. Néanmoins, ces évolutions ne seront pas suffisantes pour garantir la réalisation des cibles correspondantes dans tous les pays. Le taux de mortalité infantile devrait diminuer à l'échelle mondiale, mais pas assez pour atteindre les cibles des ODD dans de nombreux pays en développement. En Afrique subsaharienne, notamment, les taux de mortalité infantile demeurent élevés et le rôle des facteurs de risques environnementaux évitables reste déterminant, bien qu'il ait diminué. {21.3.6}



21.1 Introduction

Le chapitre 20 donnait un aperçu des cibles environnementales que la communauté internationale s'est engagée à soutenir, sur la base des objectifs de développement durable (ODD) et d'une série d'accords multilatéraux sur l'environnement (AME). Le présent chapitre passe en revue la littérature internationale sur les scénarios afin d'évaluer dans quelle mesure les tendances actuelles et à long terme peuvent favoriser la réalisation de ces cibles et l'identification d'éventuelles lacunes en matière de mise en œuvre.

21.2 Les scénarios environnementaux globaux

Les cibles environnementales et de développement durable sont généralement formulées pour une période à venir. Les évaluations environnementales mondiales explorent des perspectives en vue d'éclairer les décideurs concernés par les défis mondiaux relatifs à l'environnement et à la durabilité, en s'attachant particulièrement à étudier les conséquences des tendances actuelles et à évaluer la probabilité de la réalisation des objectifs et des cibles fixés (Clark, Mitchell et Cash, 2006 ; van Vuuren *et al.*, 2012). L'exercice n'est pas aisé : de toute évidence, personne ne sait quelle trajectoire le monde empruntera d'ici 40 ans et nos points de vue respectifs orientent nos attentes en la matière. Les évaluations concernent les perspectives et se caractérisent donc par une incertitude inhérente à ce type d'approche. Certains utilisent un scénario de référence qui reflète une situation future probable, quand d'autres préfèrent opter pour plusieurs scénarios correspondant à des trames diverses. Un scénario correspond toujours à une description plausible des évolutions à venir, sur la base d'un ensemble rigoureux d'hypothèses caractérisées par une cohérence interne (la « logique des scénarios ») et ayant trait aux principales relations et forces motrices en jeu (interactions entre la technologie, l'économie et l'environnement) (Nakicenovic *et al.*, 2000). En règle générale, une trame se quantifie selon un modèle donné. Si la quantification modélisée peut aider à prendre en compte les nombreuses relations qui existent entre les différentes échelles, régions, époques, secteurs et problèmes environnementaux, les éléments de la trame aident à garantir la cohérence d'autres éléments plus difficiles à quantifier. L'objectif principal de cette méthodologie par scénarios consiste à se montrer aussi rigoureux que possible sur le plan scientifique, tout en fournissant des informations pertinentes aux décideurs (van Vuuren *et al.*, 2012).

Depuis quelques années, de nombreux rapports d'évaluation environnementale ont été publiés. Plusieurs d'entre eux portent sur un enjeu environnemental précis, tels le changement climatique (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2014a), la perte de biodiversité (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique [SCDB], 2014), ou la gestion et la restauration des ressources foncières (Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification [CNULCD], 2017). Ces rapports favorisent la prise en compte des données scientifiques dans les processus décisionnels des trois Conventions de Rio, c'est-à-dire la CCNUCC, la Convention sur la diversité biologique et la CNULCD. D'autres évaluations environnementales sont

moins clairement axées sur un processus décisionnel précis. Les évaluations environnementales sectorielles portent sur les principales forces motrices du changement environnemental, par exemple le système énergétique mondial (Global Energy Assessment, 2012 ; Agence internationale de l'énergie [AIE], 2017a) et le système agricole mondial (Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE] et Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2017). Enfin, certaines évaluations environnementales examinent de plus près les relations entre les différents enjeux environnementaux et les liens qu'ils entretiennent avec le développement humain. Citons à titre d'exemple l'évaluation des écosystèmes pour le Millénaire (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) et les rapports du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) sur l'avenir de l'environnement mondial (par exemple, PNUE, 2012).

Il est intéressant de noter qu'un nombre limité de scénarios types ou de familles de scénarios se retrouvent souvent dans ces évaluations (van Vuuren *et al.*, 2012). Par « famille de scénarios », on entend un ensemble de scénarios décrits dans la littérature et caractérisés par une trame ou une logique similaire, débouchant sur des modalités de quantification semblables. En se fondant sur ces éléments clés, van Vuuren *et al.* (2012) distinguent six familles de scénarios :

- i) Les scénarios fondés sur l'optimisme économique-technologique et les marchés conventionnels ;
- ii) Les scénarios fondés sur une réforme des marchés ;
- iii) Les scénarios de la durabilité mondiale ;
- iv) Les scénarios axés sur la concurrence régionale et les marchés régionaux ;
- v) Les scénarios du développement durable régional ;
- vi) Les scénarios tendanciels, correspondant au maintien des conditions actuelles.

Aucun de ces types de scénarios ne constitue un pronostic ou une prévision de l'avenir. Les scénarios ne visent qu'à explorer des trajectoires de développement plausibles.

Le présent chapitre porte sur les scénarios tendanciels. Ce type de scénario s'appuie sur l'hypothèse selon laquelle les mécanismes socio-économiques de référence continueront de fonctionner comme par le passé et aucune nouvelle politique explicite ne sera instaurée en vue d'atteindre des cibles stratégiques précises. Notre examen de la littérature sur les scénarios remplit deux fonctions : d'une part, analyser dans quelle mesure les tendances actuelles et à long terme permettront la réalisation des cibles environnementales des ODD et des AME connexes (voir la description des cibles choisies au chapitre 20) ; d'autre part, comprendre et mettre en évidence les lacunes éventuelles en matière de mise en œuvre. L'évaluation des scénarios sert de référence pour l'évaluation des trajectoires de développement futures ayant pour objectif la réalisation simultanée des cibles retenues (voir le chapitre 22).

La littérature sur les scénarios n'offre pas un traitement équitable de l'ensemble des enjeux pertinents. Par exemple, de nombreux



Encadré 21.1 : Les déchets, une cause importante de la dégradation de l'environnement

La partie A du sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial (GEO-6) relève un certain nombre de problèmes de gestion des déchets qui présentent un intérêt mondial et concernent notamment les déchets alimentaires et les déchets marins. Elle met également en évidence des disparités croissantes entre les différentes régions du monde. Les régions développées produisent environ 56 % des déchets alimentaires mondiaux, contre 44 % pour les régions en développement. De plus, alors que les régions développées investissent de plus en plus dans des mesures d'économie circulaire, environ trois milliards de personnes n'ont pas accès à des installations contrôlées d'élimination des déchets, ce qui, en plus des impacts environnementaux, crée des risques sanitaires. Les déchets plastiques sont particulièrement préoccupants. Pourtant, on constate que les études consacrées à l'évolution des flux de déchets sont rares et ce type de scénario est presque absent de la littérature. Par conséquent, les déchets ne sont pas traités comme une question distincte dans les chapitres 21 et 22. Néanmoins, le problème de la gestion des déchets est au cœur de la réalisation de plusieurs ODD et les politiques qui entendent s'attaquer à cet enjeu d'une importance croissante devront prendre soin d'envisager à la fois la réduction de la demande et la restructuration de l'offre.



Encadré 21.2 : Les trajectoires socio-économiques communes

Les trajectoires socio-économiques communes (*Shared Socioeconomic Pathways* ou SSP) se composent de cinq scénarios mondiaux qui décrivent l'évolution future de plusieurs enjeux sociaux essentiels, porteurs de nombreux défis en matière d'atténuation du changement climatique et d'adaptation à ses effets (O'Neill *et al.*, 2017 ; Riahi *et al.*, 2017). Les trajectoires SSP1 à SSP5 proposent un ensemble de trames et de mesures quantitatives couvrant une large gamme d'enjeux, notamment le développement énergétique, l'évolution de l'utilisation des terres et les émissions de gaz à effet de serre (GES) qui en découlent, en s'appuyant sur des scénarios et diverses autres méthodes. Compte tenu de leur caractère relativement général et du large éventail de perspectives d'évolution qu'elles abordent, les SSP sont également d'usage courant dans d'autres domaines de recherche et d'évaluation sur l'environnement. Les cinq SSP sont :

- i) Le développement durable (SSP1) ;
- ii) La poursuite des tendances actuelles (SSP2) ;
- iii) Un monde fragmenté (SSP3) ;
- iv) De grandes inégalités (SSP4) ;
- v) Le développement traditionnel, à forte intensité de carbone (SSP5).

Les SSP ne sont pas séparées des politiques, mais proposent au contraire toutes sortes d'hypothèses dans ce domaine. Toutefois, étant donné qu'elles ont été formulées expressément pour appuyer la recherche et l'évaluation sur le changement climatique, les scénarios de référence des SSP ne comprennent aucune politique climatique ultérieure à l'année de référence. Les SSP ne sont absolument pas étrangères aux politiques relatives à l'environnement et au développement durable. Les éléments clés de la SSP1, par exemple, sont une faible croissance démographique, la convergence économique, le développement rapide de technologies respectueuses de l'environnement et l'instauration de politiques environnementales. À l'inverse, dans le cadre de la SSP3, le monde fragmenté entraîne une forte croissance démographique, un développement économique lent et une focalisation sur les enjeux de sécurité, de sorte que la priorité n'est pas accordée aux questions environnementales.



Encadré 21.3 : La nécessité de coordonner les évaluations environnementales

Plusieurs évaluations actuelles comportent un volet consacré aux perspectives et se concentrent spécifiquement sur certains ODD. Il s'agit notamment des Perspectives mondiales de la diversité biologique, des Perspectives territoriales mondiales, de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques et du Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial. Comme le souligne le Programme de développement durable à l'horizon 2030, on ne peut prétendre réaliser les ODD sans tenir compte des importantes synergies et corrélations entre ces différents objectifs (voir également la section 22.4.2). C'est pourquoi il importe de plus en plus de coordonner le travail entre les différentes évaluations et de vérifier si, oui ou non, les principales conclusions répondent au programme des ODD dans son ensemble.

scénarios sur le changement climatique ont été publiés, alors que la pollution de l'eau n'a fait l'objet que de quelques études reposant sur des scénarios. D'autres questions d'intérêt mondial, notamment les produits chimiques et les déchets, sont rarement abordées dans la littérature sur les scénarios (**encadré 21.1**). La littérature disponible limite donc la portée de l'analyse. Par conséquent, certaines questions pertinentes examinées dans la partie A du rapport GEO-6, telles que les produits chimiques et les déchets, ne sont pas couvertes dans l'analyse présentée aux chapitres 21 et 22.

Les trajectoires socio-économiques communes (SSP ; voir l'**encadré 21.2**) constituent un ensemble de scénarios très largement répandu. Les SSP ont été élaborées principalement pour appuyer la recherche sur le climat (van Vuuren *et al.*, 2014 ; Riahi *et al.*, 2017), mais elles sont aussi d'usage courant dans d'autres domaines de recherche et d'évaluation sur l'environnement. Elles permettent d'explorer une grande diversité de perspectives d'avenir. Le scénario de la SSP2 fait partie de cet ensemble et représente l'évolution moyenne de forces motrices clés telles que la population, la croissance économique et le développement technologique. Notre évaluation porte sur des scénarios courants ou tendanciels et la SSP2 sert de scénario médian et de point de référence pour les différents enjeux abordés. D'autres scénarios tendanciels sont mis à contribution le cas échéant. Lorsque cela est possible, nous présentons également les résultats de la SSP3, afin d'indiquer le risque associé à une forte croissance démographique.



© Shutterstock/Wanna Thongpao



21.3 La réalisation des ODD et des AME connexes dans les scénarios tendanciels

Comme nous l'avons indiqué à la section 21.2, les scénarios tendanciels servent à évaluer dans quelle mesure les tendances actuelles et à long terme permettront d'atteindre les cibles des ODD retenues (voir les **tableaux 20.1** et **20.2**). On évalue la réalisation des cibles retenues à l'aune de cinq grands domaines distincts, composés d'enjeux environnementaux interdépendants (voir la **figure 21.1**). Il existe bien sûr des liens entre ces différents domaines, mais un tel regroupement des cibles est propice à une analyse détaillée. Il est à noter que quatre des cinq domaines entretiennent des liens étroits avec les cinq thèmes environnementaux abordés dans la partie A (air, biodiversité, océans, terres et eau douce). La biodiversité et les terres sont regroupées en raison de leurs liens étroits avec l'évolution de l'agriculture. Par ailleurs, la santé humaine constitue un domaine distinct.

21.3.1 Les forces motrices

Plusieurs forces motrices clés alimentent la modification de l'environnement. Notre analyse porte sur la population, l'urbanisation et le développement économique. Le changement climatique figure parmi les forces motrices recensées au chapitre 2, mais étant donné qu'il est impossible de l'infléchir à brève échéance, nous l'évaluons ici en tant que défi environnemental mondial faisant partie du domaine Énergie, air et climat. Le rôle de la technologie est également examiné dans plusieurs domaines, principalement dans le contexte de l'utilisation efficace des ressources. Il convient de noter que les pratiques de consommation et de production durables ou non durables jouent également un rôle clé (voir la section 2.5).

La population

Les perspectives de la population mondiale produites par l'Organisation des Nations Unies (ONU, 2017) et les scénarios démographiques qui sous-tendent les SSP (Samir et Lutz, 2017) figurent parmi les principaux outils utilisés dans la littérature (voir la section 2.2). Ces scénarios ont en commun plusieurs caractéristiques importantes : ils prévoient que la croissance démographique se poursuivra pour atteindre environ 8,5 milliards de personnes d'ici à 2030 et environ 9 à 10 milliards de personnes à l'horizon 2050 (voir la **figure 21.2**). Les scénarios de forte croissance démographique, telle la SSP3, sont généralement associés à une lente amélioration du développement humain. Le faible niveau des projections démographiques résulte d'une baisse relativement rapide des taux de fécondité. Plus de la moitié de la croissance prévue devrait se produire en Afrique et environ 30 % en Asie (principalement en Asie du Sud). Après 2050, l'Afrique devrait être la seule région à connaître une croissance démographique notable.

L'urbanisation

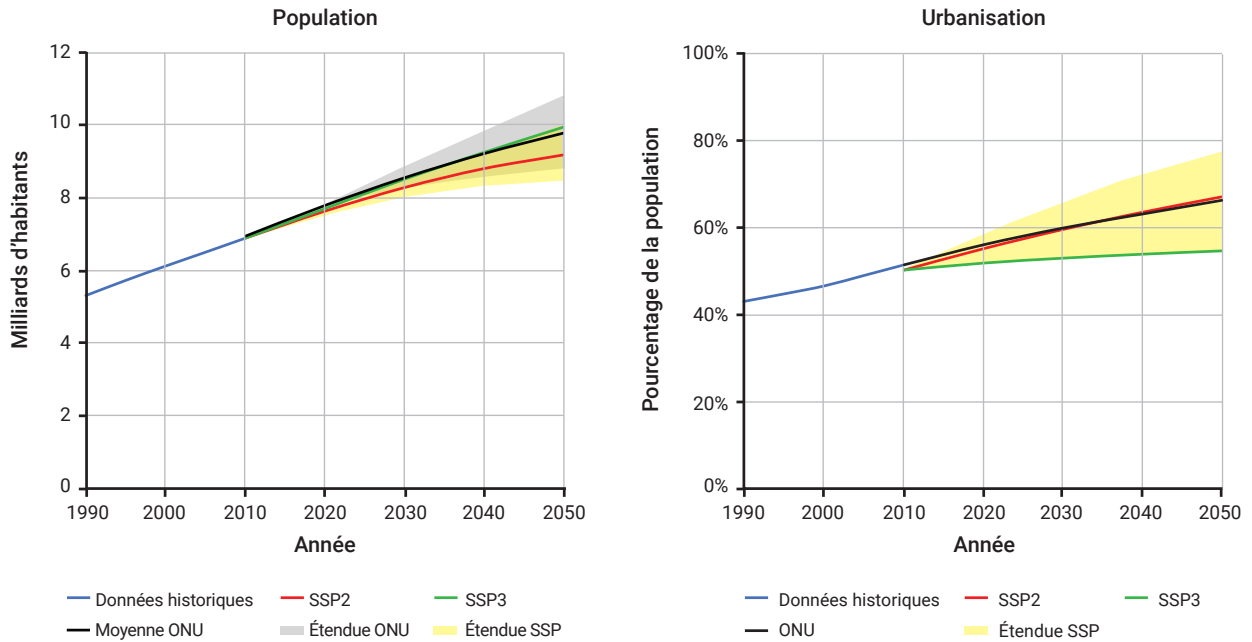
À l'échelle mondiale, on compte actuellement plus de personnes vivant en milieu urbain qu'en milieu rural (voir la section 2.3). Le niveau d'urbanisation varie considérablement d'une région du monde à l'autre : en Amérique latine et dans les Caraïbes, plus de 80 % de la population vit en milieu urbain, contre environ 40 % en Afrique. D'après les projections, toutes les régions devraient s'urbaniser davantage ; le niveau d'urbanisation mondial moyen atteindra environ 60 % en 2030 et 67 % en 2050, selon les perspectives mondiales de l'urbanisation de l'ONU et la SSP2 (ONU, 2014 ; Jiang et O'Neill, 2017) (voir la **figure 21.2**). Compte tenu de la croissance démographique mondiale, les projections prévoient une croissance de la population urbaine mondiale de plus des deux tiers d'ici à 2050. En Afrique et en Asie, cette augmentation devrait atteindre près de 90 % (ONU, 2014). Dans le

Figure 21.1 : Cibles retenues et domaines environnementaux examinés dans le présent chapitre

	Agriculture, alimentation, terres et biodiversité	Énergie, air et climat	Eau douce	Océans	Santé humaine
Bien-être humain	<ul style="list-style-type: none"> Éliminer la faim 		<ul style="list-style-type: none"> Assurer l'accès universel à l'eau potable et à un assainissement adéquat 	<ul style="list-style-type: none"> Éliminer la faim 	<ul style="list-style-type: none"> Mettre fin aux décès évitables d'enfants de moins de 5 ans
Consommation et production durables	<ul style="list-style-type: none"> Accroître la productivité agricole Accroître l'efficacité de l'utilisation des nutriments 	<ul style="list-style-type: none"> Accroître l'efficacité énergétique Accroître la part des énergies renouvelables 	<ul style="list-style-type: none"> Utiliser plus efficacement les ressources en eau 	<ul style="list-style-type: none"> Accroître la productivité agricole Accroître l'efficacité de l'utilisation des nutriments 	
Base de ressources naturelles	<ul style="list-style-type: none"> Atteindre la neutralité en matière de dégradation des terres Mettre un terme à la perte de biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> Limiter le réchauffement climatique Améliorer la qualité de l'air dans les villes 	<ul style="list-style-type: none"> Lutter contre les pénuries d'eau Améliorer la qualité de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> Gérer les ressources océaniques de manière durable Réduire au maximum l'acidification des océans Réduire la pollution marine par les nutriments 	



Figure 21.2 : Projections de la population mondiale (à gauche) et de l'urbanisation (à droite)



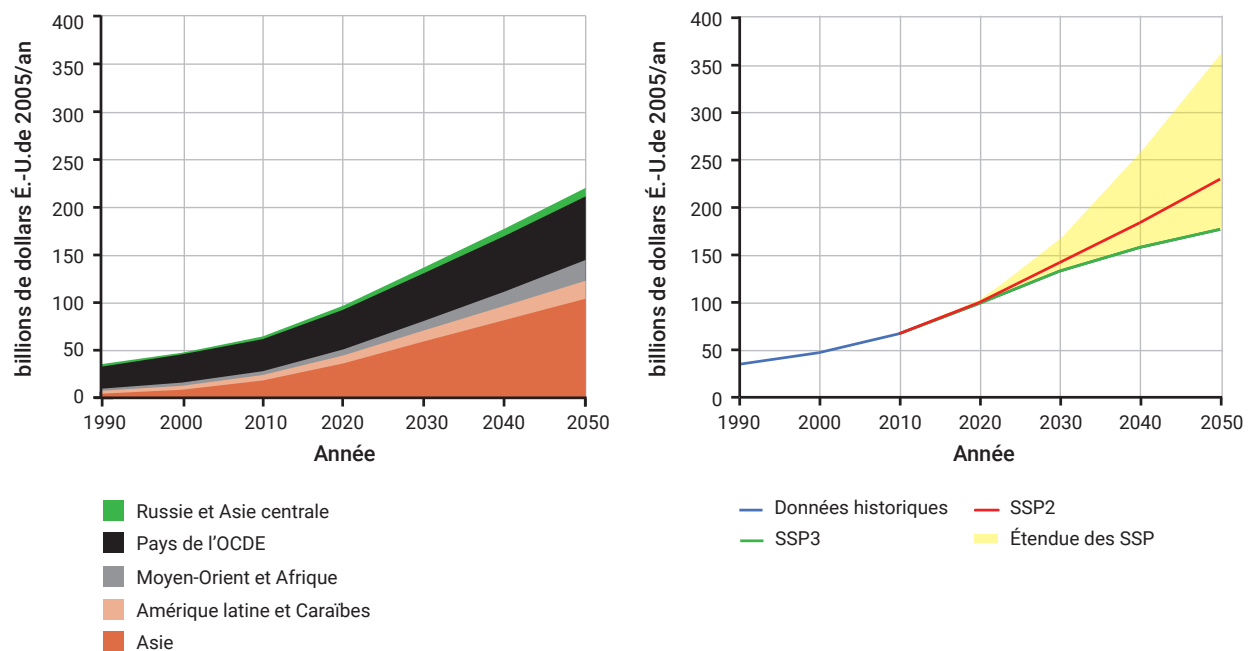
Sources : Projections des SSP : Jiang et O'Neill (2017) ; Samir et Lutz (2017) ; projections de l'ONU : ONU (2014) ; ONU (2017).

cadre de la SSP3, les hypothèses relatives à un développement économique lent coïncident avec un ralentissement du taux d'urbanisation. Néanmoins, compte tenu de la forte croissance démographique attendue à l'échelle mondiale, la population urbaine devrait elle aussi connaître une croissance considérable.

Le développement économique

Au cours des 30 dernières années, l'économie mondiale a enregistré une croissance annuelle moyenne de 3,5 %, notamment en raison de la forte croissance économique des pays émergents d'Asie (voir la section 2.4). Les projections publiées par la plupart des instituts économiques portent tout au plus sur une décennie. En réalité, la

Figure 21.3 : Projections du produit intérieur brut (PIB) total par région selon la SSP2 (à gauche) et du PIB mondial selon la SSP2 et la SSP3 (à droite)



Source : Dellink et al. (2017).



plupart des projections économiques à long terme sont élaborées dans le cadre d'évaluations des questions environnementales. Les SSP prévoient une poursuite de la croissance passée, avec un taux d'environ 3,1 % par an selon la SSP2 et de 2,5 % par an selon la SSP3 (Dellink *et al.*, 2017). Pour les pays de l'OCDE, la croissance économique prévue est un peu plus faible que le taux historique (1,7 % selon la SSP2), car le vieillissement de la population ralentira progressivement le rythme de la croissance annuelle. En revanche, les pays à faible revenu devraient connaître une croissance annuelle d'environ 3 à 5 %. En raison de la rareté actuelle des entrées de capitaux et du rendement élevé du capital investi, la productivité de la main-d'œuvre et du capital affiche un fort potentiel de croissance. Pour les pays d'Asie, les taux de croissance prévisionnels sont légèrement inférieurs aux taux historiques et tendent à s'infléchir avec le temps du fait de la maturation des économies, dont le niveau de productivité se rapprochera de celui des pays de l'OCDE. En revanche, les taux de croissance sont plus élevés en Amérique latine et dans les Caraïbes, ainsi qu'au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. Même si ces phénomènes impliquent une relative convergence entre les différentes régions du monde, les écarts demeurent importants. En termes de parts relatives, ces projections impliquent un changement important. Selon la SSP2, par exemple, la part actuelle des pays de l'OCDE dans l'économie mondiale devrait baisser en deçà d'un tiers (contre près de la moitié actuellement), tandis que celle de l'Asie s'approchera des 50 %.

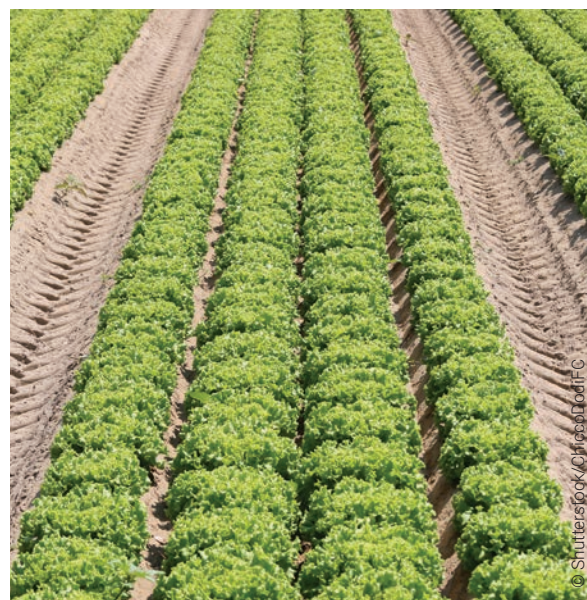
Les projections économiques concernent également la pauvreté. Par le passé, la pauvreté absolue, soit le nombre de personnes vivant avec moins de 1,90 dollar des États-Unis par jour, est passée de 1,85 milliard de personnes en 1990 à moins de 800 millions en 2013 (Banque mondiale, 2016a). Les projections pour 2030 varient entre 100 millions et plus d'un milliard de personnes, la plupart des études avançant un chiffre situé entre 400 et 600 millions de personnes (Chandy, Ledlie et Penciakova, 2013 ; Burt, Hughes et Milante, 2014). Les variations entre les différents scénarios s'expliquent par les écarts considérables qui caractérisent les hypothèses relatives à la croissance de la consommation des ménages et à l'évolution de la distribution des revenus.

21.3.2 L'agriculture, l'alimentation, les terres et la biodiversité

La production alimentaire et l'utilisation des terres sont en lien direct avec un ensemble de problèmes environnementaux (voir le chapitre 8). De même que la population et les revenus, la consommation alimentaire totale et par habitant est appelée à croître (Bijl *et al.* 2017 ; Popp *et al.* 2017). On estime qu'en 2050, la production agricole totale (alimentation humaine, animale et biocarburants) se situera entre 5 800 et 8 300 millions de tonnes par an, soit une augmentation de 50 à 130 % par rapport aux niveaux de 2010 (Tilman *et al.*, 2011 ; Popp *et al.*, 2017), bien que la plupart des projections prévoient une augmentation de 50 à 60 % (Bijl *et al.*, 2017 ; Popp *et al.*, 2017).

Depuis plusieurs décennies, l'augmentation de la demande alimentaire mondiale a été satisfaite par l'intensification de l'agriculture à hauteur d'environ 80 % (la croissance du rendement des cultures et l'adoption de systèmes d'élevage plus intensifs) et par l'augmentation des surfaces agricoles à hauteur de 20 % (Smith *et al.*, 2010). D'après les projections, ces parts devraient plus ou moins se maintenir au même niveau à l'avenir. Le résultat net est une augmentation de 3 à 9 % de la superficie agricole totale (terres cultivées et pâturages) à l'horizon 2050 (Popp *et al.*, 2017). Étant donné que, dans un certain nombre de régions, les terres les plus productives ont déjà été mises en valeur, l'expansion agricole concerne des terres relativement pauvres, ce qui nécessite une plus grande superficie par tonne de production (van der Esch *et al.*, 2017). Dans l'ensemble, l'expansion se fait au détriment de forêts et de savanes qui abritent des zones de vigilance en matière de biodiversité, des puits de carbone et d'autres services écosystémiques essentiels (SCDB, 2014).

À l'échelle mondiale, les rendements céréaliers devraient augmenter de 0,4 à 0,9 % par an entre 2010 et 2050 (Alexandratos et Bruinsma, 2012 ; Popp *et al.*, 2017), un rythme inférieur à la croissance de 1,9 % par an enregistrée entre 1961 et 2007 (Alexandratos et Bruinsma, 2012). Cette augmentation reposera sur un ensemble d'évolutions en matière d'application des engrais, d'irrigation et d'autres méthodes agricoles (mécanisation, sélection, etc.) susceptibles d'accroître les pressions qui pèsent sur l'environnement.

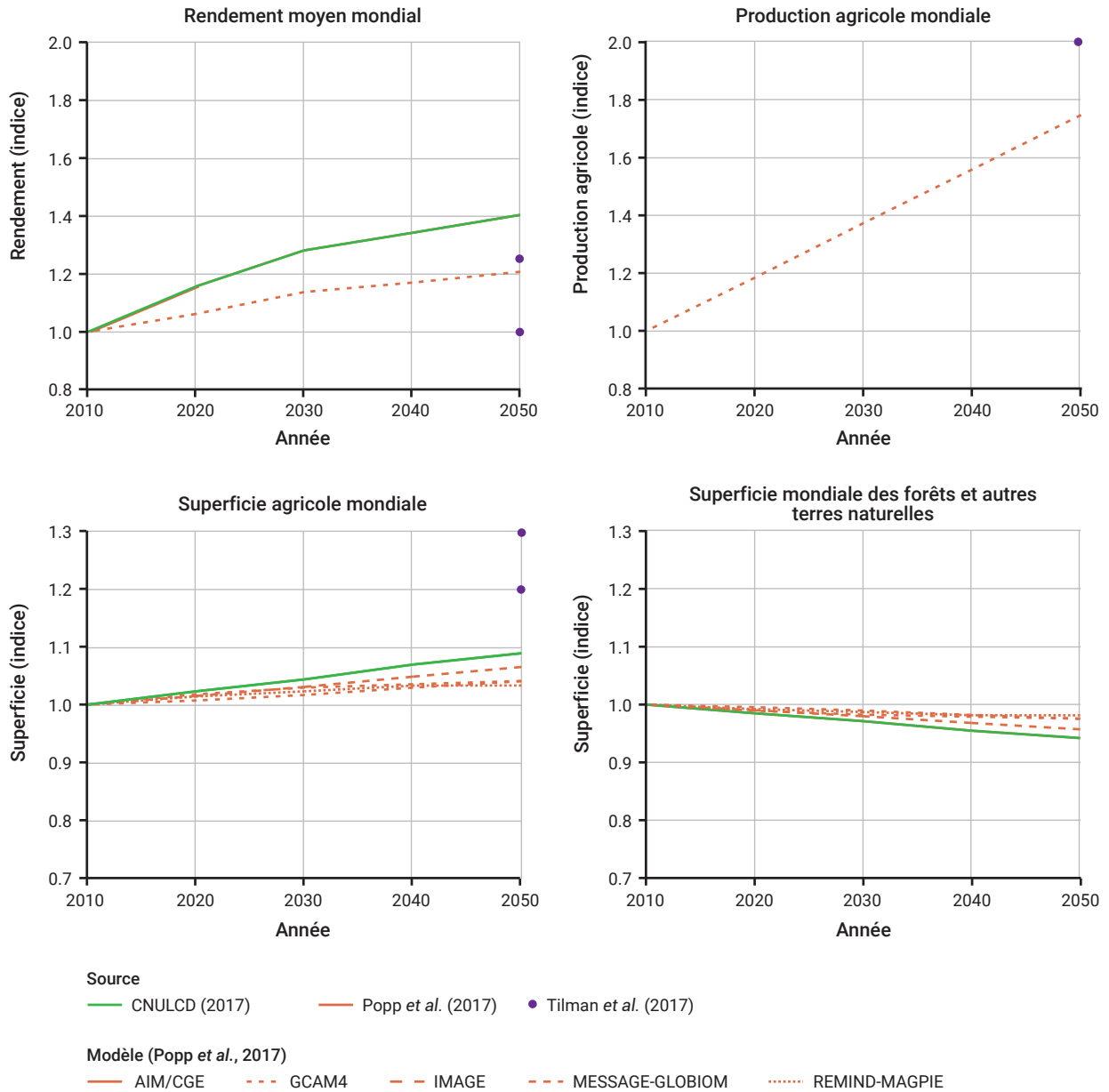


Encadré 21.4 : Les impacts du changement climatique sur l'agriculture

Dans les scénarios tendanciels, la température moyenne mondiale augmente de plus de 2 °C d'ici à 2050 et de 2,5 à 6 °C d'ici à 2100 (GIEC, 2014b). En matière d'agriculture, de tels changements climatiques présentent des risques importants, car ils entraînent la modification des schémas de précipitations saisonnières, l'élévation des températures de pointe, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses, l'exacerbation du risque de catastrophes (tempêtes) et la perturbation des services écosystémiques dont dépend l'agriculture. Tout cela peut évidemment avoir un impact négatif sur la capacité du système agricole à réaliser les ODD relatifs à la faim « zéro », à l'agriculture durable et à la protection de la biodiversité. Les incidences prévues varient selon la culture, la région et le scénario d'adaptation. De manière générale, les régions tropicales devraient subir des impacts négatifs plus graves que les régions tempérées, bien que le niveau de réchauffement y soit relativement faible (le GIEC rapporte qu'historiquement, le réchauffement est plus marqué dans les régions tempérées). La mise en œuvre de mesures d'adaptation au changement climatique pourrait permettre d'optimiser les rendements, en particulier dans les régions tempérées, sous l'effet combiné du changement climatique et de la fertilisation au CO₂. Selon l'évaluation du GIEC, après 2050, le risque d'impacts plus sévères s'accroît. La combinaison d'une demande croissante de denrées alimentaires et d'une hausse des températures dans la limite supérieure des projections implique des risques importants pour la sécurité alimentaire mondiale et régionale.



Figure 21.4 : Projections du rendement moyen mondial des cultures (en haut à gauche), de la production agricole (en haut à droite), de la superficie agricole (en bas à gauche) et de la superficie des forêts et autres terres naturelles (en bas à droite)



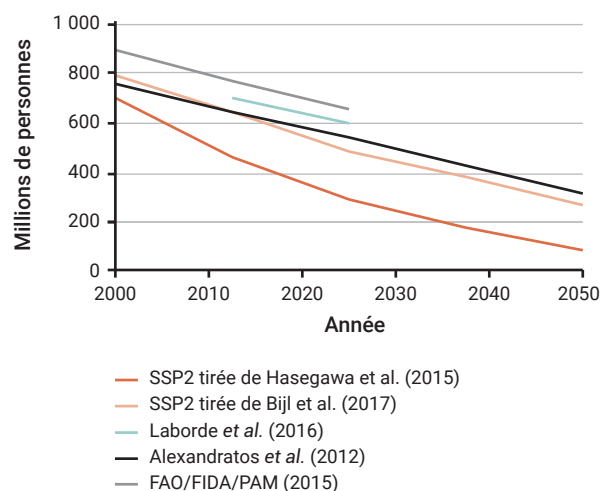
Source : Tilman et al., 2011 ; Popp et al., 2017 ; CNULCD (2017). Pour Popp et al. (2017), seuls les résultats du scénario de la SSP2 sont présentés. Pour Tilman et al. (2011), le seul scénario présenté correspond à la « technologie actuelle » combinée à une consommation d'engrais supérieure ou égale aux valeurs actuelles.



Les tendances de la faim

L'un des principaux défis dans ce domaine consiste à éliminer la faim d'ici à 2030 (cible 2.1 des ODD). Entre 2005 et 2014, la faim dans le monde a diminué en termes absolus et relatifs. Elle a toutefois amorcé une remontée en 2014 : selon les estimations, 815 millions de personnes étaient sous-alimentées en 2016 (FAO *et al.*, 2017). Les modèles mondiaux prévoient une diminution du nombre de personnes sous-alimentées à l'horizon 2030, une évolution principalement due à l'augmentation des revenus projetée dans les régions actuellement à faible revenu (Alexandratos et Bruinsma, 2012; Hasegawa *et al.*, 2015; Laborde *et al.*, 2016; Bijl *et al.*, 2017; FAO *et al.*, 2017). Ces projections sont généralement basées sur des données antérieures à 2014 et n'incluent donc pas la récente hausse du taux de faim. Les écarts entre les taux de faim historiques dépendent généralement de l'année où le modèle passe des données historiques aux projections basées sur des modèles (ici, principalement 2005 ou 2010). Selon les différentes études, le nombre de personnes sous-alimentées devrait se situer entre 300 et 650 millions en 2030 et entre 100 et 300 millions en 2050 (figure 21.5). Ces chiffres représentent une amélioration par rapport aux chiffres actuels, mais ils ratent de beaucoup la cible de la faim «zéro» à l'horizon 2030.

Figure 21.5 : Projections futures de la population mondiale sous-alimentée



Sources : Alexandratos et Bruinsma (2012) ; FAO, Fonds international de développement agricole et Programme alimentaire mondial (2015) ; Hasegawa *et al.* (2015) ; Laborde *et al.* (2016) ; Bijl *et al.* (2017).

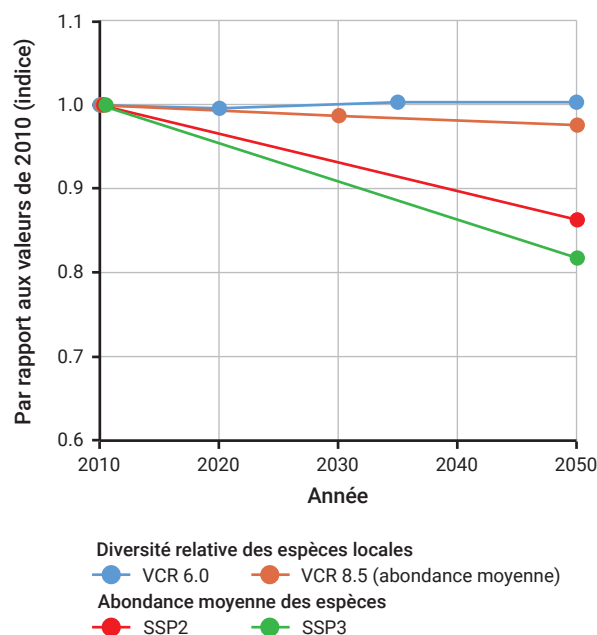
Les tendances de la perte de biodiversité

Comme nous l'avons évoqué au chapitre 6, la perte de biodiversité résulte d'un certain nombre de causes (cible 15.5 des ODD). La plupart des études par scénarios établissent que la perte de l'habitat naturel demeure le principal facteur de la perte de biodiversité (Millennium Ecosystem Assessment, 2005 ; Newbold *et al.*, 2015). Toutefois, les tendances en matière de pénuries d'eau, de changement climatique, de pollution et de perturbations contribuent toutes à accélérer le déclin de la biodiversité. De plus, les scénarios tendanciels indiquent qu'une grande partie de ces facteurs sont susceptibles de s'aggraver à l'avenir (SCDB, 2014 ; Kok *et al.*, 2018). Selon les prévisions, le changement climatique deviendra une cause majeure de la perte de biodiversité, les espèces étant affectées par une série de facteurs tels que la hausse des températures, la modification des régimes de précipitations et l'élévation du niveau des mers. On prévoit également que le changement climatique modifiera la répartition des biomes au cours du prochain siècle ; une proportion allant du dixième à la moitié des terres du monde

sera particulièrement vulnérable à l'évolution des biomes causée par le changement climatique (Gonzalez *et al.*, 2010). Les forêts boréales seraient particulièrement vulnérables (Gonzalez *et al.*, 2010 ; Gauthier *et al.*, 2015), mais les projections montrent également que le changement climatique pourrait occasionner un déplacement de biomes sur 5 à 6 % des terres de l'Amérique latine d'ici la fin du siècle (Boit *et al.*, 2016). La combinaison des forces motrices anthropiques pourrait pousser certains systèmes socio-écologiques régionaux au-delà des points de bascule, jusqu'à un état marqué par une grave réduction de la biodiversité et des services écosystémiques (Leadley *et al.*, 2014).

Les études publiées après la quatrième édition des Perspectives mondiales de la diversité biologique s'accordent également sur le fait que la biodiversité poursuit son déclin dans les scénarios tendanciels. Les projections modélisées annoncent des changements concernant plusieurs dimensions de la biodiversité. Les Perspectives territoriales mondiales présentent des projections relatives à l'abondance moyenne des espèces – une donnée permettant de mesurer l'intégrité des écosystèmes – et prévoient une nouvelle accentuation de la perte d'abondance, de 34 % en 2010 à 43 ou 46 % en 2050, respectivement selon la SSP2 et la SSP3 (van der Esch *et al.*, 2017 ; figure 21.6). En s'appuyant sur des scénarios de changement d'affectation des terres conformes au scénario 8.5 des voies de concentration représentative (VCR) proposées par le GIEC, Newbold *et al.* (2015) ont prévu une diminution de 3,4 % de la variété des espèces locales à l'horizon 2100 (voir la figure 21.6). La combinaison du changement climatique et de l'utilisation des terres pour le même scénario de VCR devrait entraîner une perte cumulative de 38 % des espèces des communautés de vertébrés (Newbold, 2018). Une grande partie des effets observés concernent des pays riches en biodiversité, mais économiquement pauvres (Newbold *et al.*, 2015), ainsi que les prairies et savanes tropicales (Newbold, 2018). De plus,

Figure 21.6 : Projections de la diversité relative des espèces locales, dans divers scénarios de stabilisation du climat et de l'abondance moyenne des espèces selon les paramètres d'utilisation des terres de la SSP2 et de la SSP3



VCR : voie de concentration représentative.

Source : diversité relative des espèces, Newbold *et al.* (2015) ; abondance moyenne des espèces, van der Esch *et al.* (2017).



une extrapolation de l'Indice Planète vivante (IPV) – qui permet de mesurer l'évolution des populations de vertébrés terrestres, marins et d'eau douce – indique qu'entre 1970 et 2020, la taille des populations aura diminué de 67 % en moyenne (Fonds mondial pour la nature, 2016). On prévoit également que la taille des populations de mammifères carnivores et d'ongulés diminuera sous l'effet de l'utilisation future des terres et du changement climatique (Visconti *et al.*, 2016). Des projections reposant sur un indice semblable à l'IPV font état de baisses allant de 18 à 35 % à l'horizon 2050, sur la base de la capacité de dispersion des espèces. Ces pertes d'abondance sont associées à une augmentation de 8 à 23 % du risque d'extinction (Visconti *et al.*, 2016)

Les tendances de la dégradation des terres

La dégradation des terres (cible 15.3 des ODD) constitue un problème majeur dans le monde entier, en lien direct avec l'insécurité alimentaire, la vulnérabilité au changement climatique et la pauvreté, ainsi que l'atténuation des émissions de GES (CNULCD, 2017 ; van der Esch *et al.*, 2017). Les estimations du nombre de personnes touchées par la dégradation des terres varient entre une étendue inférieure de 1,3 à 1,5 milliard (Bai *et al.*, 2008 ; Barbier et Hochard, 2016 ; voir le chapitre 8) et des estimations beaucoup plus élevées, de l'ordre de 3,2 milliards de personnes (Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques [IPBES], 2018). Les populations rurales démunies vivant sur des terres marginales forment une proportion importante des personnes touchées, mais la dégradation concerne également des terres agricoles de premier choix, victimes d'une mauvaise gestion ou du surpâturage. Au Brésil, par exemple, plus de la moitié de tous les pâturages sont dans un état de dégradation avancé, ce qui entraîne une lourde perte de productivité (Strassburg *et al.*, 2014 ; Assad *et al.*, 2015). En réalité, l'expansion et les pratiques non durables en matière d'agriculture et d'élevage sont les principales forces motrices directes de la dégradation des terres (IPBES, 2018).

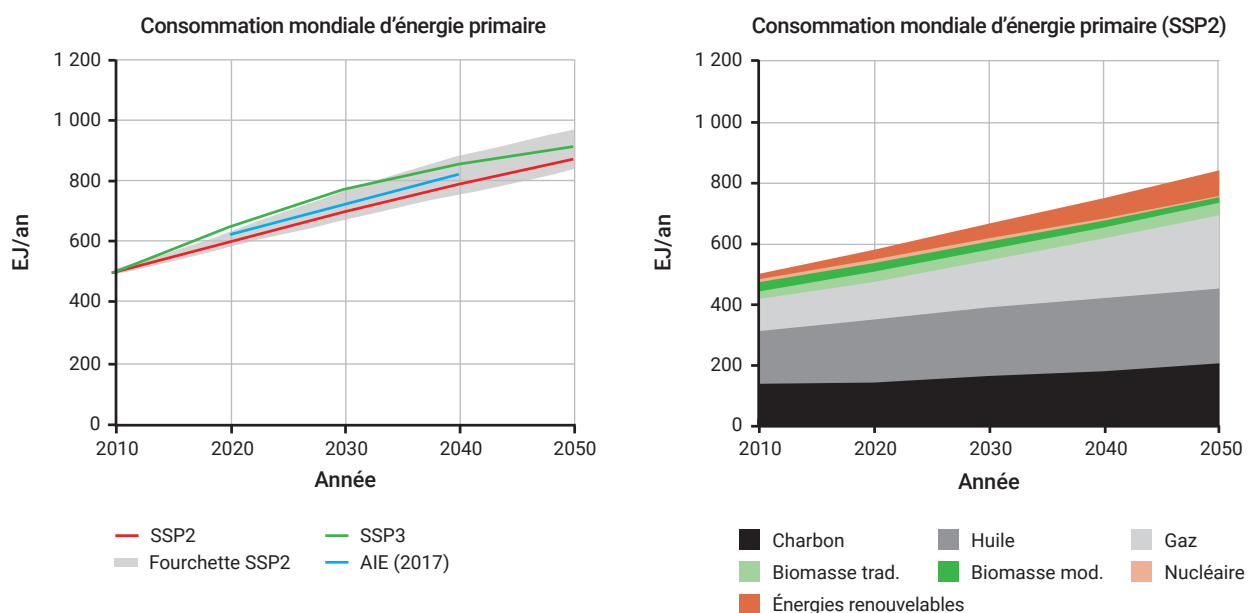
Entre 1982 et 2010, à l'échelle mondiale et abstraction faite des conséquences du changement climatique, on observe une tendance à la baisse de la productivité primaire nette (PPN) sur environ 12 % des terres agricoles et environ 5 % des terres

naturelles (Schut *et al.*, 2015 ; van der Esch *et al.*, 2017). En Russie-Asie centrale et en Afrique subsaharienne, cette part est plus de deux fois plus élevée (Schut *et al.*, 2015 ; van der Esch *et al.*, 2017). Selon les estimations, la PPN actuelle est nettement plus faible qu'à l'état non perturbé pour 28 millions de kilomètres carrés de terres, soit 23 % de la superficie terrestre mondiale, ce qui correspond à une perte d'environ 5 % de la PPN mondiale (Smith *et al.*, 2016 ; van der Esch *et al.*, 2017). La dégradation des sols implique notamment l'érosion des sols et la perte du carbone organique qu'ils contiennent. Par le passé, les changements d'affectation des terres, notamment la conversion de terres naturelles en terres agricoles et le surpâturage dans les prairies, ont causé la perte d'environ 176 milliards de tonnes de carbone organique contenu dans les sols (8 %) (Stoorvogel *et al.*, 2017a ; Stoorvogel *et al.*, 2017b). Si la conversion et la gestion non durable des terres se poursuivent, on prévoit une perte supplémentaire de 27 milliards de tonnes de carbone organique issu des sols entre 2010 et 2050. La capacité de rétention d'eau et la présence de nutriments s'en trouveront réduites, ce qui affectera les rendements agricoles (van der Esch *et al.*, 2017). En outre, les pertes de carbone organique issu des sols auront des effets plus globaux sur la biodiversité, l'hydrologie et les émissions de carbone. Au regard des tendances actuelles en matière d'utilisation des terres (voir la **figure 21.4**) et de changement climatique, et de la pression croissante qui s'exerce sur les ressources en terres et en eau, on s'attend à une dégradation accrue des terres. Ce phénomène est particulièrement préoccupant dans les zones arides où, à l'horizon 2050, la population humaine devrait augmenter de 40 à 50 % selon le scénario de la SSP2, ce qui est nettement supérieur à la croissance démographique de 25 % prévue dans les zones non arides (van der Esch *et al.*, 2017). De manière générale, ces tendances montrent qu'en l'absence de politiques ciblées, la neutralité en matière de dégradation des terres restera hors d'atteinte.

21.3.3 L'énergie, l'air et le climat

Le système énergétique joue un rôle crucial dans la réalisation du développement durable. En effet, l'utilisation d'énergie est une condition préalable au bien-être des humains, mais les modes actuels de consommation et de production d'énergie contribuent

Figure 21.7 : Projections de la consommation mondiale d'énergie primaire totale (à gauche) et par vecteur énergétique dans le scénario de référence de la SSP2 (à droite)



Source : Base de données publique sur les SSP (2016) ; AIE (2017a) ; Riahi *et al.* (2017).



fortement au changement climatique et à la pollution de l'air. Au cours des prochaines décennies, la demande d'énergie devrait continuer d'augmenter sous l'effet de la croissance démographique et des activités humaines correspondantes. De manière générale, la plupart des scénarios prévoient une augmentation de 50 à 70 % de la demande d'énergie primaire entre 2015 et 2050, malgré une diminution prévue de l'intensité énergétique d'environ 1 à 2,5 % par an, comme par le passé (par exemple, van Vuuren *et al.*, 2016 ; Riahi *et al.*, 2017). Certes, les énergies renouvelables sont celles qui progressent le plus rapidement, et de loin, mais les combustibles fossiles se taillent toujours la part du lion dans l'approvisionnement total en énergie, tel que l'envisagent les scénarios fondés sur l'absence de nouvelles politiques. Dans la plupart des scénarios tendanciels, la part des énergies renouvelables passe de 15 % en 2015 à environ 20 à 30 % en 2050 (étendue totale située entre 10 et 30 %) (van Vuuren *et al.*, 2016). Les énergies renouvelables, qui représentaient une part infime du bouquet énergétique en 2015, ont pour l'essentiel remplacé les combustibles fossiles dans le secteur de l'électricité, qui constitue une part importante, mais limitée de la consommation totale d'énergie. Les études qui s'appuient sur des scénarios pour mesurer l'impact des politiques formulées par les pays dans le cadre de leurs engagements au titre de l'Accord de Paris affichent souvent une demande d'énergie un peu plus faible et une croissance plus rapide des énergies non fossiles, mais débouchent, au mieux, sur une stabilisation de la demande de combustibles fossiles.

Les tendances de l'accès aux services énergétiques modernes

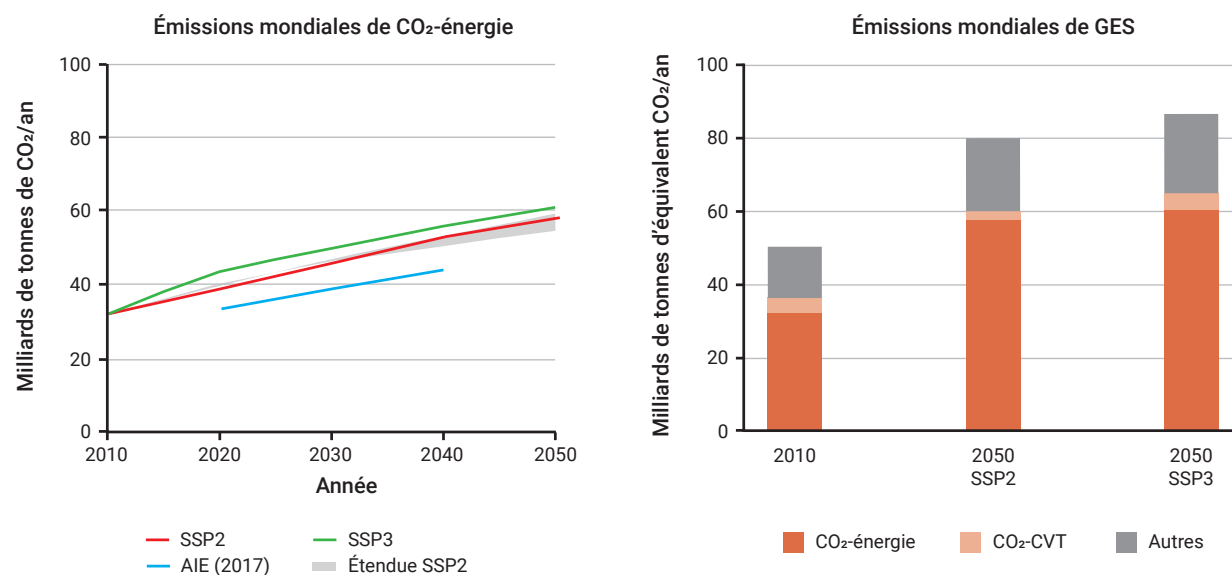
L'accès à des services énergétiques fiables et modernes (cible 7.1 des ODD) est une condition préalable importante au développement humain (AIE, 2017b). Actuellement, environ 2,8 milliards de personnes dans le monde dépendent de la biomasse traditionnelle, du kérosène et du charbon – des combustibles qui ne sont pas considérés comme propres – et 1,1 milliard de personnes n'ont pas accès à l'électricité (AIE, 2017b). L'exposition à la pollution de l'air à l'intérieur des habitations, due à l'utilisation de la biomasse traditionnelle dans un feu ouvert ou un poêle traditionnel, favorise la mortalité et la morbidité des enfants et des adultes. Dans l'ensemble, en 2015, la pollution de l'air à l'intérieur des habitations

a causé près de trois millions de décès dans le monde, dont 250 000 enfants (GBD 2016 SDG Collaborators, 2017). Depuis 2000, des progrès ont été accomplis dans toutes les régions, en particulier en Asie, tandis qu'en Afrique subsaharienne, le rythme de la croissance démographique a largement dépassé les progrès réalisés. Ces tendances devraient se poursuivre à l'horizon 2030 (Lucas *et al.*, 2015 ; Dagnachew *et al.*, 2017 ; AIE, 2017b ; Lucas, Dagnachew et Hof, 2017). La population totale dépourvue d'accès à des combustibles de cuisson propres devrait diminuer pour atteindre environ 2,3 milliards de personnes en 2030, avec une amélioration plus importante en milieu urbain qu'en milieu rural (AIE, 2017b). Selon les hypothèses de la SSP2, à l'horizon 2030, la pollution de l'air à l'intérieur des habitations causera la mort d'environ 140 000 enfants de moins de 5 ans (Lucas *et al.*, 2018). Les projections du modèle montrent également une diminution de la population privée d'accès à l'électricité, qui devrait atteindre environ 700 millions de personnes en 2030, avec un accès quasi universel dans la plupart des régions, sauf l'Afrique subsaharienne (AIE, 2017b). Dans cette région, entre 2010 et 2030, plus de 550 millions de personnes supplémentaires devraient avoir accès à l'électricité, mais 500 millions de personnes n'y auraient toujours pas accès en 2030, dont une forte proportion vivant en milieu rural (Dagnachew *et al.*, 2017).

Les tendances du changement climatique

La consommation accrue de combustibles fossiles implique une hausse des émissions de GES et, par conséquent, de la température moyenne mondiale (ODD 13). Pour la période de 2010 à 2050, les émissions de GES devraient augmenter de 30 à 70 % (Riahi *et al.*, 2017 ; AIE, 2017a ; **figure 21.8**). Selon les prévisions, l'essentiel de cette augmentation concernera les pays à faible revenu. Néanmoins, les émissions par habitant demeurent extrêmement élevées dans les pays de l'OCDE. Les émissions de GES devraient augmenter non seulement en raison de ces tendances énergétiques, mais également d'autres activités. On peut notamment citer les émissions de CO₂ résultant du changement d'affectation des terres (qui diminuent lentement au fil du temps) et les émissions autres que le CO₂ liées à

Figure 21.8 : Augmentation prévue des émissions mondiales de dioxyde de carbone (à gauche) et des émissions totales de gaz à effet de serre (à droite)



CVT : changement d'affectation des terres.

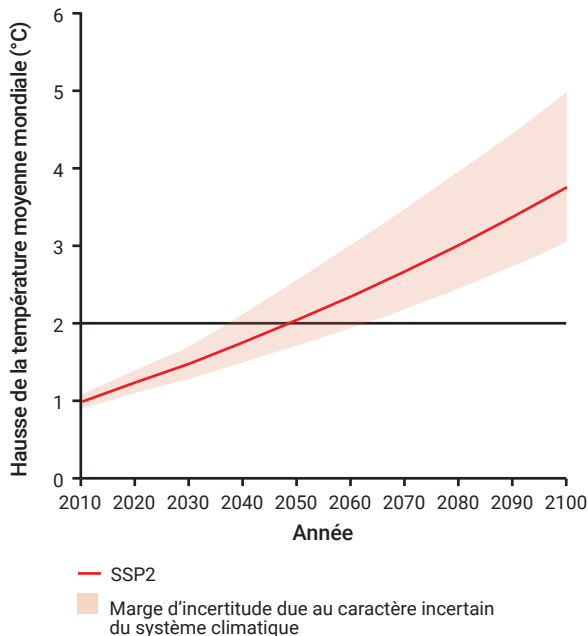
Source : Les résultats sont présentés pour la SSP2 (moyenne des différents modèles élaborant ce scénario et limites inférieure et supérieure de la fourchette ; Riahi *et al.*, 2017) et la SSP3 (moyenne des modèles ; Riahi *et al.*, 2017), ainsi que pour le scénario de l'AIE (scénario de référence ; AIE, 2017a).



l'énergie et à l'agriculture. La somme des émissions autres que le CO₂ devrait progresser davantage au fil du temps, principalement du fait des tendances qui caractérisent le secteur agricole.

Selon la SSP2, en raison de cette augmentation des émissions, la température mondiale devrait augmenter pour passer d'environ 1 °C au-dessus des niveaux préindustriels en 2016 (Visser *et al.*, 2018) à environ 4 °C au-dessus à l'horizon 2100, dépassant très probablement avant 2050 la cible de 2 °C fixée pour la fin du siècle dans l'Accord de Paris (GIEC, 2014b ; voir la **figure 21.9**). La hausse des températures présente des écarts substantiels d'une région du monde à l'autre. De manière générale, elle est plus marquée aux latitudes plus élevées, comme dans la zone tempérée et les régions polaires. Outre les fluctuations de température, les projections font état d'une évolution considérable des régimes de précipitations, avec des régions qui deviennent plus sèches et d'autres, plus humides. Toutefois, les tendances détaillées relatives aux différentes variables du changement climatique demeurent très incertaines. Dans beaucoup d'endroits, le réchauffement prévu dépasse la hausse de la température moyenne mondiale (définie comme l'augmentation de la température au-dessus des terres et des océans). En s'appuyant sur des projections relatives aux fluctuations de température, le GIEC a évalué les impacts associés au changement climatique (GIEC, 2014b). Pour un niveau de réchauffement aussi élevé que dans les scénarios tendanciels avancés ici, les impacts sont évalués comme étant graves pour

Figure 21.9 : Hausse de la température moyenne mondiale



Source : Base de données sur la SSP2, marge issue des scénarios de référence du GIEC (2014b).

toutes les catégories. Ce constat s'applique à l'élévation du niveau de la mer, aux impacts négatifs sur l'agriculture mondiale (voir l'**encadré 21.4**) et sur la biodiversité, et au risque de changements irréversibles à l'échelle du système climatique de la planète.

Les tendances de la pollution de l'air

Du point de vue de la santé publique, les particules en suspension dans l'air et l'ozone troposphérique constituent les principaux polluants atmosphériques (cible 11.6 des ODD), l'exposition aux MP_{2,5} étant celle qui contribue le plus aux

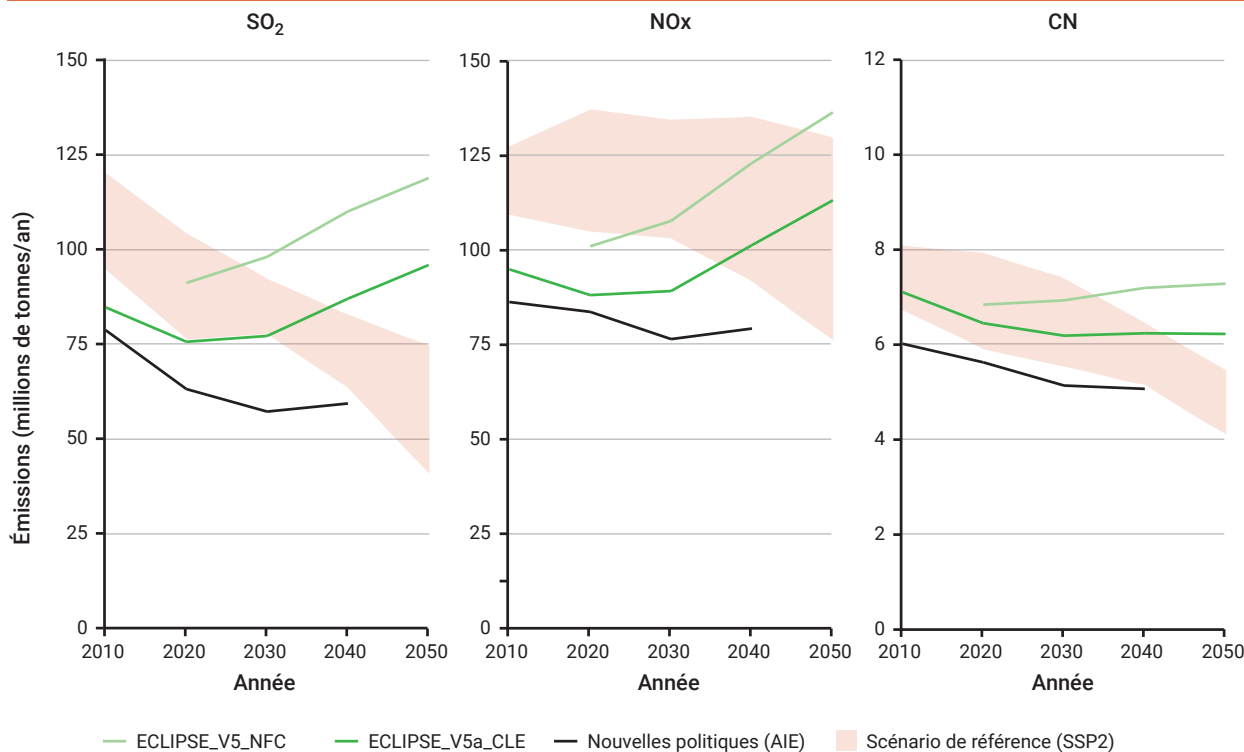
décès prématurés (voir le chapitre 5). Selon une estimation de l'étude Global Burden of Disease, en 2015, l'exposition aux MP_{2,5} ambiantes représentait le cinquième facteur de risque de mortalité et contribuait à environ quatre millions de décès et à la perte de 103 millions d'années de vie en bonne santé (Cohen *et al.*, 2017).

Plusieurs projections de la pollution de l'air ont été réalisées ces dernières années (Stohl *et al.*, 2015 ; AIE, 2016 ; OCDE, 2016 ; Klimont *et al.*, 2017 ; Rao *et al.*, 2017 ; PNUE, 2017). De nombreuses projections s'appuient sur les facteurs d'émission inclus dans les versions successives du modèle GAINS, fondé sur les interactions et les synergies entre les GES et la pollution de l'air (Amann *et al.*, 2011 ; Klimont *et al.*, 2017). Outre l'évolution de ces facteurs d'émission sous-jacents, les projections diffèrent par les hypothèses qu'elles formulent sur l'offre et la demande d'énergie, et sur le degré de mise en œuvre des politiques de lutte contre la pollution de l'air.

Les scénarios les plus pessimistes envisagent une situation dans laquelle aucune politique supplémentaire de lutte contre la pollution de l'air n'est mise en œuvre. L'étude de l'OCDE (2016) constitue un bon exemple. Cette étude prévoit une hausse significative des émissions de polluants atmosphériques à l'horizon 2060, associée à la croissance de l'activité économique et de la demande d'énergie. Des scénarios plus réalistes s'appuient pour leur part sur l'amélioration escomptée de la législation relative à la pollution de l'air. Par exemple, le scénario « Nouvelles politiques » de l'AIE (2016) prévoit un avenir plus optimiste dans lequel la mise en œuvre des politiques récemment annoncées, y compris la contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN) de l'Accord de Paris, donne lieu à l'utilisation de technologies de contrôle des émissions et facilite la transition vers des sources d'énergie plus propres. Ces nouvelles politiques entraîneront une lente diminution des émissions mondiales de polluants atmosphériques à l'horizon 2040. Dans les régions confrontées à un développement rapide, on observera probablement une augmentation continue des émissions de polluants atmosphériques (AIE, 2016 ; PNUE, 2017). Dans les pays à revenu élevé, au contraire, on s'attend à une diminution de ces émissions sous l'effet de normes de plus en plus strictes appliquées aux centrales électriques et aux véhicules, mais aussi grâce à une transition vers des sources de production d'électricité sobres en carbone et à l'accroissement de l'efficacité énergétique. Dans les régions en développement, la croissance de l'activité économique et de la demande d'énergie devrait encore annuler les efforts de lutte contre la pollution tant qu'un certain niveau de revenu ne sera pas atteint. Toutefois, les niveaux d'émissions de MP_{2,5} – principalement sous la forme de carbone organique (CO) et de carbone noir (CN) – et d'exposition pourraient diminuer sous l'effet de l'accès accru à des sources d'énergie propres pour la cuisson, le chauffage et l'éclairage (AIE, 2016). Le projet ECLIPSE (Stohl *et al.*, 2015 ; Klimont *et al.*, 2017), qui a été utilisé plus largement dans le milieu de la recherche atmosphérique – par exemple dans le rapport *Emissions Gap Report* (PNUE, 2017) –, propose un scénario intitulé « Législation actuelle » (CLE), qui se situe entre les trajectoires de l'OCDE et celles de l'AIE. Des scénarios d'émissions de polluants atmosphériques ont été élaborés pour chacune des SSP en fonction d'ensembles d'hypothèses relatives à la rigueur et à la mise en œuvre des contrôles des émissions, en accord avec les trames générales des différents scénarios (Rao *et al.*, 2017). Ces scénarios tiennent également compte des facteurs d'émission du modèle GAINS. Jusqu'en 2040, les SSP proposent des scénarios d'émissions de polluants atmosphériques allant du plus pessimiste, soit la poursuite de la croissance en l'absence de politiques supplémentaires (OCDE, 2016), au plus optimiste, soit la mise en œuvre de nouvelles politiques (AIE, 2016).



Figure 21.10 : Projections des émissions de trois polluants atmosphériques (SO₂, NO_x et CN)



Source : ECLIPSE_V5_NFC et ECLIPSE_V5a_CLE correspondent respectivement aux scénarios « Sans contrôle plus poussé » et « Législation actuelle » d'ECLIPSE (Stohl *et al.*, 2015 ; Klimont *et al.*, 2017).

Le scénario « Nouvelles politiques » de l'AIE inclut la CPDN de l'Accord de Paris (AIE, 2016). Pour le scénario SSP2, la partie grisée représente l'étendue couvrant tous les modèles (Rao *et al.*, 2017).

De manière générale, les scénarios fondés sur l'absence de nouvelles politiques affichent une légère variation (diminution ou augmentation) des émissions de polluants atmosphériques. D'après les données de l'étude Global Burden of Disease (GBD 2016 Risk Factors Collaborators, 2017), en 2016, environ 95 et 58 % de la population mondiale vivait dans des zones où les concentrations annuelles moyennes de MP_{2,5} étaient respectivement, supérieures à la cible de 10 µg/m³ et à la cible intermédiaire la moins stricte de 35 µg/m³. Cette situation contribuait à environ quatre millions de décès prématurés (Health Effects Institute, 2018). En utilisant comme intrants les données relatives aux émissions, on peut estimer les concentrations annuelles de MP_{2,5} avec le modèle source-récepteur TM5-FASST (van Dingenen *et al.*, 2018) et les mettre en correspondance avec les projections démographiques pour estimer le nombre de personnes exposées à des niveaux spécifiques de MP_{2,5}, ainsi que le nombre de décès prématurés. D'ici à 2050, les projections relatives à la part de la population exposée à des concentrations de MP_{2,5} supérieures à 10 µg/m³ et 35 µg/m³ sont respectivement de 63 et 9 %, dans le scénario de référence de la SSP2 (Rao *et al.*, 2017), et de 81 et 40 %, pour le scénario « Législation actuelle » d'ECLIPSE V5a (Stohl *et al.*, 2015 ; Klimont *et al.*, 2017). Cela implique que la pollution de l'air continuera de contribuer à plusieurs millions de décès prématurés chaque année. Les différentes estimations recensées dans la littérature varient entre 4,5 millions de décès prématurés pour 2040, selon le scénario « Nouvelles politiques » de l'AIE (AIE, 2016), et sept millions de décès prématurés pour 2050, selon le scénario ECLIPSE V5a (Stohl *et al.*, 2015 ; Klimont *et al.*, 2017). Les pertes économiques mondiales dues à la baisse de la productivité de la main-d'œuvre, à l'augmentation des coûts des soins de santé et à la diminution des rendements des cultures pourraient représenter 1 % du PIB mondial d'ici à 2060 (OCDE, 2016). Il existe d'importants écarts entre les différentes régions, la perte de PIB pouvant aller jusqu'à 3 % dans certains cas (OCDE, 2016).

21.3.4 L'eau douce

Les problèmes environnementaux liés à l'eau douce en tant que ressource naturelle et puits de polluants entretiennent des liens étroits avec les évolutions à l'œuvre dans le domaine de l'agriculture, de l'alimentation, des terres et de la biodiversité (voir la section 21.3.2), et dans celui de l'énergie, de l'air et du climat (voir la section 21.3.3). L'eau douce est essentielle à la santé humaine (eau potable et assainissement), ainsi qu'à l'agriculture et à la production d'énergie, et un déséquilibre entre l'offre et la demande d'eau douce peut entraîner une grave pénurie. De plus, les pertes excessives de nutriments (azote et phosphore) causées par le ruissellement et l'érosion vers les écosystèmes aquatiques peuvent aboutir à l'eutrophisation des lacs et des rivières.

Les tendances de l'eau potable et de l'assainissement

En 2015, près de 2,1 milliards de personnes n'avaient pas accès à des services d'alimentation en eau potable gérés en toute sécurité (cible 6.1 des ODD), tandis que 0,8 milliard d'entre elles étaient même dépourvues d'accès à une source améliorée (Organisation mondiale de la Santé [OMS] et Fonds des Nations Unies pour l'enfance [UNICEF], 2017). En outre, 4,5 milliards de personnes étaient privées d'accès à des services d'assainissement gérés en toute sécurité (cible 6.2 des ODD), tandis que 2,3 milliards d'entre elles étaient même dépourvues d'accès à une source améliorée (OMS et UNICEF, 2017). De manière générale, l'insécurité en matière d'eau, d'assainissement et d'hygiène (EAH) est à l'origine d'environ 1,5 million de décès, dont 410 000 décès d'enfants, principalement dus à des maladies diarrhéiques (GBD 2016 SDG Collaborators, 2017). En s'appuyant sur les hypothèses de la SSP2, Lucas *et al.* (2018) prévoient que, d'ici à 2030, plus de 30 millions d'enfants n'auront toujours pas accès à des services d'alimentation en eau potable améliorés et qu'environ 150 millions n'auront pas accès



à un assainissement amélioré. Il en résulte que 400 millions de personnes vivront sans accès à des services d'alimentation en eau potable améliorés et environ deux milliards sans accès à un assainissement amélioré. L'assainissement représente un défi particulièrement pressant. Entre 2015 et 2030, environ 5,6 milliards de personnes auront besoin d'un assainissement géré en toute sécurité et environ 1,3 milliard de personnes devront passer de la défécation en plein air à la défécation à un point fixe (Mara et Evans, 2018). L'amélioration de l'accès à des services EAH gérés en toute sécurité entraînerait une réduction significative du nombre d'enfants souffrant de problèmes de santé connexes. Toutefois, selon les projections fondées sur les hypothèses de la SSP2, les lacunes en matière d'eau potable et d'installations sanitaires devraient causer la mort d'environ 220 000 enfants de moins de 5 ans à l'horizon 2030 (Lucas *et al.*, 2018).

Les tendances de la qualité de l'eau

La pollution de l'eau douce résulte de différents types de substances chimiques, mais également d'une charge excessive en nutriments (azote et phosphore) des écosystèmes aquatiques découlant du ruissellement, de l'érosion et de la diminution des concentrations de silice. Les études par scénarios consacrées aux substances chimiques sont particulièrement peu nombreuses dans la littérature scientifique (voir l'**encadré 21.3**) et l'analyse des tendances pour cette cible se concentre donc sur la pollution par les nutriments.

Les engrais à base d'azote (N) et de phosphore (P) jouent un rôle majeur dans la production alimentaire, mais ils se retrouvent aussi dans la quasi-totalité des masses d'eau de la planète, provoquant l'eutrophisation des rivières, des lacs et des réservoirs (cible 6.3 des ODD). La fixation de l'azote liée à l'agriculture (l'utilisation d'engrais azotés et la fixation biologique dans les cultures) est la principale source anthropique d'azote dans les écosystèmes d'eau douce. Pour le phosphore, les principales sources anthropiques sont l'utilisation d'engrais phosphorés et les eaux usées. La fixation de l'azote utilisé à des fins agricoles est actuellement estimée entre 116 et 127 téragrammes d'azote par an (TgN/an) (Bouwman *et al.*, 2017). Alexandratos et Bruinsma (2012) prévoient une augmentation de l'utilisation de l'azote synthétique jusqu'à 138 TgN/an en 2050, tandis que Mogollón *et al.* (2018a) prévoient une augmentation allant respectivement jusqu'à 185 et 260 TgN/an en 2050, selon le type de scénario utilisé (SSP2 ou SSP3), ce qui illustre l'incertitude inhérente à de telles projections. Les apports mondiaux de phosphore aux terres cultivées devraient passer de 14,5 téragrammes de phosphore par année (TgP/an) en 2010 (Bouwman *et al.*, 2017) à des taux respectifs de 26 et 27 TgP/an en 2050, selon le type de scénario utilisé (SSP2 ou SSP3) (Mogollón *et al.*, 2018b).

Les projections de l'utilisation d'engrais azotés sont étroitement liées à l'évolution du coefficient d'efficacité azoté, qui est passé de 0,42 en 1970 à 0,35 dans les années 1980, avant de remonter à 0,42 en 2010 (Bouwman *et al.*, 2017). La tendance à la baisse enregistrée dans les années 1980 était due à l'utilisation accrue d'engrais dans les pays à faible apport d'intrants, ce qui a d'abord entraîné une perte d'efficacité apparente, tandis que l'augmentation ultérieure résulte en grande partie de l'amélioration des pratiques agricoles et de la législation environnementale dans les pays développés (Bouwman *et al.*, 2017 ; Rao *et al.*, 2017). Ces tendances devraient se poursuivre à l'avenir, avec une projection du coefficient d'efficacité azoté de 0,55 en 2050 selon la SSP2 (Mogollón *et al.*, 2018a). Pour sa part, le coefficient d'efficacité phosphoré est passé de 0,51 en 1970 à des valeurs légèrement inférieures dans les années 1980, puis à 0,6 en 2010 (Mogollón *et al.*, 2018b). L'évolution future de ce coefficient dépend en grande partie de l'accumulation de phosphore (coefficient faible) dans les sols résiduels ou de son épuisement (coefficient élevé), une donnée que l'on peut considérer comme un apport à la production future.

Il est clair que l'utilisation actuelle et prévisionnelle d'azote et de phosphore dans l'agriculture dépasse largement les niveaux cibles de 62 TgN/an et 6,2 TgP/an. Parallèlement, la construction de barrages et

l'aménagement de réservoirs pour le stockage de l'eau et la production d'hydroélectricité entraînent le piégeage de la silice (Si) (par exemple, Mavaara, Dürr et van Cappellen, 2014 ; Ran *et al.*, 2018). La distorsion de la stœchiométrie des nutriments (l'augmentation du ratio N:P et du ratio N:Si) peut entraîner la prolifération d'algues nuisibles. Le problème mondial des algues nuisibles s'inscrit actuellement dans une trajectoire marquée par une fréquence accrue des floraisons et par une augmentation du nombre de sites touchés, de la portée du phénomène et de la quantité de toxines (Glibert, 2017).

Les eaux usées constituent une autre source importante de nutriments dans les systèmes d'eau douce. L'assainissement amélioré se concentre sur les aspects sanitaires et les systèmes d'assainissement sont conçus pour éviter de façon hygiénique tout contact humain avec les excréments. Toutefois, si l'on ne traite pas les eaux usées, les réseaux d'égout rejettent des nutriments et des déchets organiques directement dans les eaux de surface (van Puijenbroek *et al.*, 2015). Les projections prévoient le renforcement de l'accès à l'assainissement, mais le traitement des eaux usées connaîtra une expansion plus lente que la croissance démographique et l'urbanisation dans les pays en développement (van Puijenbroek, Beusen et Bouwman, 2019). Par conséquent, les émissions mondiales de nutriments provenant des eaux usées non traitées devraient passer de 10 TgN/an en 2010 à 17 TgN/an en 2050, et de 1,5 TgP à 2,4 TgP, selon les hypothèses de la SSP2 (van Puijenbroek, Beusen et Bouwman, 2019).

Les tendances de la pénurie d'eau

À l'heure actuelle, plus de deux milliards de personnes dans le monde vivent dans un bassin fluvial caractérisé par un stress hydrique excessif (cible 6.4 des ODD), c'est-à-dire que le rapport entre la part d'eau douce prélevée et la part des ressources en eau renouvelables dépasse le seuil de 40 % (Oki et Kanae, 2006; Veldkamp *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2017). Certains pays d'Afrique et d'Asie ont un stress hydrique supérieur à 70 % (Conseil économique et social, 2018).

La demande humaine mondiale en eau – le volume des prélèvements – augmente dans tous les scénarios tendanciels. Certains scénarios affichent des augmentations relativement importantes : dans la SSP2, la demande actuelle d'environ 4 000 km³/an passe à 5 500 km³/an à l'horizon 2050 (+38%) (Wada *et al.*, 2016; Satoh *et al.*, 2017). D'autres affichent une augmentation plus faible, en fonction des améliorations d'efficacité prévues. Par exemple, Bijl *et al.* (2018) anticipent une augmentation de 26% de la demande totale d'eau d'ici à 2050, d'après un scénario dérivé de la SSP2. Pour un scénario de forte demande, la consommation d'eau passe de 2 000 km³/an actuellement à 2 500 km³/an d'ici à 2050 (+25%) dans la SSP2 (Wada et Bierkens, 2014). On prévoit une augmentation supplémentaire de 10% de la consommation d'eau dans la SSP3 (Wada *et al.*, 2016).

L'efficacité de l'utilisation de l'eau devrait s'améliorer à des degrés variables selon le secteur (agricole, industriel et domestique), de l'ordre de 0,3 à 1,0% par an selon le scénario des SSP, qui suit essentiellement l'évolution historique (Flörke *et al.*, 2013; Wada *et al.*, 2016). En outre, l'amélioration de l'efficacité devrait varier considérablement d'une région à l'autre, en fonction des infrastructures et des investissements économiques disponibles. Les plus fortes augmentations de la demande totale en eau sont attendues en Afrique, dans diverses régions d'Asie, dans l'ouest des États-Unis, au Mexique et en Amérique latine (Hanasaki *et al.*, 2013a; Hanasaki *et al.*, 2013b; Wada *et al.*, 2016). Elles seront alimentées en grande partie par la croissance démographique rapide et l'accroissement de l'activité industrielle (la consommation accrue d'électricité et d'énergie) dans les pays actuellement en développement (Hanasaki *et al.*, 2013a; Hanasaki *et al.*, 2013b; Bijl *et al.*, 2016; Wada *et al.*, 2016; Satoh *et al.*, 2017).

L'augmentation future de la demande d'eau destinée à l'agriculture est principalement due à l'expansion des superficies irriguées et aux projections climatiques selon lesquelles la perte par



évacuation augmentera dans les cultures irriguées (Hanasaki *et al.*, 2013a; Hanasaki *et al.*, 2013b; Wada et Bierkens, 2014; Mouratiadou *et al.*, 2016). En ce qui concerne les secteurs domestique et industriel, la demande prévisionnelle d'eau destinée à l'irrigation affiche une augmentation bien plus faible, soit de 20 à 30% d'ici la fin du siècle (Elliot *et al.*, 2014), bien que certains avancent que les prélèvements d'eau destinée à l'irrigation doubleront entre 2010 et 2050 (Chaturvedi *et al.*, 2015). Bien que modestes, les changements projetés quant à l'efficacité moyenne de l'irrigation au niveau mondial (Hanasaki *et al.*, 2013a; Hanasaki *et al.*, 2013b) compenseront probablement l'expansion des superficies irriguées et l'intensification de l'irrigation (Wada *et al.*, 2013), et des écarts régionaux significatifs quant au niveau d'efficacité sont à prévoir (Chaturvedi *et al.*, 2015). Il convient de noter que l'augmentation des concentrations atmosphériques de CO₂ peut améliorer la croissance des cultures et réduire leur transpiration, tandis que l'utilisation accrue de la biomasse pourrait annuler les gains associés à la transpiration des cultures (Wada *et al.*, 2013).

Les tendances associées aux scénarios de demande moyenne et de forte demande en eau (SSP2 et SSP3) pointent vers une rarefaction accrue de l'eau. Par exemple, des études prévoient une forte accentuation des pénuries d'eau sur 74 à 86% de la superficie totale de l'Asie, selon différents scénarios de la SSP, et l'exposition probable d'au moins 20% de la superficie de ce continent à un grave stress hydrique d'ici les années 2050 (Wada et Bierkens 2014; Satoh *et al.*, 2017). Il importe de relever qu'on s'attend à une réduction importante des ressources en eau dans plusieurs parties des régions arides et semi-arides, du fait du changement climatique (Schewe *et al.*, 2014). Actuellement, plus d'un milliard d'Asiatiques – près du tiers de la population du continent – vivent dans une région exposée à un grave stress hydrique (Liu *et al.*, 2017). D'ici à 2050, la proportion de la population asiatique exposée à des conditions de stress hydrique grave devrait augmenter de 42 à 75 %, selon le scénario envisagé (de SSP1 à SSP3), et pourrait atteindre deux milliards de personnes selon le scénario de forte demande en eau de la SSP3 (Satoh *et al.*, 2017). À l'échelle mondiale, le nombre de personnes vivant dans une zone de stress hydrique grave affiche une tendance similaire, passant de deux milliards de personnes actuellement à 2,8 à 3,4 milliards de personnes d'ici à 2030, respectivement selon les scénarios de la SSP2 et de la SSP3 (Hanasaki *et al.*, 2013a; Hanasaki *et al.*, 2013b). Un stress hydrique accru peut altérer les ressources en eau douce renouvelables au point qu'elles ne puissent plus soutenir les activités humaines et assumer leurs fonctions écologiques (Satoh *et al.*, 2017; Greve *et al.*, 2018). Les conséquences du stress hydrique touchent également l'agriculture, la santé et le revenu. Des études montrent que le stress hydrique pourrait entraîner une réduction de 7 à 10% du PIB de l'Asie centrale et orientale d'ici à 2050 (Banque mondiale, 2016b; Satoh *et al.*, 2017).

Parallèlement, selon les scénarios de la SSP2 et de la SSP3, le volume des prélèvements d'eaux souterraines non renouvelables devrait doubler pour la quasi-totalité des principaux utilisateurs d'eaux souterraines. En effet, la part des prélèvements d'eaux souterraines non renouvelables par rapport au prélèvement total d'eau souterraine devrait passer de 30 à 40%, ce qui indique une dépendance croissante de l'utilisation humaine de l'eau à l'égard des ressources en eaux souterraines non renouvelables (Elliot *et al.*, 2014; Wada et Bierkens, 2014). Dans certaines régions, la nappe phréatique descend trop profondément, ou l'aquifère ou la rivière manque d'eau, un facteur préoccupant pour la sécurité alimentaire, l'énergie, les villes et les écosystèmes (Vanham *et al.*, 2018).

21.3.5 Les océans

Les problèmes environnementaux liés aux océans en tant que ressources naturelles et puits de polluants entretiennent des liens étroits avec les évolutions à l'œuvre dans le domaine de l'agriculture, de l'alimentation, des terres et de la biodiversité (voir la section 21.3.2), et dans celui de l'énergie, de l'air et du climat (voir

la section 21.3.3). Les océans constituent une importante source d'aliments et de nutrition pour plusieurs milliards de personnes et, bien qu'il n'en soit pas question dans la présente section, ils revêtent également une certaine importance pour des énergies renouvelables telles que l'éolien en mer et l'énergie marémotrice. En ce qui concerne la pollution, les charges excessives d'azote et de phosphore associées aux activités anthropiques, y compris l'agriculture et les eaux usées, peuvent créer des zones mortes et favoriser la prolifération d'algues toxiques dans les eaux intérieures et côtières, tandis que l'augmentation des émissions de CO₂, principalement générées par le système énergétique, exacerbe l'acidification des océans.

Les tendances de la pollution par les nutriments marins

Les principales menaces liées à l'enrichissement en nutriments et à la modification des ratios de nutriments sont l'apparition de zones mortes et la prolifération d'algues toxiques dans les eaux intérieures et côtières. Au XX^e siècle, les ratios Si:N et Si:P ont diminué de façon constante dans les cours d'eau (Billen, Lancelot et Meybeck, 1991). Ce phénomène est dû aux charges élevées d'azote et de phosphore associées aux activités anthropiques (Beusen *et al.*, 2016). Par ailleurs, on observe une diminution des apports en silice dissoute dans les cours d'eau (principalement issus de l'altération des roches), qui s'explique par l'augmentation de la rétention de la silice dans les réservoirs (Conley, 2002). Par conséquent, les structures des communautés évoluent, car les algues siliceuses (diatomées) ont besoin de silice pour équilibrer la présence d'azote et de phosphore (Si:N ≈ 1 ; Si:P ≈ 16). Les risques associés à la pollution par les nutriments marins (cible 14.1 des ODD) se matérialisent en présence d'un excès d'azote et de phosphore par rapport à la silice : les diatomées cessent de dominer les communautés de phytoplancton où, souvent, les algues toxiques et les cyanobactéries prolifèrent désormais (Anderson, Glibert et Burkholder, 2002).

Les exportations mondiales d'azote d'origine fluviale sont estimées entre 37 TgN/an (Beusen *et al.*, 2016) et 43 TgN/an (Seitzinger *et al.*, 2010) pour l'année 2000. Pour le phosphore d'origine fluviale, les exportations mondiales sont estimées entre 4 TgP/an (Beusen *et al.*, 2016) et 9 TgP/an (Seitzinger *et al.*, 2010). L'accroissement des apports de l'agriculture et des eaux usées devrait entraîner une augmentation des exportations mondiales d'azote d'origine fluviale, qui passerait de 40 TgN/an en 2006 à 47 TgN/an en 2050, tandis que les exportations de phosphore passeraient de 4 TgP/an en 2006 (d'après Beusen *et al.*, 2016) à 5 TgP/an en 2050, selon le scénario de la SSP2 (Ligtvoet *et al.*, 2018). Les estimations relatives aux flux historiques de phosphore depuis les systèmes d'eau douce vers les océans sont particulièrement incertaines, mais on sait que les tendances ne vont pas dans la bonne direction.

Les tendances de l'acidification des océans

L'augmentation des concentrations de CO₂ se traduit par l'acidification des océans (cible 14.3 des ODD) et par une baisse de leur productivité. Dans un scénario fondé sur de fortes émissions (VCR 8.5), la moyenne mondiale du potentiel hydrogène (pH) des océans baisse d'environ 0,2 à l'horizon 2060 (Palter *et al.*, 2018) et de 0,33 en 2090 (Bopp *et al.*, 2013), comparativement aux années 1990. Quand le pH diminue, l'acidité augmente, réduisant la concentration d'ions carbonates dont les organismes marins ont besoin pour former leur coquille ou leur squelette. Une acidité accrue signifie que la saturation moyenne globale du carbonate de calcium (CaCO₃) par rapport à l'aragonite (un type de CaCO₃ produit par les organismes marins et dont le taux de saturation s'exprime en Ω_{arg}) dans l'eau de mer, dans la partie supérieure de la colonne d'eau, atteindrait des niveaux nettement inférieurs à la cible retenue de 2,75 Ω_{arg} – passant de 2,94 Ω_{arg} en 2010 à environ 1,80 Ω_{arg} en 2100 (Zheng et Cao). Une baisse de l'état de saturation en carbonate compromet la formation de la coquille ou du squelette des organismes marins, allant jusqu'à entraîner leur dissolution. Elle accroît la mortalité naturelle, freine la croissance somatique et réduit la viabilité des œufs (Cattano *et al.*, 2018). À l'échelle



régionale, c'est dans les régions polaires que l'acidification devrait augmenter le plus rapidement : les projections font état d'une baisse des concentrations d'ions carbonate en deçà des niveaux de saturation en aragonite à partir de 2048 dans l'océan Arctique et vers 2067 dans l'océan Austral (Bopp *et al.*, 2013 ; Ciais *et al.*, 2013). Il convient de noter que le ruissellement de l'azote et du phosphore dans l'océan à partir de sources agricoles et industrielles peut accélérer localement l'acidification des océans (Billé *et al.*, 2013).

Les tendances des ressources océaniques

La protection des ressources océaniques (cible 14.4 des ODD) est essentielle, car les océans constituent des sources d'alimentation et de nutrition pour plusieurs milliards de personnes, en particulier dans les zones côtières à faible revenu, où une part importante de la nutrition et des revenus provient de la pêche. En plus d'être une source directe d'alimentation, le poisson contribue indirectement à la nutrition humaine grâce à la farine de poisson utilisée dans l'aquaculture et dans l'alimentation du bétail. Historiquement, la demande de poisson par habitant a augmenté significativement, passant de 6 kg/an en 1950 à 20,3 kg/an en 2016 (FAO, 2018). D'autres estimations oscillent entre 18,8 et 21,4 kg/an en 2011 (Troell *et al.*, 2014 ; Béné *et al.*, 2015). Sur la même période, on observe une tendance à la pratique de la pisciculture. Depuis 2014, les humains consomment plus de poisson d'élevage que de poisson sauvage (FAO, 2016). Les projections de la FAO laissent penser que la demande de poisson continuera de croître (FAO, 2018). Toutefois, selon certaines études, une augmentation durable des prises de poisson sauvage serait difficilement réalisable dans le cadre des stratégies de pêche actuelles (Garcia, Rice et Charles, 2016 ; FAO, 2018). Fait préoccupant, les projections de la productivité primaire marine, qui soutient toutes les pêches marines et, en dernier ressort, l'ensemble de la vie marine, prévoient un déclin jusqu'en 2100, selon le scénario VCR 8.5 (Bopp *et al.*, 2013 ; Fu, Randerson et Moore, 2016). Toutefois, sur ce point, de nombreuses incertitudes subsistent (Laufkötter *et al.*, 2015). La littérature disponible n'offre aucune projection de la « proportion des stocks de poissons dont le niveau est biologiquement durable » – l'indicateur officiel des ODD. En guise de variable d'approximation, les projections relatives aux pêches mondiales et fondées sur un climat et un scénario de gestion inchangés indiquent que la proportion des stocks de poissons dont la biomasse cible est égale ou inférieure à celle qui peut se reconstituer passerait de 53 % à l'heure actuelle à 88 % en 2050 (Costello *et al.*, 2016). Cependant, un large éventail de mesures de gestion améliorées sont déjà en place. Dans la plupart des pays qui financent de manière adéquate la recherche scientifique et la gestion (Melnichuk *et al.*, 2017), les perspectives de durabilité s'améliorent considérablement (Costello *et al.*, 2016). Le potentiel de capture devrait baisser en moyenne de 7,7 % à l'horizon 2050, tandis que les revenus pourraient diminuer de 10,4 % au cours de la même période (Lam *et al.*, 2016).

21.3.6 La santé humaine

En 2012, 23 % des décès survenus dans le monde étaient dus à des facteurs environnementaux modifiables, c'est-à-dire à des facteurs qui, dans l'état actuel des connaissances, de la technologie, des ressources et de l'acceptabilité sociale, peuvent raisonnablement faire l'objet d'un effort de gestion ou d'un changement (Prüss-Üstün *et al.*, 2016). La majeure partie de ces décès a frappé des populations vulnérables (enfants et personnes âgées) et des pays en développement (Prüss-Üstün *et al.*, 2016). L'environnement affecte la santé humaine à l'échelle des ménages (par exemple, à travers les conditions insalubres en matière d'EAH et la pollution de l'air intérieur), des communautés (par exemple, la pollution de l'air extérieur) et du monde (par exemple, le changement climatique) (Smith et Ezzati, 2005 ; Hughes *et al.*, 2011).

La proportion de la population ayant accès à des installations EAH et de cuisson propres a augmenté, ce qui réduit considérablement les effets sur la santé liés aux maladies transmissibles. Ces

tendances devraient se poursuivre jusqu'en 2050 (voir les sections 21.3.3 et 21.3.4). À l'échelle mondiale, par exemple, la pollution de l'air à l'intérieur des habitations liée à l'utilisation de combustibles solides expliquait 9,2 % du total des années de vie ajustées en fonction de l'incapacité (AVAI – nombre d'années perdues en raison d'une mauvaise santé ou d'un décès précoce), contre 6,8 % en 2016 (Institute for Health Metrics and Evaluation, 2016). Cette tendance est appelée à se poursuivre et ce type de pollution ne devrait plus expliquer que 3 % du total des AVAI à l'horizon 2024 (Kuhn *et al.*, 2016). Hughes *et al.* (2011) prévoient également une baisse significative de la mortalité due aux maladies transmissibles, attribuable en grande partie à un développement économique robuste. Toutefois, selon les projections, à l'horizon 2030, de nombreuses personnes seront dépourvues d'un accès adéquat à une eau potable, à des installations sanitaires améliorées et à des équipements de cuisson propres, et le niveau d'amélioration de ces facteurs de risque varie considérablement d'une région à l'autre. En outre, les risques sanitaires associés à la pollution de l'air extérieur et au changement climatique se sont accrues (OMS, 2014 ; Forouzanfar *et al.*, 2015 ; Cohen *et al.*, 2017). L'impact de la pollution ambiante par les particules contribuera toujours à plusieurs millions de décès prématurés chaque année au cours des prochaines décennies (voir la section 21.3.3). De même, au cours des prochaines décennies, les projections prévoient que le changement climatique aura des effets néfastes importants sur la santé, notamment à travers l'exposition à la chaleur, les inondations côtières, la diarrhée, le paludisme et la dénutrition (Hughes *et al.*, 2011 ; OMS 2014).

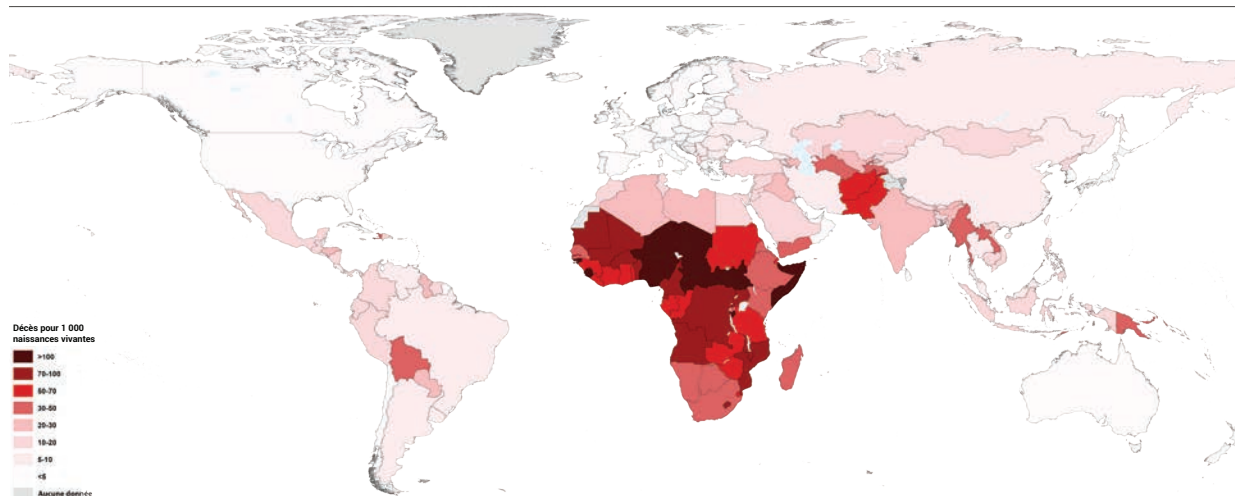
Les facteurs de risque environnementaux à l'échelle des ménages reculent depuis 1990, mais progressent aux échelles communautaire et mondiale. Les risques sanitaires mondiaux ont évolué et sont passés de risques environnementaux à des risques comportementaux (par exemple, le tabagisme, la dénutrition infantile et la consommation d'alcool) ou métaboliques (par exemple, l'hypertension artérielle et l'indice de masse corporelle élevé) (OMS, 2009 ; Forouzanfar *et al.*, 2015). Cette évolution des facteurs de risque fait partie d'une transition épidémiologique plus vaste, qui s'est produite à l'échelle mondiale au cours des deux derniers siècles : les taux de mortalité ont diminué et évolué, avec des risques qui touchent désormais l'individu à un stade plus avancé de sa vie (Murray *et al.*, 2015).

Les tendances de la mortalité infantile

La mortalité des enfants de moins de 5 ans est généralement considérée comme un bon indicateur de la qualité de vie (voir la section 20.4.1). La mortalité infantile mondiale (cible 3.2 des ODD) a diminué de façon spectaculaire, passant de 91 à 43 décès pour 1 000 naissances vivantes entre 1990 à 2015, ce qui constitue l'un des résultats les plus probants de cette période au regard des objectifs du Millénaire pour le développement (You *et al.*, 2015). Pourtant, en 2016, plus de cinq millions d'enfants sont morts avant d'atteindre leur cinquième anniversaire et 26 % de ces décès étaient dus à des facteurs environnementaux modifiables (Prüss-Üstün *et al.*, 2016). Les cinq principaux facteurs environnementaux (classés par impact sur la santé) sont : la pollution de l'air à l'intérieur des habitations, l'insalubrité de l'eau, les particules ambiantes, les pratiques d'assainissement peu sûres et le lavage insuffisant des mains (OMS, 2009 ; Forouzanfar *et al.*, 2015). En outre, la malnutrition, notamment le retard de croissance du fœtus, le retard de croissance et l'émaciation de l'enfant, les carences en micronutriments et l'allaitement maternel sous-optimal sont d'importants facteurs de risque pour la santé, associés à environ 45 % des décès d'enfants en 2011 (Black *et al.*, 2013). En 1990, les cinq principaux facteurs environnementaux ont causé près de 2,8 millions de décès d'enfants de moins de 5 ans (30 % du nombre total de décès), chiffre qui a baissé pour atteindre un peu plus de 800 000 décès en 2016 (24 % du nombre total de décès d'enfants de moins de 5 ans). Actuellement, 79 pays affichent un taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans supérieur à l'objectif de 25 pour 1 000 naissances vivantes fixé par les ODD – en partie



Figure 21.11 : Projection du taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans en 2030



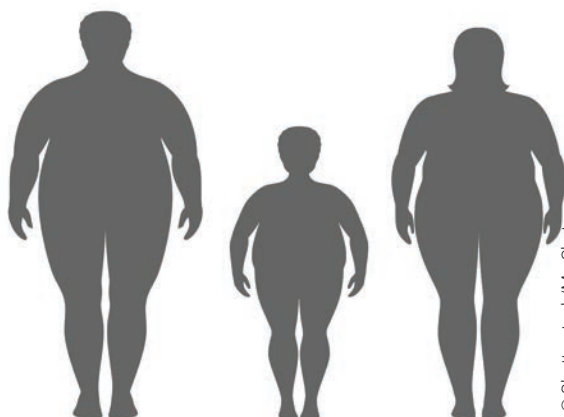
Source : Moyer et Hedden (2018).

en raison des facteurs environnementaux qui persistent, voire s'exacerbent dans les pays à faible revenu et à revenu intermédiaire (GBD 2015 SDG Collaborators, 2016).

La mortalité infantile mondiale devrait continuer de décliner, jusqu'à environ 23 à 39 décès pour 1 000 naissances vivantes d'ici à 2030, ce qui n'est pas suffisant pour atteindre la cible des ODD (Hughes *et al.*, 2011 ; Liu *et al.*, 2015 ; You *et al.*, 2015 ; GBD 2016 SDG Collaborators, 2017). Il s'ensuit qu'environ 47 pays, surtout en Afrique subsaharienne, ne sont pas en bonne voie pour atteindre la cible d'ici à 2030 (You *et al.*, 2015). À l'échelle mondiale, la baisse de la mortalité infantile devrait faire passer l'espérance de vie moyenne à la naissance à plus de 77 ans d'ici à 2050, contre 71 ans en 2015 (Samir et Lutz 2017 ; ONU, 2017). Il convient de noter que ces moyennes relatives à l'espérance de vie recouvrent des écarts considérables, particulièrement corrélés aux inégalités de richesse entre pays et au sein de chaque pays.

On prévoit une baisse significative de la mortalité infantile, en particulier celle due à la diarrhée et à la pneumonie, grâce aux améliorations attendues dans le domaine de la faim (voir la section 21.3.2), de l'accès aux sources d'énergie modernes (voir la section 21.3.3), de l'accès à l'eau potable et à l'assainissement (voir la section 21.3.4) et, plus généralement, du développement (Lucas *et al.*, 2018). Toutefois, à l'horizon 2030, les cinq principaux facteurs de risques environnementaux, l'insuffisance pondérale chez l'enfant et le paludisme devraient contribuer à environ 15 % du nombre total de décès d'enfants, avec une proportion plus élevée en Afrique subsaharienne que dans le reste du monde (Lucas *et al.*, 2018). Ces impacts sur la santé sont pour l'essentiel évitables, ce qui nécessite toutefois des interventions visant à garantir un accès plus propre et plus durable aux services d'alimentation, d'eau et d'énergie. En outre, le changement climatique peut exacerber les risques de mortalité infantile, notamment par ses impacts sur la sécurité alimentaire et l'insuffisance pondérale des enfants. En incluant les impacts du changement climatique sur l'insuffisance pondérale des enfants dans leur projection du scénario de référence, Hughes *et al.* (2011) anticipent 70 000 décès d'enfants supplémentaires en 2050, principalement en Asie du Sud et en Afrique subsaharienne.

Il convient de noter que les facteurs environnementaux à l'échelle des ménages, des communautés et du monde entier ont une incidence sur de nombreux indicateurs du développement humain, au-delà de la mortalité infantile, et que celle-ci subit à son tour bien d'autres influences que les facteurs environnementaux modifiables. Comme indiqué ci-dessus, la transition épidémiologique implique un changement dans l'équilibre des risques attribuables à l'environnement, qu'il s'agisse, par exemple, des maladies transmissibles liées à l'eau ou des maladies non transmissibles liées à la pollution de l'air ambiant. Si ce premier problème peut être réglé, les avantages pour la mortalité des enfants de moins de 5 ans seront bien plus importants que ceux liés à la résolution du second problème. En outre, d'autres facteurs de risques environnementaux affectant la santé des enfants de moins de 5 ans – sous-alimentation pour certains, obésité pour d'autres – peuvent accroître les risques sanitaires et la mortalité à un stade plus avancé de la vie, plutôt que (ou en plus de) la mortalité des enfants de moins de 5 ans.



© Shutterstock/MarShot



Encadré 21.5 : Réalisation de certaines cibles des ODD au niveau des pays



Le Programme d'action des Nations Unies à l'horizon 2030 est un programme mondial à mettre en œuvre à l'échelle nationale. Le présent chapitre évalue explicitement l'évolution future de certaines cibles des ODD liées à l'environnement mondial. L'analyse conclut qu'en l'absence de politiques améliorées, la probabilité de réaliser les objectifs fixés est faible. Toutefois, le niveau de réussite diffère considérablement d'un pays à l'autre. Moyer et Hedden (2018) ont examiné les progrès à venir au niveau des pays dans le cadre d'un scénario de la SSP2 pour huit cibles des SSP et neuf indicateurs connexes. Ces cibles sont liées à certaines cibles des ODD relatives au bien-être humain, complétées par d'autres cibles ayant trait à l'éradication de la pauvreté et à l'éducation. Sans être exhaustifs, ces neuf indicateurs représentent de nombreuses dimensions du développement humain.

Conformément aux conclusions du présent chapitre (voir le **tableau 21.2**), cette étude conclut qu'entre 2015 et 2030, le monde n'enregistrera que des progrès marginaux vers la réalisation des neuf indicateurs des ODD. Sur l'ensemble des combinaisons d'indicateurs des pays étudiés (neuf indicateurs pour 186 pays = 1 674 valeurs d'indicateur par an), 43 % avaient déjà atteint les valeurs cibles en 2015, un taux qui devrait atteindre 53 % en 2030. Selon les projections, seuls 17 % des pays devraient réaliser toutes les cibles des ODD analysées à l'horizon 2030, tandis que 15 % des pays ne réaliseraient aucune des cibles sélectionnées. Cette dernière catégorie regroupe surtout des pays d'Afrique subsaharienne. L'analyse met en évidence la difficulté à atteindre les valeurs cibles en matière d'accès à l'assainissement, d'enseignement secondaire du premier cycle universel et de réduction de la prévalence de l'insuffisance pondérale chez les enfants, qui constituent tous des problèmes de développement persistants. À l'horizon 2030, l'objectif de réduction de la mortalité infantile devrait être atteint par 67 % des pays, mais seulement 8 % des pays d'Afrique subsaharienne.

Tableau 21.1 : Pourcentage de pays par région qui devraient, selon les projections, atteindre certaines cibles des ODD en 2030

	Europe et Russie	Amérique latine et Caraïbes	Moyen-Orient et Afrique du Nord	Pays d'Asie Pacifique non membres de l'OCDE	Amérique du Nord	Pays d'Asie Pacifique membres de l'OCDE	Asie du Sud	Afrique subsaharienne	Monde
Extrême pauvreté	100	68	85	70	100	100	79	21	67
Faim	95	32	70	26	100	100	43	10	48
Insuffisance pondérale chez l'enfant	82	48	30	26	100	100	14	0	37
Mortalité infantile	98	90	90	74	100	50	71	6	67
Achèvement de la scolarité primaire	100	94	85	78	100	100	86	33	77
Premier cycle du secondaire	89	35	40	48	100	100	50	4	45
Accès à l'eau portable	98	94	95	70	100	100	93	17	72
Assainissement amélioré	80	29	65	43	100	100	43	4	44
Accès à l'électricité	100	68	90	48	100	100	71	2	60

Source : Moyer et Hedden (2018).



21.4 Sommes-nous en voie d'atteindre les cibles ?

Les résultats de l'évaluation des scénarios sont résumés dans le **tableau 21.2**, au regard des cibles et indicateurs des ODD sélectionnés (voir le chapitre 20). Aucune de ces cibles n'est considérée comme atteinte dans les scénarios tendanciels examinés, mais il existe de nets écarts.

Pour le groupe Bien-être humain, les tendances projetées montrent des améliorations au fil du temps, mais insuffisantes pour atteindre

les cibles d'ici à 2030. Toutefois, selon les projections à plus long terme, l'on atteindra plusieurs cibles ou, tout au moins, on s'en rapprochera. Par exemple, la prévalence de la sous-alimentation devrait être réduite des deux tiers ou même plus en 2050. Ces progrès sont assez rapides pour compenser la croissance démographique mondiale, mais il reste que beaucoup de gens seront privés d'un accès adéquat aux aliments, aux services énergétiques modernes ou à une eau potable et un assainissement adéquats. À cet égard, les impacts sur la santé humaine liés à l'environnement diminuent considérablement, mais demeurent loin

Tableau 21.2 : Tendances passées et futures de la réalisation des cibles choisies (voir la section 20.4)

Groupe	Cible du rapport GEO-6	Indicateur	Niveau de 2010	Valeur cible	Valeur prévisionnelle ¹	Tendance
Bien-être humain	Éliminer la faim	Prévalence de la sous-alimentation	De 800 à 900 millions de personnes	0 en 2030	De 300 à 500 millions de personnes en 2030	[voir les pictos p. 504 (cette colonne et les trois notes)]
	Assurer l'accès universel à des services énergétiques modernes	Nombre de personnes n'ayant pas accès à l'électricité et n'ayant pas accès à des combustibles de cuisson propres	2,8 milliards et 1,1 milliard	0 en 2030	2,3 milliards et 700 millions en 2030	⬇
	Assurer l'accès universel à l'eau potable et à un assainissement adéquat	Nombre de personnes n'ayant pas accès à une eau potable améliorée et à un assainissement amélioré	0,8 milliard et 2,3 milliards	0 en 2030	0,4 milliard et 2 milliards en 2030	⬇
	Mettre fin aux décès évitables d'enfants de moins de 5 ans	Taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans	52 décès pour 1 000 naissances vivantes	< 25 décès pour 1 000 naissances vivantes en 2030	De 23 à 39 décès pour 1 000 naissances vivantes en 2030	⬇
Base de ressources naturelles	Améliorer la qualité de l'eau	Utilisation d'engrais azotés et fixation biologique de l'azote	120 TgN/an	< 62 TgN/an	185 TgN/an en 2050	⬆
		Utilisation d'engrais phosphatés	14,5 TgP/an	< 6,2 TgP/an	26 TgP/an en 2050	⬆
	Réduire la pénurie d'eau	Population vivant dans une région touchée par la pénurie d'eau	2 milliards	–	2,8 milliards en 2030	⬇
	Améliorer la qualité de l'air dans les villes	Pourcentage de la population exposée à plus de 35 µg/m ³ de MP _{2,5}	58 %	0 % en 2050	De 9 à 40 % en 2050	⬆
	Limiter le réchauffement climatique	Hausse de la température moyenne mondiale	1 °C en 2016	< 2,0/1,5 °C à l'horizon 2100	4 °C à l'horizon 2100	⬆
	Réduire la pollution marine par les nutriments	Ruissellement de phosphore des systèmes d'eau douce vers les océans	4 TgP/an en 2006	–	5 TgP/an en 2050	⬆
	Réduire au maximum l'acidification des océans	Taux moyen de saturation en aragonite de la surface des océans	2,94 Ωarg	> 2,75 Ωarg	1,8 Ωarg en 2100	⬆
	Gérer les ressources océaniques de manière durable	Proportion des stocks de poissons dont le niveau est biologiquement viable	53 %	–	88 % en 2050	⬆
	Atteindre la neutralité en matière de dégradation des terres	Perte de carbone organique issu des sols	176 milliards de tonnes (donnée historique)	–	27 milliards de tonnes de carbone entre 2010 et 2050	⬆
	Mettre un terme à la perte de biodiversité	Perte d'abondance moyenne des espèces	34 %	< 36 % à partir de 2030	43 % en 2050	⬆

⬆ Cible visée non réalisée ; tendance inverse ou aucune amélioration significative

⬇ Cible visée non réalisée ; tendance inscrite dans la bonne direction

⬆ Cible visée réalisée (aucune)

Source : Toutes les valeurs sont basées sur la section 21.3.

1. Les valeurs projetées sont principalement tirées de scénarios de la SSP2, sauf pour l'accès à l'énergie, le taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans, l'acidification des océans et les stocks de poissons dont le niveau est biologiquement viable. Pour la pollution de l'air, les résultats du scénario ECLIPSE ont également été inclus, du fait de la grande marge d'incertitude qui caractérise cette question



de la cible des ODD relative à la mortalité des moins de cinq ans. Les facteurs de risque pour la santé environnementale conservent une acuité particulière en Afrique subsaharienne.

Pour le domaine Base de ressources naturelles, l'écart avec les cibles demeure relativement important, et s'accroît même dans la plupart des cas. Bien que l'efficacité de l'utilisation des ressources (en termes de rendement et d'utilisation des nutriments, d'efficacité de l'utilisation de l'eau et d'efficacité énergétique) devrait s'améliorer, principalement dans la foulée des tendances historiques (voir le **tableau 21.3**), les tendances du changement climatique, de la perte de la biodiversité, des pénuries d'eau, de la pollution par les nutriments et de la dégradation des terres devraient continuer à évoluer dans la mauvaise direction. Seule la proportion de la population exposée à des concentrations de $MP_{2,5}$ supérieures à $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ devrait diminuer. Néanmoins, selon un scénario de la SSP2, 63% de la population devrait être exposée à des concentrations de $MP_{2,5}$ supérieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ d'ici à 2050, ce qui amène à conclure

que la pollution de l'air continuera de contribuer à des millions de décès prématurés au cours des prochaines décennies.

De manière générale, l'analyse des scénarios montre que le monde n'est pas sur la bonne voie pour atteindre les cibles environnementales des ODD et des AME. Il est nécessaire d'accroître sensiblement les taux d'amélioration dans plusieurs domaines : la réduction de la mortalité infantile, la lutte contre la pollution de l'air, l'éradication de la faim et l'accès à l'eau potable, l'assainissement et les sources modernes d'énergie. En outre, pour réaliser les objectifs relatifs à la base de ressources naturelles, qui concernent notamment le changement climatique, la perte de biodiversité, la dégradation des sols, la pénurie d'eau et la pollution de l'eau douce et des océans, il convient de rompre clairement avec les tendances actuelles, en dissociant complètement le développement humain de la dégradation de l'environnement.

Tableau 21.3 : Tendances historiques et étendue des scénarios tendanciels relatifs à l'efficacité de l'utilisation des ressources, à la consommation et à la production durables

Cible du rapport GEO-6	Indicateur	Évolution historique	Étendue des scénarios tendanciels
Accroître la productivité agricole (section 21.3.2)	Amélioration du rendement (céréales)	1,9 point de pourcentage par an (1970-2010)	De 0,4 à 0,9 point de pourcentage par an (2010-2050)
Accroître l'efficacité de l'utilisation des nutriments (section 21.3.2)	Total des apports d'azote par rapport aux rendements en azote des cultures	0,42 en 2010	0,55 en 2050
Accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau (section 21.3.4)	Variation de l'efficacité de l'utilisation des ressources en eau	0,2 à 1 point de pourcentage par an (1970-2010)	De 0,3 à 1 point de pourcentage par an (2010-2050)
Accroître la part des énergies renouvelables (section 21.3.3)	Part de l'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie	15 % en 2010	De 20 à 30 % en 2050
Accroître l'efficacité énergétique (section 21.3.3)	Réduction de l'intensité énergétique (rapport entre énergie primaire et PIB)	1 à 2 points de pourcentage par an (1970-2010)	De 1 à 2,5 points de pourcentage par an (2010-2050)



Références

- Agence internationale de l'énergie (2016). *World Energy Outlook 2016*. Paris. <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2016>.
- Agence internationale de l'énergie (2017a). *World Energy Outlook 2017*. Paris. <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2017>.
- Agence internationale de l'énergie (2017b). *Energy Access Outlook 2017: From Poverty to Prosperity*. Paris. <https://www.oecd.org/publications/energy-access-outlook-2017-9789264285569-en.htm>.
- Alexandratou, N. et Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision*. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>.
- Amann, M., Bertok, I., Borken-Kleefeld, J., Cofala, J., Heyes, C., Höglund-Isaksson, L. et al. (2011). Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe: Modeling and policy applications. *Environmental Modelling and Software* 26(12), 1489-1501. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.07.012>.
- Anderson, D.M., Gilbert, P.M. et Burkholder, J.M. (2002). Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries* 25(4), 704-726. <https://doi.org/10.1007/BF02804901>.
- Assad, E., Pavão, E., Jesus, M.d. et Martins, S.C. (2015). *Invertendo o sinal de carbono da agropecuária brasileira: uma estimativa do potencial de mitigação de tecnologias do Plano ABC de 2012 a 2023*. São Paulo : Observatório do Plano ABC. <http://mediadrawer.gyces.com.br/original/relatorio-Atualizado.pdf>.
- Bai, Z.G., Dent, D.L., Olsson, L. et Schaeppman, M.E. (2008). Proxy global assessment of land degradation. *Soil Use and Management* 24(3), 223-234. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2008.00169.x>.
- Banque mondiale (2016b). *High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy*. Washington. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/23665/K8517.pdf>.
- Banque mondiale (2016a). *Poverty and Shared Prosperity 2016: Taking on Inequality*. Washington. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/25078/9781464809583.pdf>.
- Barbier, E.B. et Hochard, J.P. (2016). Does land degradation increase poverty in developing countries? *PLoS One* 11(5), e0152973. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152973>.
- Base de données publique sur les SSP (2016). *SSP Database (Shared Socioeconomic Pathways) - Version 1.1*. <https://intcat.iiasa.ac.at/SSPDb/dsd?Action=htmlpage&page=about2018>.
- Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstrup-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G.-I. et al. (2015). Feeding 9 billion by 2050 - Putting fish back on the menu. *Food Security* 7(2), 261-274. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0427-z>.
- Beusen, A.H.W., Bouwman, A.F., Van Beek, L.P.H., Mogollón, J.M. et Middelburg, J.J. (2016). Global riverine N and P transport to ocean increased during the 20th century despite increased retention along the aquatic continuum. *Biogeosciences* 13, 2441-2451. <https://doi.org/10.5194/bg-13-2441-2016>.
- Bijl, D.L., Bogaart, P.W., Dekker, S.C., Stehfest, E., de Vries, B.J.M. et van Vuuren, D.P. (2017). A physically-based model of long-term food demand. *Global Environmental Change* 45, 47-62. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.04.003>.
- Bijl, D.L., Bogaart, P.W., Dekker, S.C. et van Vuuren, D.P. (2018). Unpacking the nexus: Different spatial scales for water, food and energy. *Global Environmental Change* 48, 22-31. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.005>.
- Bijl, D.L., Bogaart, P.W., Kram, T., de Vries, B.J.M. et van Vuuren, D.P. (2016). Long-term water demand for electricity, industry and households. *Environmental Science & Policy* 55, 75-86. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.09.005>.
- Billé, R., Kelly, R., Biastoch, A., Harrould-Kolieb, E., Herr, D., Joos, F. et al. (2013). Taking action against ocean acidification: A review of management and policy options. *Environmental Management* 52(4), 761-779. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0132-7>.
- Billen, G., Lancelot, C. et Meybeck, M. (1991). N, P and Si retention along the aquatic continuum from land to ocean. Dans Mantoura, R.F.C., Martin, J.M. et Wollast, R. (dir.). *Ocean Margin Processes in Global Change*. New York : Wiley, 19-44.
- Black, R.E., Victora, C.G., Walker, S.P., Bhutta, Z.A., Christian, P., de Onis, M. et al. (2013). Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *The Lancet* 382(9890), 427-451. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60937-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60937-X).
- Boit, A., Sakschewski, B., Boysen, L., Cano-Crespo, A., Clement, J., Garcia-alaniz, N. et al. (2016). Large-scale impact of climate change vs. land-use change on future biome shifts in Latin America. *Global Change Biology* 22(11), 3689-3701. <https://doi.org/10.1111/gcb.13355>.
- Bopp, L., Resplandy, L., Orr, J.C., Doney, S.C., Dunne, J.P., Gehlen, M. et al. (2013). Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: Projections with CMIP5 models. *Biogeosciences* 10(10), 6225-6245. <https://doi.org/10.5194/bg-10-6225-2013>.
- Bouwman, A.F., Beusen, A.H.W., Lassalle, L., van Apeldoorn, D.F., van Grinsven, H.J.M., Zhang, J. et al. (2017). Lessons from temporal and spatial patterns in global use of N and P fertilizer on cropland. *Scientific Reports* 7(40366). <https://doi.org/10.1038/srep40366>.
- Burt, A., Hughes, B. et Milante, G. (2014). *Eradicating Poverty in Fragile States: Prospects of Reaching the « High-Hanging » Fruit by 2030*. Document de travail sur la recherche politique 7002. Washington : Banque mondiale. <http://documents.worldbank.org/curated/en/909761468170347362/pdf/WPS7002.pdf>.
- Cattano, C., Claudet, J., Domenici, P. et Milazzo, M. (2018). Living in a high CO₂ world: A global meta-analysis shows multiple trait-mediated fish responses to ocean acidification. *Ecological Monographs* 88(3), 320-335. <https://doi.org/10.1002/eem.1297>.
- Chandy, L., Ledlie, N. et Penciakova, V. (2013). *The Final Countdown: Prospects for Ending Extreme Poverty by 2030*. Policy Paper 2013-04. Washington : The Brookings Institution. <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/The-Final-Countdown.pdf>.
- Chaturvedi, V., Hejazi, M., Edmonds, J., Clarke, L., Kyle, P., Davies, E. et al. (2015). Climate mitigation policy implications for global irrigation water demand. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 20(3), 389-407. <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9497-4>.
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J. et al. (2013). Carbon and other biogeochemical cycles. Dans Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. et al. (dir.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge : Cambridge University Press. Chapitre 6. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter06_FINAL.pdf.
- Clark, W.C., Mitchell, R.B. et Cash, D.W. (2006). Evaluating the influence of global environmental assessments. Dans Mitchell, R.B., Clark, W.C., Cash, D.W. et Dickson, N.M. (dir.). *Global Environmental Assessments: Information and Influence*. Cambridge: MIT Press. Chapitre 1. <https://iea.uoregon.edu/sites/iea1.uoregon.edu/files/2006-GEABook-Chapter1.pdf>.
- Cohen, A.J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H.R., Frostad, J., Estep, K. et al. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the global burden of diseases study 2015. *The Lancet* 389(10082), 1907-1918. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6).
- Conley, D.J. (2002). Terrestrial ecosystems and the global biogeochemical silica cycle. *Global Biogeochemical Cycles* 16(4), 68-61-68-68. <https://doi.org/10.1029/2002GB001894>.
- Conseil économique et social (2018). *Point annuel sur les objectifs de développement durable : rapport du Secrétaire général*. E/2018/64. <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2018/secretary-general-sdg-report-2018-FR.pdf>.
- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (2017). *Global Land Outlook*. Bonn. https://www2.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res.pdf.
- Costello, C., Ovando, D., Clavelle, T., Strauss, C.K., Hilborn, R., Melnychuk, M.C. et al. (2016). Global fishery prospects under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(18), 5125-5129. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502401113>.
- Dagnachew, A.G., Lucas, P.L., Hof, A.F., Gernaat, D.E.H.J., de Boer, H.-S. et van Vuuren, D.P. (2017). The role of decentralized systems in providing universal electricity access in Sub-Saharan Africa - A model-based approach. *Energy* 139, 184-195. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.144>.
- Dellink, R., Chateau, J., Lanzi, E. et Magné, B. (2017). Long-term economic growth projections in the Shared Socioeconomic Pathways. *Global Environmental Change* 42, 200-214. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.06.004>.
- Elliott, J., Deryng, D., Müller, C., Frieler, K., Konzmann, M., Gerten, D. et al. (2014). Constraints and potentials of future irrigation water availability on agricultural production under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(9), 3239-3244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222474110>.
- Flörke, M., Kynast, E., Bärlund, I., Eisner, S., Wimmer, F. et Alcamo, J. (2013). Domestic and industrial water uses of the past 60 years as a mirror of socio-economic development: A global simulation study. *Global Environmental Change* 23(1), 144-156. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.018>.
- Fonds mondial pour la nature (2016). *Living Planet Report 2016: Risk and Resilience in a New Era*. Gland. http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_living_planet_report_2016.pdf.
- Forouzanfar, M.H., Alexander, L., Anderson, H.R., Bachman, V.F., Biryukov, S., Brauer, M. et al. (2015). Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990-2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet* 386(10010), 2287-2323. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00128-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00128-2).
- Fritsche, U.R., Eppler, U., Iriarte, L., Laaks, S., Wunder, S., Kapfengst, T. et al. (2015). *Resource-Efficient Land Use - Towards a Global Sustainable Land Use Standard (GLOBALANDS)*. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_82_2015_resource_efficient_land_use.pdf.
- Fu, W., Randerson, J.T. et Moore, J.K. (2016). Climate change impacts on net primary production (NPP) and export production (EP) regulated by increasing stratification and phytoplankton community structure in the CMIP5 models. *Biogeosciences* 13, 5151-5170. <https://doi.org/10.5194/bg-13-5151-2016>.
- Garcia, S.M., Rice, J. et Charles, A. (2016). Bridging fisheries management and biodiversity conservation norms: Potential and challenges of balancing harvest in ecosystem-based frameworks. *ICES Journal of Marine Science* 73(6), 1659-1667. <https://doi.org/10.1093/icesjms/ftv230>.
- Gauthier, S., Bernier, P., Kuuluvainen, T., Shvidenko, A.Z. et Schepaschenko, D.G. (2015). Boreal forest health and global change. *Science* 349(6250), 819-822. <https://doi.org/10.1126/science.1259992>.
- GBD 2015 SDG Collaborators (2016). Measuring the health-related Sustainable Development Goals in 188 countries: A baseline analysis from the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet* 388(10053), 1813-1850. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31467-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31467-2).
- GBD 2016 Risk Factors Collaborators (2017). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet* 390(10100), 1345-1422. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32366-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32366-8).
- GBD 2015 SDG Collaborators (2017). Measuring progress and projecting attainment on the basis of past trends of the health-related Sustainable Development Goals in 188 countries: An analysis from the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet* 390(10100), 1423-1459. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32336-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32336-X).
- Gilbert, P.M. (2017). Eutrophication, harmful algae and biodiversity - Challenging paradigms in a world of complex nutrient changes. *Marine Pollution Bulletin* 124(2), 591-606. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.027>.
- Global Energy Assessment (2012). *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future*. Cambridge : International Institute for Applied Systems Analysis. https://www.cambridge.org/gb/knowledge/sbn/item6852590?site_locale=en_GB.
- Gonzalez, P., Neilson, R.P., Lenihan, J.M. et Drapek, R.J. (2010). Global patterns in the vulnerability of ecosystems to vegetation shifts due to climate change. *Global Ecology and Biogeography* 19(6), 755-768. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00558.x>.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2014a). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Pachauri, R.K. et Meyer, L.A. (dir.). Genève : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2014b). *Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité. Résumé à l'intention des décideurs*. Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Billir, T.E. et al. (dir.). Cambridge : Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgll_spm_fr-2.pdf.
- Hanasaki, N., Fujimori, S., Yamamoto, T., Yoshikawa, S., Masaki, Y., Hijioka, Y. et al. (2013a). A global water scarcity assessment under Shared Socio-economic Pathways - Part 1: Water use. *Hydrology and Earth System Sciences* 17, 2375-2391. <https://doi.org/10.5194/hess-17-2375-2013>.
- Hanasaki, N., Fujimori, S., Yamamoto, T., Yoshikawa, S., Masaki, Y., Hijioka, Y. et al. (2013b). A global water scarcity assessment under Shared Socio-economic Pathways - Part 2: Water availability and scarcity. *Hydrology and Earth System Sciences* 17, 2393-2413. <https://doi.org/10.5194/hess-17-2393-2013>.
- Hasegawa, T., Fujimori, S., Takahashi, K. et Masui, T. (2015). Scenarios for the risk of hunger in the twenty-first century using Shared Socioeconomic Pathways. *Environmental Research Letters* 10(1), 014010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/1/014010>.



- Health Effects Institute (2018). *State of Global Air 2018: A Special Report on Global Exposure to Air Pollution and Its Disease Burden*. Boston. <https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/soqa-2018-report.pdf>.
- Hughes, B.B., Kuhn, R., Peterson, C.M., Rothman, D.S., Solórzano, J.R., Mathers, C.D. et al. (2011). Projections of global health outcomes from 2005 to 2060 using the International Futures integrated forecasting model. *Bulletin of the World Health Organization* 89(7), 478-486. <https://doi.org/10.2471/BLT.10.083766>.
- Institute for Health Metrics and Evaluation (2016). *GBD Compare. Visualizations*. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>.
- Jiang, L. et O'Neill, B.C. (2017). Global urbanization projections for the shared socioeconomic pathways. *Global Environmental Change* 42, 193-199. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.03.008>.
- Klimont, Z., Kupiainen, K., Heyes, C., Purohit, P., Cofala, J., Rafaj, P. et al. (2017). Global anthropogenic emissions of particulate matter including black carbon. *Atmospheric Chemistry and Physics* 17(14), 8681-8723. <https://doi.org/10.5194/acp-17-8681-2017>.
- Kok, M.T.J., Alkemade, R., Bakkenes, M., van Eerd, M., Janse, J., Mandryk, M. et al. (2018). Pathways for agriculture and forestry to contribute to terrestrial biodiversity conservation: A global scenario study. *Biological Conservation* 221, 137-150. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.003>.
- Kuhn, R., Rothman, D.S., Turner, S., Solórzano, J. et Hughes, B. (2016). Beyond attributable burden: Estimating the avoidable burden of disease associated with household air pollution. *PLoS One* 11(3), e0149669. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149669>.
- Laborde, D., Bizikova, L., Lallemand, T. et Smaller, C. (2016). *Ending Hunger: What Would It Cost?* Institut international pour le développement durable. <http://www.iisd.org/sites/default/files/publications/ending-hunger-what-would-it-cost.pdf>.
- Lam, V.W.Y., Cheung, W.W.L., Reygondeau, G. et Sumaila, U.R. (2016). Projected change in global fisheries revenues under climate change. *Scientific Reports* 6, 32607. <https://doi.org/10.1038/srep32607>.
- Laufkötter, C., Vogt, M., Gruber, N., Aita-Noguchi, M., Aumont, O., Bopp, L. et al. (2015). Drivers and uncertainties of future global marine primary production in marine ecosystem models. *Biogeosciences* 12, 6955-6984. <https://doi.org/10.5194/bg-12-6955-2015>.
- Leadley, P.W., Krug, C.B., Alkemade, R., Pereira, H.M., Sumaila, U.R., Walpole, M. et al. (2014). *Progress towards the Aichi Biodiversity Targets: An Assessment of Biodiversity Trends, Policy Scenarios and Key Actions*. CBD Technical Series. Montréal : Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-78-en.pdf>.
- Ligtvoet, W., Bouwman, A., Knopp, J., de Bruin, S., Nabielek, K., Huitzing, H. et al. (2018). *The Geography of Future Water Challenges*. La Haye : Bureau d'évaluation environnementale (Pays-Bas). https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2018-the-geography-of-future-water-challenges-2920_2.pdf.
- Liu, J., Yang, H., Gosling, S.N., Kummu, M., Flörke, M., Pfister, S. et al. (2017). Water scarcity assessments in the past, present, and future. *Earth's Future* 5(6), 545-559. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016EF000518>.
- Liu, L., Oza, S., Hogan, D., Perin, J., Rudan, I., Lawn, J.E. et al. (2015). Global, regional, and national causes of child mortality in 2000-13, with projections to inform post-2015 priorities: An updated systematic analysis. *The Lancet* 385(9966), 430-440. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61698-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61698-6).
- Lucas, P.L., Dagnachew, A.G. et Hof, A.F. (2017). *Towards Universal Electricity Access in Sub-Saharan Africa: A Quantitative Analysis of Technology and Investment Requirements*. La Haye : Bureau d'évaluation environnementale. <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-towards-universal-electricity-access-in-sub-saharan-africa-1952.pdf>.
- Lucas, P.L., Hilderink, H.B.M., Janssen, P.H.M., Samir, K.C., Niessen, L.W. et van Vuuren, D.P. (2018). *Future Impacts of Environmental Factors on Achieving the SDG Target on Child Mortality – A Systemic Assessment*. La Haye : Bureau d'évaluation environnementale. <https://www.pbl.nl/en/publications/future-impacts-of-environmental-factors-on-achieving-the-sdg-target-on-child-mortality>.
- Lucas, P.L., Nielsen, J., Calvin, K., McCollum, D.L., Marangoni, G., Streffer, J. et al. (2015). Future energy system challenges for Africa: Insights from Integrated Assessment Models. *Energy Policy* 86, 705-717. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.08.017>.
- Maavara, T., Dürr, H.H. et Van Cappellen, P. (2014). Worldwide retention of nutrient silicon by river damming: From sparse data set to global estimate. *Global Biogeochemical Cycles* 28(8), 842-855. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2014GB004875>.
- Mara, D. et Evans, B. (2018). The sanitation and hygiene targets of the sustainable development goals: Scope and challenges. *Journal of Water, Sanitation & Hygiene for Development* 8(1), 1-16. <https://doi.org/10.2166/washdev.2017.048>.
- Melnichuk, M.C., Peterson, E., Elliott, M. et Hilborn, R. (2017). Fisheries management impacts on target species status. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(1), 178-183. <https://doi.org/10.1073/pnas.1609911114>.
- Meybeck, M. (1982). Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers. *American Journal of Science* 282, 401-450. <http://www.ajsonline.org/content/282/4/401.extract>.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington : Island Press. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>.
- Mogollón, J.M., Beusen, A.H.W., van Grinsven, H.J.M., Westhoek, H. et Bouwman, A.F. (2018b). Future agricultural phosphorus demand according to the shared socioeconomic pathways. *Global Environmental Change* 50, 149-163. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.03.007>.
- Mogollón, J.M., Lassaletta, L., Beusen, A.H.W., van Grinsven, H.J.M., Westhoek, H. et Bouwman, A.F. (2018a). Assessing future reactive nitrogen inputs into global croplands based on the shared socioeconomic pathways. *Environmental Research Letters* 13(4). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aab212>.
- Mouratiadou, I., Biewald, A., Pehl, M., Bönisch, M., Baumstark, L., Klein, D. et al. (2016). The impact of climate change mitigation on water demand for energy and food: An integrated analysis based on the Shared Socioeconomic Pathways. *Environmental Science & Policy* 64, 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.007>.
- Moyer, J.D. et Hedden, S. (2018). How achievable are human development SDGs on our current path of development? [en préparation].
- Murray, C.J.L., Barber, R.M., Foreman, K.J., Ozgoren, A.A., Abd-Allah, F., Abera, S.F. et al. (2015). Global, regional, and national disability-adjusted life years (DALYs) for 306 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 188 countries, 1990-2013: Quantifying the epidemiological transition. *The Lancet* 386(10009), 2145-2191. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)61340-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)61340-X).
- Nakićenović, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenham, J., Gaffin, S. et al. (2000). *Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge : Cambridge University Press. http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/6101/1/emissions_scenarios.pdf.
- Newbold, T. (2018). Future effects of climate and land-use change on terrestrial vertebrate community diversity under different scenarios. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285(1881). <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0792>.
- Newbold, T., Hudson, L.N., Hill, S.L.L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R.A. et al. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature* 520, 45-50. <https://doi.org/10.1038/nature14324>.
- O'Neill, B.C., Krieger, E., Ebi, K.L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D.S. et al. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change* 42, 169-180. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004>.
- Oki, T. et Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *Science* 313(5790), 1068-1072. <https://doi.org/10.1126/science.1128845>.
- Organisation de coopération et de développement économiques (2016). *Les conséquences économiques de la pollution de l'air extérieur*. Paris. <https://www.oecd.org/fr/env/les-consequences-economiques-de-la-pollution-de-l-air-exterieur-9789264262949-fr.htm>.
- Organisation de coopération et de développement économiques et Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2017). *Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2017-2026. Chapitre spécial : Asie du Sud-Est*. Paris. <http://www.fao.org/3/a-74651.pdf>.
- Organisation des Nations Unies (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision (ST/ESA/SER.A/366)*. New York. <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>.
- Organisation des Nations Unies (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision. Key Findings & Advance Tables*. New York. <https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017-KeyFindings.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2016). *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture : contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous*. Rome. <http://www.fao.org/3/i9540fr/i9540fr.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2018). *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture : atteindre les objectifs de développement durable*. Rome. <http://www.fao.org/3/i9540fr/i9540fr.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Fonds international de développement agricole et Programme alimentaire mondial (2015). *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. Objectifs internationaux 2015 de réduction de la faim : des progrès inégaux*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i4646f.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Fonds international de développement agricole, Fonds des Nations unies pour l'enfance, Programme alimentaire mondial et Organisation mondiale de la Santé (2017). *L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde : renforcer la résilience pour favoriser la paix et la sécurité alimentaire*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-7695f.pdf>.
- Organisation mondiale de la Santé (2009). *Global Health Risks: Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks*. Genève. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44203/9789241563871_eng.pdf.
- Organisation mondiale de la Santé (2014). *Quantitative Risk Assessment of the Effects of Climate Change on Selected Causes of Death, 2030s and 2050s*. Hales, S., Kovats, S., Lloyd, S. et Campbell-Lendrum, D. (dir.). Genève. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/134014/9789241507691_eng.pdf.
- Organisation mondiale de la Santé et Fonds des Nations Unies pour l'enfance (2017). *Progress en matière d'eau, d'assainissement et d'hygiène. Mise à jour 2017 et évaluation des ODD*. Genève. https://www.unicef.org/publications/files/Progress_on_Drinking_Water_Sanitation_and_Hygiene_2017.pdf.
- Palter, J.B., Frölicher, T.L., Paynter, D. et John, J.G. (2018). Climate, ocean circulation, and sea level changes under stabilization and overshoot pathways to 1.5 K warming. *Earth System Dynamics* 9(2), 817-828. <https://doi.org/10.5194/esd-9-817-2018>.
- Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2018). *Chapters of the Thematic Assessment of Land Degradation and Restoration*. Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/ipbes_6_inf_1_rev_1_2.pdf?file=1&type=node&id=16514.
- Popp, A., Calvin, K., Fujimori, S., Havlik, P., Humpenöder, F., Stehfest, E. et al. (2017). Land-use futures in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change* 42, 331-345. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.10.002>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2012). *Global Environment Outlook 5: Environment for the Future We Want*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GEO5_report_full_en.pdf.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2017). *The Emissions Gap Report 2017: A UN Environment Synthesis Report*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf.
- Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R. et Neira, M. (2016). *Preventing Disease through Healthy Environments: A Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks*. Genève : Organisation mondiale de la Santé. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204585/9789241565196_eng.pdf.
- Ran, X., Bouwman, A.F., Yu, Z. et Liu, J. (2018). Implications of eutrophication for biogeochemical processes in the Three Gorges Reservoir, China. *Regional Environmental Change*, 19, 55-63. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1382-y>.
- Rao, S., Klimont, Z., Smith, S.J., Van Dingenen, R., Dentener, F., Bouwman, L. et al. (2017). Future air pollution in the Shared Socioeconomic Pathways. *Global Environmental Change* 42, 346-358. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.012>.
- Riahi, K., van Vuuren, D.P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B.C., Fujimori, S. et al. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change* 42, 153-168. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>.
- Samir, K.C. et Lutz, W. (2017). The human core of the shared socioeconomic pathways: Population scenarios by age, sex and level of education for all countries to 2100. *Global Environmental Change* 42, 181-192. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.004>.
- Satoh, Y., Kahil, T., Byers, E., Burek, P., Fischer, G., Tramberend, S. et al. (2017). Multi-model and multi-scenario assessments of Asian water futures: The Water Futures and Solutions (WfAS) initiative. *Earth's Future* 5(7), 823-852. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016EF000503>.
- Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N.W., Clark, D.B. et al. (2014). Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(9), 3245-3250. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110>.
- Schut, A.G.T., Ivtis, E., Conijn, J.G., ten Brink, B. et Fensholt, R. (2015). Trends in global vegetation activity and climatic drivers indicate a decoupled response to climate change. *PLoS One* 10(10), e0138013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138013>.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2014). *Perspectives mondiales de la diversité biologique 4 : Evaluation à mi-parcours des progrès accomplis dans la mise en œuvre du Plan stratégique pour la diversité biologique 2011-2020*. Montréal. <https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-fr-rhr.pdf>.



- Seitzinger, S.P., Mayorga, E., Bouwman, A.F., Kroeze, C., Beusen, A.H.W., Billen, G. et al. (2010). Global river nutrient export: A scenario analysis of past and future trends. *Global Biogeochemical Cycles* 24(4). <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2009GB003587>.
- Smith, K.R. et Ezzati, M. (2005). How environmental health risks change with development: The epidemiologic and environmental risk transitions revisited. *Annual Review of Environment and Resources* 30(1), 291-333. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144424>.
- Smith, P., Gregory, P.J., van Vuuren, D., Obersteiner, M., Havlik, P., Rounsevell, M. et al. (2010). Competition for land. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554), 2941-2957. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0127>.
- Smith, P., House, J.I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G. et al. (2016). Global change pressures on soils from land use and management. *Global Change Biology* 22(3), 1008-1028. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.13068>.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M. et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223). <https://science.sciencemag.org/content/347/6223/1259855>.
- Stöhl, A., Aamaas, B., Arnann, M., Baker, L.H., Bellouin, N., Bernsten, T.K. et al. (2015). Evaluating the climate and air quality impacts of short-lived pollutants. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15(18), 10529-10566. <https://doi.org/10.5194/acp-15-10529-2015>.
- Stoorvogel, J.J., Bakkenes, M., Temme, A.J.A.M., Batjes, N.H. et ten Brink, B.J.E. (2017a). S-World: A global soil map for environmental modelling. *Land Degradation & Development* 28(1), 22-33. <https://doi.org/10.1002/ldr.2656>.
- Stoorvogel, J.J., Bakkenes, M., ten Brink, B.J.E. et Temme, A.J.A.M. (2017b). To what extent did we change our soils? A global comparison of natural and current conditions. *Land Degradation & Development* 28(7), 1982-1991. <https://doi.org/10.1002/ldr.2721>.
- Strassburg, B.B.N., Latawiec, A.E., Barioni, L.G., Nobre, C.A., da Silva, V.P., Valentim, J.F. et al. (2014). When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Global Environmental Change* 28, 84-97. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.001>.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. et Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(50), 20260-20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>.
- Troell, M., Naylor, R.L., Metlan, M., Beveridge, M., Tyedmers, P.H., Folke, C. et al. (2014). Does aquaculture add resilience to the global food system? *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(37), 13257-13263. <https://doi.org/10.1073/pnas.1404067111>.
- van der Esch, S., ten Brink, B., Stehfest, E., Bakkenes, M., Sewell, A., Bouwman, A. et al. (2017). *Exploring Future Changes in Land Use and Land Condition and the Impacts on Food, Water, Climate Change and Biodiversity: Scenarios for the UNCCD Global Land Outlook*. La Haye : Bureau d'évaluation environnementale. <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-exploring-future-changes-in-land-use-and-land-condition-2076b.pdf>.
- van Dingenen, R., Dentener, F., Crippa, M., Leitaó, J., Marmor, E., Rao, S. et al. (2018). TMS-FASST: A global atmospheric source-receptor model for rapid impact analysis of emission changes on air quality and short-lived climate pollutants. *Atmospheric Chemistry and Physics*. <https://doi.org/10.5194/acp-2018-112>.
- van Puijenbroek, P.J.T.M., Beusen, A.H.W. et Bouwman, A.F. (2019). Global nitrogen and phosphorus in urban waste water based on the Shared Socio-economic Pathways. *Journal of Environmental Management* 231, 446-456. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.048>.
- van Puijenbroek, P.J.T.M., Bouwman, A.F., Beusen, A.H.W. et Lucas, P.L. (2015). Global implementation of two shared socioeconomic pathways for future sanitation and wastewater flows. *Water Science & Technology* 71(2), 227-233. <https://doi.org/10.2166/wst.2014.498>.
- van Vuuren, D.P., Kok, M.T.J., Girod, B., Lucas, P.L. et de Vries, B. (2012). Scenarios in global environmental assessments: Key characteristics and lessons for future use. *Global Environmental Change* 22(4), 884-895. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.06.001>.
- van Vuuren, D.P., Kriegler, E., O'Neill, B.C., Ebi, K.L., Riahi, K., Carter, T.R. et al. (2014). A new scenario framework for climate change research: Scenario matrix architecture. *Climatic Change* 122(3), 373-386. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0906-1>.
- van Vuuren, D.P., van Soest, H., Riahi, K., Clarke, L., Krey, V., Kriegler, E. et al. (2016). Carbon budgets and energy transition pathways. *Environmental Research Letters* 11(7), 075002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/7/075002>.
- Vanham, D., Hoekstra, A.Y., Wada, Y., Bouraoui, F., de Roo, A., Mekonnen, M.M. et al. (2018). Physical water scarcity metrics for monitoring progress towards SDG target 6.4: An evaluation of indicator 6.4.2 « Level of water stress ». *Science of the Total Environment* 613-614, 218-232. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.056>.
- Veldkamp, T.I.E., Wada, Y., de Moel, H., Kummu, M., Eisner, S., Aerts, J.C.J.H. et al. (2015). Changing mechanism of global water scarcity events: Impacts of socioeconomic changes and inter-annual hydro-climatic variability. *Global Environmental Change* 32, 18-29. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.02.011>.
- Visconti, P., Bakkenes, M., Baisero, D., Brooks, T., Butchart, S.H.M., Joppa, L. et al. (2016). Projecting global biodiversity indicators under future development scenarios. *Conservation Letters* 9(1), 5-13. <https://doi.org/10.1111/conl.12159>.
- Visser, H., Dangendorf, S., van Vuuren, D.P., Bregman, B. et Petersen, A.C. (2018). Signal detection in global mean temperatures after « Paris »: An uncertainty and sensitivity analysis. *Climate of the Past* 14, 139-155. <https://doi.org/10.5194/cp-14-139-2018>.
- Wada, Y. et Bierkens, M.F.P. (2014). Sustainability of global water use: Past reconstruction and future projections. *Environmental Research Letters* 9(10). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/104003>.
- Wada, Y., Flörke, M., Hanasaki, N., Eisner, S., Fischer, G., Tramberend, S. et al. (2016). Modeling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WfS) initiative and its approaches. *Geoscientific Model Development* 9(1), 175-222. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-175-2016>.
- Wada, Y., Wisser, D., Eisner, S., Flörke, M., Gerten, D., Haddeland, I. et al. (2013). Multimodel projections and uncertainties of irrigation water demand under climate change. *Geophysical Research Letters* 40(17), 4626-4632. <https://doi.org/10.1002/gd.50686>.
- You, D., Hug, L., Ejdemyr, S., Idele, P., Hogan, D., Mathers, C. et al. (2015). Global, regional, and national levels and trends in under-5 mortality between 1990 and 2015, with scenario-based projections to 2030: A systematic analysis by the UN inter-agency group for child mortality estimation. *The Lancet* 386(10010), 2275-2286. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00120-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00120-8).
- Zheng, M.-D. et Cao, L. (2014). Simulation of global ocean acidification and chemical habitats of shallow- and cold-water coral reefs. *Advances in Climate Change Research* 5(4), 189-196. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2015.05.002>.





Chapitre 22



Les trajectoires vers le développement durable



Auteurs coordonneurs : Detlef van Vuuren (Bureau d'évaluation environnementale [Pays-Bas]) et Paul Lucas (Bureau d'évaluation environnementale [Pays-Bas])

Auteurs principaux : Katherine V. Calvin (Institut mixte de recherche sur le changement mondial/Pacific Northwest National Laboratory), Serena H. Chung (Agence de protection de l'environnement [États-Unis]), Mike Harfoot (Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature), Steve Hedden (Frederick S. Pardee Centre for International Futures), Alexandre C. Köberle (université fédérale de Rio de Janeiro) et Yoshihide Wada (Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués)

Auteurs collaborateurs : Lex Bouwman (Bureau d'évaluation environnementale [Pays-Bas]), Chenmin He (université de Beijing), Barry B. Hughes (Frederick S. Pardee Centre for International Futures), Fintan Hurley (Institute of Occupational Medicine), Terry Keating (Agence de protection de l'environnement [États-Unis]), Jonathan D. Moyer (Frederick S. Pardee Centre for International Futures) et Marco Rieckmann (université de Vechta)

Membre honoraire de GEO : Beatriz Rodríguez-Labajos (université autonome de Barcelone)



L'analyse de scénarios modélisés peut aider à déterminer les moyens d'atteindre les cibles environnementales des objectifs de développement durable (ODD) et des accords multilatéraux sur l'environnement (AME) connexes (*bien établi*). Les scénarios de recherche de cibles donnent un aperçu du niveau d'effort requis, des mesures prometteuses et des synergies et arbitrages possibles entre ces mesures et une série de cibles. La pertinence des scénarios peut être illustrée par leur utilisation probante dans la littérature sur les politiques climatiques. Les scénarios peuvent servir à explorer différentes trajectoires vers les cibles à long terme et jeter un éclairage sur les coûts et avantages de ces trajectoires. Il existe des interactions manifestes (synergies et arbitrages) entre la réalisation des divers ODD et les AME connexes. Cela signifie que les stratégies qui visent des groupes de cibles devront tenir compte de ces interactions. À l'heure actuelle, les scénarios qui explorent la réalisation simultanée d'un grand nombre de cibles des ODD manquent à l'appel. Une évaluation des trajectoires possibles doit donc s'appuyer sur des scénarios plus ciblés tirés de la littérature. Cette situation accroît assurément le niveau d'incertitude et entraîne un certain nombre de lacunes manifestes des connaissances. {22.2}

Dans l'ensemble, la littérature disponible sur les scénarios indique que, pour atteindre les cibles, il existe différentes trajectoires, mais que celles-ci nécessitent des changements transformateurs (*établi, mais incomplet*). Le rythme de changement des trajectoires nécessaire à l'atteinte des cibles définies au chapitre 20 laisse entrevoir qu'il ne suffira pas d'adopter des politiques environnementales progressives. Des améliorations significatives s'imposent pour accroître l'efficacité de l'utilisation des ressources foncières, hydriques et énergétiques, notamment : l'augmentation tangible des gains de productivité agricoles, des améliorations significatives de l'efficacité de l'utilisation des nutriments et de l'eau, un quasi-doublement du taux d'amélioration de l'efficacité énergétique et la mise en place accélérée d'options énergétiques sans carbone. De même, pour assurer le plein accès aux ressources alimentaires, hydriques et énergétiques, il faudra rompre substantiellement avec les tendances actuelles. {22.3; 22.4.1}

La réalisation des objectifs de développement durable exigera un vaste train de mesures fondées sur des améliorations technologiques, des changements de mode de vie et des solutions localisées (*établi, mais incomplet*). Ces trajectoires se matérialisent par des phases transitoires clés, associées à la mise en œuvre de modes de consommation et de production durables pour l'énergie, les aliments et l'eau, afin d'assurer un accès universel à ces ressources tout en prévenant le changement climatique, la pollution de l'air, la dégradation des terres, la perte de la biodiversité, la raréfaction de l'eau, la surexploitation et la pollution des océans. Ces transitions impliquent, d'une part, des changements quant aux modes de vie, aux préférences de consommation et au comportement des consommateurs, et, d'autre part, des processus de production plus propres, l'efficacité et le découplage des ressources et la responsabilité des entreprises. {22.3}

Il est possible d'éliminer la faim, de prévenir la perte de la biodiversité et de mettre fin à la dégradation des terres en alliant des mesures liées à la consommation, à la production et à l'accès aux aliments et à des politiques de conservation de la nature (*bien établi*). Il est possible d'effectuer des rééquilibrages en combinant plusieurs mesures ciblées telles que l'intensification agricole durable (par exemple, l'utilisation optimisée de l'eau et des nutriments), l'adoption d'un régime alimentaire moins carné, la réduction des pertes et du gaspillage d'aliments, l'amélioration de

la gestion de la nutrition et de l'accès aux aliments, la gestion des paysages et l'expansion des aires protégées. {22.3.1}

Compte tenu des liens étroits observés entre perte de la biodiversité et utilisation des terres, une action internationale mieux coordonnée est nécessaire (*établi, mais incomplet*). La littérature sur les scénarios indique clairement que les cibles visant à endiguer la perte de la biodiversité seront hors d'atteinte si l'utilisation des terres suit les trajectoires prévues. Pour protéger la biodiversité, il est également urgent de mettre en place d'autres politiques qui ne relèvent pas du domaine des politiques conventionnelles de conservation de la nature et qui ont trait, par exemple, au développement des infrastructures et au changement climatique. Il importe donc de mieux coordonner l'action stratégique à tous les niveaux – au sein des gouvernements nationaux, mais également à l'échelle internationale – et plus particulièrement la planification de l'utilisation du sol et la protection de la biodiversité. {22.3.1}

Plusieurs voies permettent de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) à des niveaux compatibles avec l'Accord de Paris sur le climat. Chacune d'entre elles nécessite toutefois des changements transformateurs et exige une mise en œuvre sans délai (*bien établi*). Les mesures à même de réduire les émissions de GES comprennent des changements de mode de vie (par exemple, une alimentation moins carnée et la multiplication des modes de transport public), le doublement du coefficient d'amélioration de l'efficacité énergétique, l'adoption accélérée de technologies faibles en carbone ou décarbonisées (notamment l'hydroélectricité, l'énergie solaire et éolienne, et le captage et le stockage du carbone), la réduction des émissions de GES autres que le CO₂ et le recours à des options d'atténuation des émissions axées sur une utilisation raisonnée des terres (par exemple, le reboisement et la bioénergie). Les mesures de réduction des émissions doivent être mises en œuvre rapidement, car les budgets carbone de la mise en œuvre de l'Accord de Paris sont très serrés. En règle générale, le taux de dissipation des émissions de CO₂ par rapport à la croissance du produit intérieur brut (PIB) doit passer du taux historique de 1 à 2 %/an à 4 à 6 %/an à l'horizon 2050 si l'on entend atteindre les cibles de l'Accord de Paris. {22.3.2}

Il est possible de réduire considérablement les émissions de polluants atmosphériques, mais aucune trajectoire envisageable à l'heure actuelle n'assure la conformité aux directives les plus rigoureuses touchant la qualité de l'air (*établi, mais incomplet*). À elles seules, les politiques de lutte contre la pollution de l'air sont souvent inaptes à satisfaire les normes strictes de qualité de l'air. Les mesures d'atténuation du changement climatique (par exemple, l'élimination progressive des combustibles fossiles) réduisent aussi considérablement les émissions de polluants atmosphériques. Par conséquent, les scénarios qui combinent des politiques sur le climat à des politiques strictes sur la pollution de l'air laissent présager de fortes réductions des émissions de matières particulaires d'un diamètre inférieur à 2,5 µm (MP_{2,5}), ce qui se traduirait par une amélioration significative de la qualité de l'air dans toutes les régions. Selon le scénario le plus optimiste, les projections montrent que moins de 5 % de la population sera exposée à des niveaux de MP_{2,5} supérieurs à la première cible intermédiaire de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), qui est de 35 µg/m³, bien que plus de la moitié de la population demeure exposée à des niveaux supérieurs à la recommandation de 10 µg/m³. {22.3.2}

La réduction du stress hydrique mondial, notamment marqué par l'épuisement des eaux souterraines, exige d'utiliser l'eau

plus efficacement, d'accroître les capacités de stockage de l'eau et d'investir dans les dispositifs de réutilisation et de désalinisation des eaux usées (*établi, mais incomplet*). À l'échelle mondiale, pour maintenir, voire réduire le nombre de personnes souffrant de pénurie d'eau d'ici à 2050 et au-delà, il faut améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau de plus de 20 à 50 %. Il s'agit notamment d'accroître la productivité de l'eau destinée à l'agriculture, d'améliorer l'efficacité de l'irrigation et d'utiliser plus intelligemment l'eau dans les secteurs domestique et industriel. Les stratégies de réutilisation et de désalinisation des eaux usées exigent des investissements substantiels et une modernisation des infrastructures existantes – un scénario irréalisable dans de nombreux pays en développement. Par ailleurs, des solutions fondées sur la nature peuvent augmenter ou réguler l'approvisionnement en eau en atténuant la pollution de l'eau, tout en limitant le recours aux investissements. {22.3.3}

L'atteinte des cibles environnementales relatives aux océans requiert des politiques cohérentes dans d'autres secteurs (*bien établi*). La prévention de l'acidification des océans est intimement liée à l'atténuation du changement climatique (c'est-à-dire à la réduction des émissions de CO₂). La réduction de la pollution marine par les nutriments, ainsi que de l'hypoxie et de la prolifération d'algues toxiques qui y sont associées, passe par une réduction importante du ruissellement des nutriments provenant principalement de l'épandage d'engrais et du rejet d'eaux usées non traitées. {22.3.4}

Pour mettre fin aux décès évitables d'enfants de moins de 5 ans, il faut poursuivre les efforts visant à réduire les facteurs de risque environnementaux, mais également mettre davantage l'accent sur l'élimination de la pauvreté, l'éducation des femmes et des filles, et les soins de santé maternelle et infantile (*établi, mais incomplet*). Éradiquer la faim et garantir un accès universel et équitable à l'eau potable, à des services d'assainissement adéquats et à des services énergétiques modernes permettrait d'améliorer considérablement la santé – en particulier, celle des enfants de moins de 5 ans ; toutefois, même l'atteinte de toutes les cibles environnementales des ODD d'ici à 2030 ne suffirait pas à respecter la cible relative à la mortalité de ce segment de la population. Une planète saine ne garantit pas, à elle seule, la bonne santé de l'humanité. En effet, l'atteinte de la cible des ODD relative à la mortalité infantile exige également que l'on s'attaque à des facteurs de risque non environnementaux, notamment en veillant à réduire la pauvreté, à éduquer les femmes et les filles et à assurer des soins de santé maternelle et infantile. {22.3.5}

La compréhension des interconnexions entre les mesures et les cibles est essentielle à une mise en œuvre synergique et à la cohérence des politiques (*bien établi*). Les mesures visent généralement à atteindre une cible ou un groupe de cibles en particulier, mais elles peuvent également avoir une incidence sur d'autres cibles. Des approches intégrées sont nécessaires pour cerner les synergies et envisager les rééquilibres éventuels afin d'atteindre toutes les cibles environnementales. {22.3; 22.4.2}

Dans l'ensemble, les études publiées révèlent plus de synergies que d'arbitrages au sein des ODD et entre les ODD et leurs cibles (*établi, mais incomplet*). Il est possible de tirer parti de synergies fructueuses entre les cibles qui sont liées au bien-être humain et aux ressources naturelles. À titre d'exemple, la réduction de la demande agricole permise par la modification des habitudes alimentaires – dans l'optique d'une baisse de la consommation de viande et des pertes et déchets alimentaires – allège la pression sur la terre et l'eau ; elle freine ainsi la perte de la biodiversité, contribuant dans le même temps à atténuer les effets du changement climatique. D'autres exemples abordés dans le présent chapitre portent sur l'éducation ou encore la réduction de la pollution de l'air. L'élimination progressive de la consommation inconditionnelle de combustibles fossiles génère d'importants avantages connexes, favorisant l'atteinte des cibles relatives au climat et à la qualité de l'air, ces dernières constituant des synergies avec les cibles liées à l'amélioration de la santé humaine, à l'augmentation de la production agricole et à la réduction de perte de la biodiversité {22.4.2}. Plusieurs arbitrages sont également relevés dans le présent chapitre, laissant suggérer que ces mesures sont moins attrayantes que prévu ou que des politiques complémentaires seront nécessaires pour atténuer les effets non souhaités. {22.3}

L'amélioration des rendements agricoles et la promotion de la bioénergie sont des mesures importantes permettant de lutter, respectivement, contre la perte de la biodiversité et le changement climatique, mais elles peuvent compromettre l'atteinte d'autres cibles (*bien établi*). Presque tous les scénarios compatibles avec l'Accord de Paris reposent sur des mesures d'atténuation basées sur l'utilisation raisonnée des terres ; or, l'adoption de ces mesures augmente la demande de terres et les impacts sur la biodiversité qui en découlent, et peut entraîner une hausse des prix des denrées alimentaires. L'augmentation des rendements agricoles peut améliorer la disponibilité globale des produits alimentaires et réduire la pression sur les terres naturelles. Mais, du fait de l'utilisation accrue de l'eau, des pesticides et des engrais ainsi que de la mécanisation, elle peut, dans le même temps, entraîner la dégradation des terres, la raréfaction de l'eau, l'hypoxie et la prolifération d'algues toxiques ainsi qu'une perte de la biodiversité. {22.4.2}

Il faut continuer d'élaborer des modèles et d'analyser les trajectoires pour mieux appréhender les nombreuses corrélations entre les ODD (*bien établi*). La littérature sur les scénarios est encore fragmentaire s'agissant de l'atteinte d'un large éventail de cibles. Les questions relatives au changement climatique et à l'utilisation des terres sont bien couvertes, tandis que les scénarios traitant de la dégradation des terres et des nombreux défis relatifs aux océans, mais aussi aux produits chimiques et aux déchets, font généralement défaut. En outre, la littérature disponible examine bon nombre de synergies et d'arbitrages. Mais, outre les études thématiques, il manque une vision détaillée de toutes les interactions pertinentes. Des analyses plus pointues sont nécessaires, notamment des examens systématiques de la littérature existante et des modèles d'évaluation intégrée ciblés, en accordant une attention particulière aux interconnexions, négligées par les recherches en cours. {22.5.1}



22.1 Introduction

Les cibles énoncées au chapitre 20 en lien avec la dimension environnementale des ODD et des accords multilatéraux sur l'environnement (AME) connexes seront hors d'atteinte si les tendances actuelles se confirment (chapitre 21). Dans le présent chapitre, nous évaluons la littérature sur les scénarios relatifs à des trajectoires possibles qui permettraient d'atteindre ces cibles et de combler ainsi les carences de mise en œuvre (tableau 21.2). La question consiste à déterminer ce qui serait nécessaire pour atteindre ces cibles – et de relever les synergies et les arbitrages importants entre diverses mesures et les cibles. Le présent chapitre ne traite pas de la faisabilité sociale ou politique des trajectoires choisies. Notre analyse porte également sur les mesures à prendre (par exemple, l'amélioration de l'efficacité énergétique ou des rendements) et non sur les politiques visant la mise en œuvre de ces mesures (par exemple, les taxes ou la réglementation). Un examen détaillé des politiques est présenté au chapitre 24.

On trouve dans la littérature un éventail de scénarios qui analysent la façon d'atteindre des cibles précises, comme celles qui ont trait au changement climatique ou aux changements d'affectation des terres (cf. par exemple, Global Energy Assessment [GEA], 2012 ; Clarke *et al.*, 2014 ; Obersteiner *et al.*, 2016). Les scénarios qui traitent de l'atteinte simultanée de plusieurs cibles environnementales ou de développement sont quasi inexistantes, à quelques rares exceptions près (cf. par exemple, van Vuuren *et al.*, 2015 ; Initiative « Le monde en 2050 », 2018). De plus, aucune étude exhaustive n'examine toutes les interactions clés entre un vaste train de mesures et les cibles des ODD. De telles études sont importantes, car les cibles des ODD et celles des AME sont interdépendantes à différents égards, impliquant à la fois des synergies et des arbitrages au niveau des stratégies de réponse (Nilsson, Griggs et Visbeck, 2016). Il résulte de cette lacune documentaire que notre évaluation des mesures requises et des interactions entre les différents cibles doit se fonder sur la simple interprétation de travaux existants.

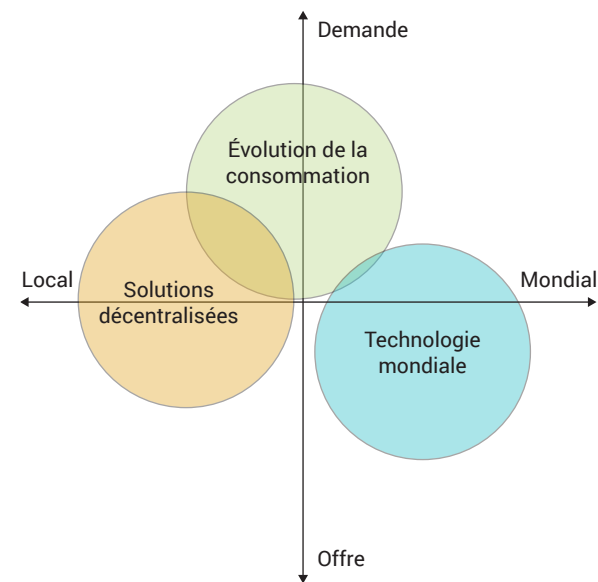
22.2 La définition des trajectoires

Nous disposons d'un éventail de scénarios illustrant l'évolution vers le développement durable (un aperçu des différents types de scénarios est donné dans van Vuuren *et al.*, 2012). Certains scénarios examinent les conséquences de l'application d'un ensemble d'hypothèses relatives aux principales forces motrices (par exemple, la population, le développement économique et la technologie) et compatibles avec l'accent mis sur le développement durable. Ces scénarios permettent d'évaluer ensuite les impacts sur le développement humain et l'environnement. Le scénario de la SSP1 (développement durable) des trajectoires socio-économiques communes (SSP) (Riahi *et al.*, 2017 ; van Vuuren *et al.*, 2017a ; encadré 21.2), le scénario TechnoGarden de l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire (2005) et les scénarios de la « grande transition » du Global Scenarios Group (Raskin *et al.*, 2002) en sont des exemples. Ces scénarios sont relativement probants dans la résolution des problèmes environnementaux, même si, en général, ils ne permettent pas d'atteindre toutes les cibles établies au chapitre 20. D'autres scénarios adoptent une approche « rétrospective », en montrant les trajectoires à suivre pour réaliser un ensemble d'objectifs de développement durable (c'est le cas des scénarios *Roads from Rio+20* ; voir l'encadré 22.1). Deux scénarios récents portent plus particulièrement sur le rôle des changements de modes de vie et ses implications possibles pour l'atténuation du changement climatique (Grubler *et al.*, 2018 ; van Vuuren *et al.*, 2018). Les scénarios de développement durable diffèrent des scénarios tendanciels actuels (voir le chapitre 21) à bien des égards – notamment en ce qui concerne la nature des activités économiques et des modes de vie personnels, la disponibilité et le rendement des technologies, ainsi que les interventions, les règlements et les politiques mis en application. Il en résulte des différences quant au niveau d'effort et aux synergies et arbitrages

qui seront nécessaires pour parvenir au développement durable (Bureau d'évaluation environnementale, 2012).

Dans le présent chapitre, nous évaluons des scénarios décrits dans la littérature spécialisée. Aucun nouveau scénario n'a été élaboré. Les scénarios cités ici se veulent des illustrations des trajectoires possibles vers le développement durable et non des plans bien définis. Lorsque cela s'avère possible, nous utilisons des scénarios dérivés des SSP (voir l'encadré 21.2). En outre, les trames de l'étude *Roads from Rio+20* illustrent le fait qu'il existe différentes façons de renforcer et d'orienter – ou de réorienter – les technologies, les axes d'intervention privilégiés et les incitations au sein de la société pour parvenir au développement durable (van Vuuren *et al.*, 2015 ; encadré 22.1). Les dimensions sous-jacentes de *Roads from Rio+20* peuvent aussi servir à jauger les mesures analysées dans le présent chapitre. La première dimension fait ensuite la distinction entre les options qui dépendent de la coopération mondiale et celles qui portent spécifiquement sur la situation locale (principalement liées à la garantie de l'adoption d'une approche plurielle et centrée sur la gouvernance locale). La deuxième dimension établit une distinction entre les options privilégiant la durabilité des modes de production et celles axées sur la durabilité des modes de consommation. Ces dimensions peuvent également servir à cartographier les scénarios de *Roads from Rio+20* (figure 22.1). Il convient de relever que, jusqu'ici, l'analyse

Figure 22.1 : Scénarios de l'étude *Roads from Rio+20*



Ces scénarios proposent une approche différenciée sur les axes « interventions mondiales–interventions locales » et « production–consommation ». Dans ce chapitre, ils illustrent la diversité des stratégies permettant d'évoluer vers le développement durable.

des scénarios modélisés a accordé davantage d'attention aux stratégies fondées sur la durabilité des schémas de production qu'à celles qui portent sur l'évolution des habitudes de consommation.

22.3 Les trajectoires vers l'atteinte des cibles

La figure 22.2 présente une palette de mesures jugées nécessaires à l'atteinte des cibles retenues (voir le chapitre 20). Ces mesures sont corrélées aux cinq domaines d'enjeux environnementaux interdépendants et aux trois groupes d'ODD, reflétant le cadre de la figure 22.1. Il convient de noter que, comme au chapitre 21, les cibles associées à la production et à la consommation, telles que le



Encadré 22.1 : Les scénarios de *Roads from Rio+20*



L'étude sur Rio+20 porte sur les trajectoires modélisées qui permettent d'atteindre simultanément un vaste ensemble de cibles à long terme dans les domaines de l'environnement et du développement (van Vuuren *et al.*, 2015). Ces trajectoires ont été élaborées à l'aide du modèle d'évaluation intégrée IMAGE. Les cibles sont fondées sur des accords internationaux antérieurs à 2012 (des ODD avant la lettre en quelque sorte). L'étude met l'accent sur deux séries de défis interdépendantes :

1. éliminer la faim et mettre un terme à la perte de biodiversité ;
2. favoriser l'accès universel aux énergies modernes et atténuer le changement climatique.

Cette étude se penche également sur les rééquilibres entre eau, nutriments et santé. Elle présente trois trajectoires vers les cibles de durabilité : 1) la technologie mondiale ; 2) les solutions décentralisées ; 3) les changements de modes de vie. Les différentes trajectoires caractérisant les scénarios alternatifs peuvent s'expliquer par des écarts quant à la perception de l'urgence, de l'efficacité économique et institutionnelle et du rythme concevable des changements de modes de vie. Les scénarios se caractérisent comme suit :

- ❖ La technologie mondiale – Au regard de cette trajectoire, les décideurs internationaux et nationaux ressentent l'urgence de traiter des enjeux liés à la durabilité mondiale et parviennent à convaincre la plupart des citoyens de mettre en œuvre des solutions globales à grande échelle dans cette optique. Les problèmes et les solutions sont essentiellement perçus et résolus comme étant de grande envergure et de portée mondiale.
- ❖ Les solutions décentralisées – Le principe qui guide la réflexion est qu'une qualité de vie durable n'est envisageable qu'à l'échelle locale ou régionale, et que les impacts potentiels des questions structurelles ne sont pas prioritaires. Par conséquent, les problèmes de durabilité sont principalement perçus et résolus au moyen de technologies et d'initiatives organisationnelles à petite échelle et décentralisées. Des solutions locales « intelligentes » peuvent également s'inscrire dans cette stratégie, selon une logique « ascendante ».
- ❖ L'évolution de la consommation – Des changements de modes de vie substantiels découlant en partie d'une prise de conscience croissante des enjeux de la durabilité facilitent une transition vers des activités moins gourmandes en matières et en énergie. Les cibles qui n'ont pas encore été atteintes sont à portée de main grâce à l'usage de technologies tierces.

Figure 22.2 : Mesures et domaines connexes analysés dans le présent chapitre

	Agriculture, alimentation, terres et biodiversité	Énergie, air et climat	Eau douce	Océans	Santé humaine
Bien-être humain	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion de la nutrition • Amélioration de l'accès aux aliments 	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration de l'accès à l'énergie 	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration de l'accès aux services d'eau, d'assainissement et d'hygiène 		<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la pauvreté • Soins de santé maternelle et infantile • Éducation
Consommation et production durables	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des pertes et du gaspillage alimentaires • Amélioration des rendements • Amélioration de l'efficacité de l'utilisation des nutriments • Changement de régime alimentaire • Propriété des terres 	<ul style="list-style-type: none"> • Changement de comportement • Électrification des foyers • Technologies à émissions faibles ou nulles • Bioénergie • Amélioration de l'efficacité énergétique • Lutte contre la pollution de l'air • Limitation des émissions hors CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation efficace de l'eau 		
Base de ressources naturelles	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion de la perte de carbone du sol • Protection des écosystèmes terrestres • Gestion des forêts • Aménagement du territoire • Atténuation des dommages affectant les terres 	<ul style="list-style-type: none"> • Technologies à émissions négatives 	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement des eaux usées • Normes de qualité de l'eau • Désalinisation • Gestion intégrée des ressources en eau 	<ul style="list-style-type: none"> • Protection des écosystèmes marins • Pêche durable • Réglementation des océans 	



taux d'amélioration des rendements et l'amélioration de l'intensité énergétique, sont considérées comme des moyens de parvenir à la situation souhaitée. Elles font l'objet d'un examen dans chaque domaine et d'une synthèse à la fin du présent chapitre.

Dans les pages qui suivent, nous relevons dans la littérature relative aux scénarios des trajectoires vers l'atteinte des cibles de chaque domaine, en examinant les mesures nécessaires pour y parvenir ainsi que les synergies et arbitrages potentiels entre les diverses mesures et les cibles du même domaine.

Dans la partie A, les produits chimiques et déchets, ainsi que les eaux usées sont également reconnus comme des problèmes environnementaux mondiaux de taille. Comme expliqué dans l'**encadré 21.1**, les études sur des scénarios touchant particulièrement ces enjeux sont rares. La question des pertes et du gaspillage alimentaires est abordée dans le domaine Agriculture, alimentation, terres et biodiversité. Dans les domaines Énergie, air et climat et Eau douce, nous nous penchons sur l'amélioration de l'efficacité – à même de répondre aux enjeux du gaspillage de l'énergie et de l'eau et à ceux du traitement des eaux usées.

22.3.1 L'agriculture, l'alimentation, les terres et la biodiversité

Les cibles retenues pour le domaine Agriculture, alimentation, terres et biodiversité se résument comme suit : éliminer la faim dans le monde, tout en endiguant la perte de biodiversité et en neutralisant la dégradation des terres (voir le chapitre 20). Les cibles retenues qui contribuent à la réalisation de ces objectifs finaux comprennent l'accroissement de la productivité agricole et de l'efficacité de l'utilisation des nutriments.

En l'absence de mesures supplémentaires, aucune de ces trois cibles ne sera atteinte selon les projections (chapitre 21). Ainsi, alors que des centaines de millions de personnes seront encore sous-alimentées en 2050, la superficie cultivée passera de 150 à 425 millions d'hectares entre 2010 et 2050, entraînant une raréfaction des aires naturelles, y compris des forêts. Les projections concernant la biodiversité annoncent un déclin accentué de la variété et de l'abondance des espèces, et on s'attend à ce que la dégradation des terres se poursuive. L'atteinte des cibles passe par une transformation en profondeur du système de production alimentaire, principale force motrice pour un changement anthropique d'affectation des terres.

En ce qui concerne l'élimination de la faim, la définition de la sécurité alimentaire de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) s'applique : « La sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active » (FAO, 1996). Dans la pratique, l'information que donnent les scénarios ne suffit pas toujours à jauger tous les aspects de cette définition. Par conséquent, nous avons évalué l'atteinte ou non de cette cible au regard de descriptions qualitatives tirées des scénarios. En ce qui concerne la biodiversité, la cible est fondée sur le Plan stratégique 2011-2020 de la Convention sur la diversité biologique (CDB, 2010) et est formulée comme suit : mettre un terme à la perte de biodiversité d'ici à 2020 dans les pays développés et à partir de 2030 dans les pays en développement (Kok *et al.*, 2018). Il s'agit ainsi d'éviter d'accroître le déclin de la diversité au sein des espèces, entre les espèces et au sein des écosystèmes, ainsi que de l'abondance et de la zone d'habitat de ces organismes. Pour ce qui est de la dégradation des terres, aucune analyse quantitative n'est disponible.

Il existe des liens étroits entre les cibles de ce domaine et celles d'autres domaines. Par exemple, la lutte contre le changement

climatique pourrait nécessiter des quantités importantes de bioénergie et de terres consacrées à sa production. La superficie totale des terres consacrées à la production bioénergétique constitue une incertitude majeure au sein des scénarios prospectifs, en particulier ceux qui prévoient des cibles strictes en matière de réduction des émissions (Popp *et al.*, 2014). En outre, l'augmentation de la production agricole pourrait nécessiter des apports accrus en eau douce, en azote et en phosphore.

Pour mettre un terme à la faim tout en évitant d'accroître la perte de biodiversité et la dégradation des terres, il faudra produire assez d'aliments afin de nourrir les neuf à dix milliards d'humains à l'horizon 2050, sans agrandir la superficie des terres agricoles (tout du moins à l'échelle de la planète). Parallèlement, d'autres terres seront sollicitées pour la production de biomasse énergétique et de bois d'œuvre. La réduction de la faim nécessite non seulement une production alimentaire suffisante, mais aussi, et c'est là un facteur autrement plus important, des solutions aux problèmes d'accès (économique et physique), afin que tout le monde bénéficie d'une alimentation adéquate. Toutes ces stratégies doivent être mises en place en réduisant au maximum la pollution (par l'azote, le phosphore ou d'autres sources). Un effort supplémentaire de protection et de restauration des terres sera nécessaire pour prévenir la perte de biodiversité et éviter d'aggraver la dégradation des terres.

Plusieurs scénarios décrits dans la littérature permettent l'atteinte de ces cibles selon une approche intégrée. Les études esquissent plusieurs voies possibles à cet égard : employer des moyens technologiques, modifier le niveau de la demande ou agir sur les structures de gouvernance, le régime foncier et la création de marchés, par exemple (Tilman *et al.*, 2011 ; Bajželj *et al.*, 2014 ; van Vuuren *et al.*, 2015 ; Obersteiner *et al.*, 2016). La littérature récente portant sur les SSP traite des multiples trajectoires susceptibles de mener à la faim « zéro » d'ici à 2050 (Hasegawa *et al.*, 2015), dont certaines sont réalisables sans accroître la superficie des terres cultivées (Popp *et al.*, 2017). Relevons toutefois que la sécurité alimentaire ne se limite pas à la sécurité de l'offre ; elle englobe aussi des aspects de la demande tels que l'accès aux aliments – y compris l'accessibilité financière et la distribution (Qureshi, Dixon et Wood, 2015) – et leur valeur nutritive. Or, les questions d'accès, de distribution et de valeur nutritive étant largement absentes des études sur les scénarios, elles ne sont que superficiellement abordées dans le présent chapitre.

La plupart des scénarios qui traitent de la prévention de la perte de biodiversité tablent sur un train de mesures complémentaires relatives aux terres, à l'agriculture et à la biodiversité, telles que l'augmentation de la productivité agricole, la réduction de la consommation de viande, de produits laitiers et d'œufs, la réduction des pertes et du gaspillage de produits alimentaires, l'évitement de la fragmentation et l'expansion des aires protégées. Et, pour cause, ces mesures peuvent réduire la perte de biodiversité (van Vuuren *et al.*, 2015) et le risque d'extinction d'espèces d'oiseaux et de mammifères (Tilman *et al.*, 2017).

De façon générale, la littérature examine un large éventail de mesures relatives à la production agricole, à la demande de produits agricoles et à la protection des écosystèmes terrestres.

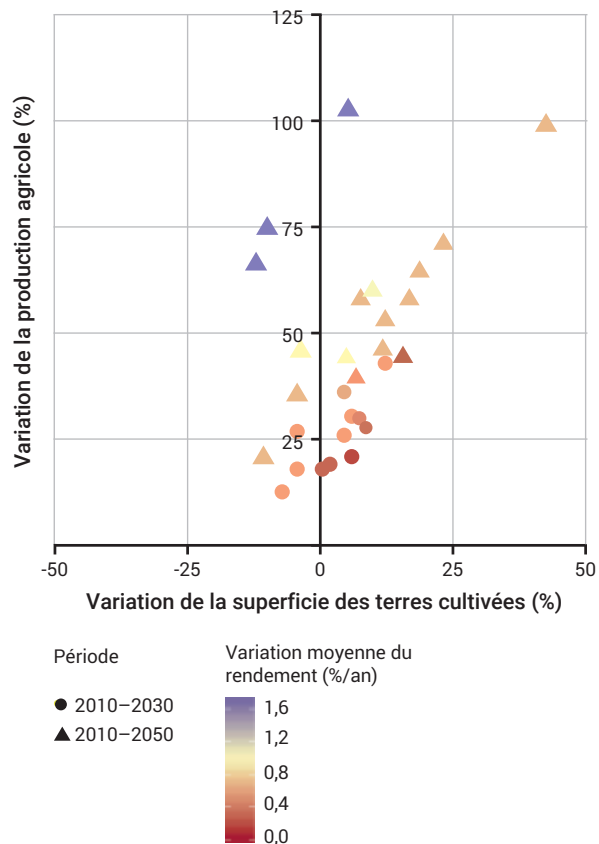
Les mesures relatives à la production agricole

Un axe d'intervention en vue de la poursuite des objectifs du domaine Agriculture, alimentation, terres et biodiversité consiste à modifier les schémas de production agricole. Cette option comprend l'amélioration des rendements (pour éviter toute nouvelle expansion des terres agricoles), mais également d'autres mesures d'efficacité visant notamment l'utilisation des nutriments et de l'eau, afin de réduire la pression exercée par les pratiques agricoles sur l'environnement.

L'amélioration des rendements

Selon le scénario de référence de la SSP2 (Fricko *et al.*, 2017), entre 2010 et 2050, la demande par habitant de cultures vivrières, fourragères et énergétiques augmentera de 60 %. Au cours de la même période, les rendements globaux moyens mondiaux des cultures vivrières, fourragères et énergétiques (en tonnes de produits agricoles par hectare) augmenteront également (à raison d'environ 1,0 %/an). Par conséquent, l'effet net de la SSP2 sera une augmentation d'environ 15 % de la superficie des terres cultivées (230 millions d'hectares) d'ici à 2050 (**figure 22.3**). Cette projection est conforme à celles de la FAO en ce qui concerne l'amélioration des rendements et l'expansion de la superficie des terres cultivées jusqu'en 2050 (Alexandratos et Bruinsma, 2012). Pour limiter cette expansion, il faudrait que la croissance des rendements passe d'environ 1,0 à 1,4 %/an. Il est donc utile d'examiner les données probantes qui corroborent ou infirment la possibilité d'une amélioration rapide des rendements. Précisons tout d'abord que des taux d'amélioration des rendements similaires ont été observés par le passé (Alexandratos et Bruinsma, 2012). De plus, plusieurs scénarios projettent effectivement une forte augmentation des rendements (**figure 22.3**). On note également un écart important

Figure 22.3 : Comparaison de la variation en pourcentage de la production de cultures non énergétiques et de celle de la superficie des terres de culture non énergétique (2010-2030 et 2010-2050)



Chaque marqueur est une combinaison modèle-scénario-année. La couleur indique le taux de variation annuelle du rendement sur la même période. Le jaune est proche des tendances empiriques (environ 1 %/an entre 1960 et aujourd'hui selon Alexandratos et Bruinsma, 2012) ; le bleu dénote une croissance du rendement plus rapide que les tendances empiriques et le rouge, une croissance plus lente. Pour les SSP, le rendement moyen mondial est celui des cultures céréalières. Pour les scénarios de Bajželj *et al.* (2014), le rendement moyen mondial est celui du blé, et les données ont pour année de référence 2009.

Sources : SSP (Popp *et al.*, 2017) ; Bajželj *et al.* (2014).

entre les rendements des régions les plus productives et les moins productives (*Global Yield Gap and Water Productivity Atlas*, 2018) ; à cet égard, le transfert des meilleures pratiques des chefs de file vers les États en queue de classement pourrait permettre d'accroître les rendements moyens mondiaux (Neumann *et al.*, 2010 ; Foley *et al.*, 2011). Enfin, de nouvelles méthodes d'amélioration des rendements (notamment les organismes génétiquement modifiés [OGM]) pourraient également s'avérer fructueuses. Ajoutons toutefois que cette phase de gains de rendements faciles est peut-être déjà révolue (Slade, Bauen et Gross, 2014). Par ailleurs, au cours des dernières décennies, les augmentations de rendements ont coïncidé avec des accroissements significatifs des pressions sur l'environnement, notamment la pollution par l'azote découlant de la fertilisation azotée (Lassaletta *et al.*, 2016). Les projections relatives à l'utilisation future des engrais sont incertaines. Mais il est manifeste que l'augmentation des niveaux de production mondiaux nécessiterait l'utilisation accrue d'engrais (Alexandratos et Bruinsma, 2012). Par exemple, l'augmentation des rendements pourrait entraîner un accroissement de 15 à 70 % des pertes d'azote dans l'environnement, ce qui se traduirait par une pollution accrue de l'eau et du sol (Sutton et Bleeker, 2013 ; Lassaletta *et al.*, 2016). L'amélioration durable des rendements peut également être associée à une irrigation accrue, ce qui a des répercussions sur les ressources en eau (Neumann *et al.*, 2010). Il est également possible qu'à l'avenir, l'agriculture biologique, combinée à une réduction du gaspillage alimentaire et à un changement de régime alimentaire, réduise considérablement l'empreinte environnementale de l'agriculture (Muller *et al.*, 2017). Toutefois, il est légitime de se demander si ces mesures peuvent générer des niveaux de rendement similaires à ceux de l'agriculture conventionnelle (Leifeld, 2016), ou encore si les méthodes de production alternative et de réduction du gaspillage expérimentées jusque là sont généralisables (Schneider *et al.*, 2014). Quant à la superficie des pâturages, l'intensification de la production animale pourrait la contenir, voire la réduire.

La réduction des pressions environnementales associées à l'agriculture

Les systèmes agricoles à haut rendement sont généralement associés à de fortes pertes d'azote, comme indiqué dans la section précédente. Il est toutefois prouvé que l'on pourrait atténuer l'impact négatif de l'agriculture à haut rendement sur la perte d'azote en améliorant l'efficacité de l'utilisation de l'azote (Lassaletta *et al.*, 2016 ; Bouwman *et al.*, 2017). La validité de cette approche est démontrable au vu de la grande variabilité des doses d'épandage, l'application excessive entraînant des répercussions environnementales notables dans certaines régions, notamment en Chine (Zhang *et al.*, 2016 ; Cui *et al.*, 2018). En fait, si l'efficacité de l'épandage d'azote à l'échelle mondiale augmentait rapidement (du niveau actuel de 40 % à près de 70 %), il pourrait s'ensuivre une forte diminution de l'excès d'azote à 50 téragrammes d'azote par année (TgN/an), ce qui aurait pour avantage connexe de stabiliser les apports totaux d'azote dans la production agricole mondiale (Zhang *et al.*, 2015). Mogollón *et al.* (2018) présentent des résultats similaires, mais soulignent qu'ils ne peuvent se produire que dans un scénario de durabilité optimiste (augmentation limitée de la demande et haute efficacité). La corrélation entre le rendement des cultures et l'épandage d'azote se traduit par une baisse des rendements lorsque la dose d'azote augmente dans les régions où le taux d'épandage d'engrais est élevé, et par un meilleur potentiel d'augmentation de la production dans les régions à faible taux d'épandage. Il en découle qu'il est possible d'optimiser l'épandage d'azote à l'échelle mondiale. Dans ce cas, la contrepartie serait une augmentation du commerce international des denrées agricoles.

Il importe également de réduire d'autres pressions environnementales, notamment la forte consommation d'eau (voir la section 22.3.3), les impacts négatifs de l'épandage d'herbicides et de pesticides, et l'eutrophisation des eaux intérieures et côtières due à l'utilisation excessive de nutriments dans la production alimentaire et aux rejets d'eaux usées. Des données scientifiques probantes montrent l'importance de veiller à la durabilité agricole



pour assurer des services tels que la lutte naturelle contre les nuisibles, la pollinisation et la fertilité (Oerke, 2006 ; de Vries *et al.*, 2013 ; Garibaldi *et al.*, 2017). Ainsi, exception faite des céréales (qui ne sont pas pollinisées par les insectes), le rendement et la qualité de nombreuses cultures vivrières mondiales de premier plan dépendent, au moins en partie, de pollinisateurs animaux (généralement des insectes), et les cultures dépendantes des pollinisateurs constituent 35 % du volume de la production agricole mondiale (Klein *et al.*, 2007). Il est possible de réduire les impacts négatifs dans une certaine mesure au sein des systèmes agricoles à haut rendement. Certaines données indiquent que l'agriculture biologique pourrait constituer une solution de choix, car elle favoriserait davantage la variété des espèces locales et la densité en organismes naturels que ne le font les exploitations agricoles conventionnelles (Bengtsson, Ahnström et Weibull, 2005 ; Tuck *et al.*, 2014). Toutefois, l'agriculture biologique pourrait également entraîner une baisse des rendements et donc une augmentation de l'utilisation des terres (Clark et Tilman, 2017). Le rôle de l'agriculture biologique ne peut faire l'objet d'une véritable évaluation dans le présent chapitre, car, à l'heure actuelle, ce mode agricole n'est guère abordé dans les études de scénarios. Force est de constater qu'il en va de même pour les stratégies visant à préserver une diversité génétique suffisante. Certes, des données probantes attestent qu'il importe de maintenir la diversité comme mesure de protection contre tous types de variabilité environnementale, mais là encore, cette question n'est pas véritablement traitée dans les publications axées sur les scénarios. Il est possible d'encourager une telle diversité par la rotation des cultures, les cultures intercalaires et l'alternance des variétés de cultures.

La prévention de la dégradation des terres

La perte de carbone organique du sol et d'autres formes de dégradation des sols peuvent avoir un impact significatif sur le rendement des cultures et la valeur nutritive des aliments produits (Godfray *et al.*, 2010 ; Lal, 2015 ; Rojas *et al.*, 2016). Il importe donc de maintenir la santé des sols par la gestion du carbone organique du sol et la prévention de la dégradation des terres. Le rapport *Global Land Outlook* paru récemment est l'une des rares études à traiter de la dégradation des terres dans le cadre de différents scénarios, mais il n'analyse que les scénarios tendanciels et non les trajectoires vers la cible relative à la neutralité de la dégradation des terres (Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, 2017 ; van der Esch *et al.*, 2017). Selon les projections, les cibles de restauration et de protection des terres devraient accroître le couvert végétal de quatre millions de kilomètres carrés en 2050 par rapport à la superficie en 2000 et augmenter les stocks de carbone forestier de 50 Gt au cours de la même période (Wolff *et al.*, 2018). Toutefois, compte tenu de la carence des études sur ces scénarios, il est difficile d'évaluer le rôle de la prévention de la dégradation des terres dans la réalisation des ODD.

Les mesures touchant la demande de produits agricoles

Pour limiter l'expansion des terres cultivées, il est également possible de réduire la demande de produits alimentaires telle qu'anticipée dans les projections de base. La réduction de la demande pourrait être causée par une baisse de la consommation alimentaire, du gaspillage ou de l'utilisation des terres agricoles en vue de la production d'aliments pour animaux et de combustibles.

Le changement de régime alimentaire

Le changement de régime alimentaire est considéré comme une mesure efficace pour réduire les impacts de l'agriculture sur l'utilisation des terres. Une baisse de la consommation de viande réduirait l'utilisation des terres agricoles pour l'alimentation des animaux, ce qui atténuerait à son tour la demande de terres, dans la mesure où la consommation humaine directe des cultures nécessite moins de terres (Stehfest *et al.*, 2009). C'est avant tout la baisse de la consommation de viande bovine qui aurait l'impact positif le plus direct sur les indicateurs environnementaux, car les ruminants affichent les taux de conversion alimentaire et

protéiniques les plus faibles de tout le cheptel (Béné *et al.*, 2015). Il s'ensuit que la réduction de la consommation de viande à des niveaux conformes aux recommandations sanitaires des pays à revenu élevé pourrait avoir des effets positifs tels que la réduction de l'utilisation des terres agricoles et l'amélioration de la santé humaine (Stehfest *et al.*, 2009) – la consommation actuelle de viande bovine étant en moyenne supérieure à ces recommandations. Foley *et al.* (2011) et Stehfest *et al.* (2009) font état de fortes réductions de la superficie des terres consacrées à la production alimentaire, imputables à l'adoption de régimes alimentaires de plus en plus végétariens. Selon ces études, un tel changement aurait également des bienfaits pour la santé. La consommation de viandes variées est également un facteur d'efficacité foncière. La viande d'animaux d'élevage non ruminants (par exemple, le porc) a un impact plus faible que la viande bovine. Il est par ailleurs possible de réduire l'empreinte écologique de leur régime alimentaire en passant à des cultures fourragères plus efficaces (à rendement supérieur) (Béné *et al.*, 2015 ; van Zanten *et al.*, 2018). Ainsi, un régime alimentaire à faible proportion de produits de ruminants réduirait la demande de terres. Dans le cas des bivalves, l'aquaculture peut même permettre d'éliminer le ruissellement des nutriments dans les estuaires par filtration, ce qui constitue une synergie potentielle.

Des scénarios publiés plus récemment mettent également l'accent sur le changement de régime alimentaire, y compris les scénarios de la SSP1 (voir Popp *et al.*, 2017) et la trajectoire « Évolution de la consommation » dans le cadre du rapport *Roads from Rio+20* (van Vuuren *et al.*, 2015 ; van Vuuren *et al.*, 2018) et d'autres études (Bajželj *et al.*, 2014 ; Tilman et Clark, 2014). Le changement de régime alimentaire va d'une légère évolution en faveur des non-ruminants (le scénario de la SSP1) à l'élimination complète de la viande (le scénario « Végétarien » de Tilman et Clark). Plusieurs de ces scénarios, tout en limitant l'expansion des superficies cultivées, prévoient des rendements accrus, ce qui laisse penser que, compte tenu de la croissance démographique, le changement de régime alimentaire ne peut contenir à lui seul ladite expansion. Il est à noter qu'en plus des fluctuations de rendement et du changement de régime alimentaire, ces scénarios se fondent sur une expansion limitée des terres cultivées à des fins bioénergétiques (respectivement 60 et 140 millions d'hectares en 2050 dans le scénario SSP1 des modèles IMAGE et GCAM). En fin de compte, cela signifie que l'amélioration des rendements, le changement de régime alimentaire et le contrôle de l'expansion de la bioénergie présentent à eux trois la combinaison la plus à même d'éviter l'expansion de la superficie agricole.

La réduction des pertes et du gaspillage alimentaires

En 2010, la production agricole mondiale (environ 3 900 kilocalories de cultures vivrières par personne et par jour) était plus que suffisante pour nourrir la planète ; pourtant, plus de 800 millions de personnes étaient sous-alimentées (Alexandratos et Bruinsma, 2012 ; Kummu *et al.*, 2012). L'une des raisons de cette situation tient au fait que 25 à 40 % des aliments produits sont gaspillés, soit dans la chaîne d'approvisionnement, soit sous forme de déchets de consommation finale (Godfray *et al.*, 2010 ; Kummu *et al.*, 2012). La réduction du gaspillage et des pertes de produits alimentaires est une façon de réduire la faim tout en contenant l'expansion des terres cultivées. La quantité de nourriture gaspillée aujourd'hui pourrait nourrir plusieurs centaines de millions de personnes par an (West *et al.*, 2014), certaines études montrant que si la moitié de ce gaspillage était redistribuée aux consommateurs, l'on pourrait nourrir un milliard de personnes de plus (Kummu *et al.*, 2012). De même, Bajželj *et al.* (2014) montrent que réduire de moitié des déchets alimentaires permettrait de rétrécir de 14 % la superficie des terres cultivées. Muller *et al.* (2017) montrent qu'en plus de réduire la demande de terres, le changement de régime alimentaire et la réduction du gaspillage peuvent restreindre l'épandage d'engrais et la consommation d'eau. Bijl *et al.* (2017) établissent qu'il est certes possible d'obtenir une amélioration significative par un accroissement du rendement, mais que cette amélioration

est moindre que prévu, principalement parce que la viande est, en moyenne, moins gaspillée que d'autres produits agricoles. Plusieurs scénarios portant sur la réduction des déchets (la trajectoire « Évolution de la consommation » de van Vuuren *et al.*, 2015 et certains scénarios de Bajželj *et al.*, 2014) font également état d'une expansion restreinte des terres cultivées. Chacun de ces scénarios repose également sur l'hypothèse d'une amélioration des rendements, ce qui amène à conclure que la réduction des déchets ne suffit pas à elle seule à limiter l'expansion des terres cultivées, compte tenu de la croissance démographique.

L'évolution de la distribution alimentaire

La faim est fonction des calories disponibles, mais surtout de la répartition de ces calories. La distribution des revenus joue un rôle clé dans la distribution alimentaire (Wanner *et al.*, 2014 ; Hasegawa *et al.*, 2015). Dans leur analyse, Hasegawa *et al.* (2015) concluent que l'évolution future de la faim dans le monde sera principalement déterminée par les trois facteurs suivants : la croissance démographique, l'inégalité de la distribution alimentaire et la production intérieure de denrées alimentaires par habitant. Améliorer l'accès des ménages les plus pauvres aux aliments réduira considérablement la production alimentaire supplémentaire nécessaire pour nourrir la population mondiale en 2050 (van Vuuren *et al.*, 2015). En outre, éviter le gaspillage alimentaire favorisera la réduction de la demande de terres cultivées et pourrait encore permettre la consommation de viande, bien qu'à un rythme inférieur aux projections actuelles (Röös *et al.*, 2017).

Les scénarios de référence prévoient également une diminution du retard de croissance et de l'émaciation chez les enfants, mais à un taux insuffisant pour atteindre la cible d'élimination fixée par les ODD à l'horizon 2030 (GBD 2015 SDG Collaborators, 2016 ; GBD 2016 SDG Collaborators, 2017). Parallèlement, la prévalence des enfants en surpoids a augmenté au cours des 15 dernières années (GBD 2015 SDG Collaborators, 2016) : moins de 5 % des pays devraient atteindre la cible des ODD pour les enfants en surpoids (GBD 2016 SDG Collaborators, 2017). L'atteinte de ces cibles exige donc une action accélérée en faveur de la nutrition et des forces motrices plus éloignées qui compromettent les résultats sanitaires, à savoir la pauvreté, le faible niveau des dépenses consacrées à l'éducation et de santé, ainsi que les conflits (GBD 2016 SDG Collaborators, 2017 ; voir également la section 22.3.5).

Le maintien de la biodiversité terrestre

Les scénarios de référence décrits au chapitre 21 indiquent un déclin accentué de la biodiversité. Certains scénarios publiés se penchent sur les moyens de mettre fin à la perte de biodiversité (notamment van Vuuren *et al.*, 2015 ; Obersteiner *et al.*, 2016 ; Kok *et al.*, 2018 ; Leclère *et al.*, 2018). Ces scénarios montrent qu'en plus de préserver la biodiversité terrestre dans les aires protégées, il sera au moins aussi important de réduire les forces motrices extérieures fondamentales qui causent la perte de biodiversité, notamment l'expansion de l'utilisation des terres, le changement climatique et l'expansion des infrastructures. Nous abordons brièvement certains de ces éléments ci-après. Dans l'ensemble, la littérature sur les scénarios indique qu'il existe des trajectoires pour contenir la perte de biodiversité, mais qu'elles seront difficiles à mettre en œuvre.

La protection des écosystèmes terrestres

Les aires protégées sont un outil de conservation clé pour la gestion des terres. Des synthèses démontrent que, dans les aires protégées, la variété des espèces tend à être supérieure de 10 % et l'abondance des espèces de 15 %, comparativement aux autres types d'aires (Coetzee, Gaston et Chown, 2014 ; Gray *et al.*, 2016). De même, le taux de conversion des habitats est de 7 % moindre dans les aires protégées (Geldmann *et al.*, 2013). Alors que l'Objectif 11 d'Aichi de la CBD fixe une cible de 17 %, en 2016, les aires protégées couvraient 14,6 % des zones terrestres. Comme le montre le chapitre 21, les tendances actuelles, si elles se poursuivaient, entraîneraient une perte exponentielle de la biodiversité. Par conséquent, une action internationale coordonnée

est pressante pour équilibrer la prise de décision relative à l'utilisation des terres et à la conservation de la biodiversité. Si elle est bien conçue, une expansion de 5 % de la superficie des aires protégées pourrait entraîner une amélioration significative de la protection de la biodiversité (Pollock, Thuiller et Jetz, 2017). De nombreux scénarios publiés formulent des hypothèses formelles quant à l'évolution des aires protégées. Toutefois, l'expansion de ces aires ne devrait pas être le seul critère d'autorité, de même qu'elle ne doit pas se faire au détriment d'une gestion efficace des aires existantes (Barnes *et al.*, 2018). En outre, la politique environnementale menée en dehors du réseau officiel d'aires protégées revêt une importance cruciale.

La propriété des terres

Le statut de la propriété des terres a des implications pour la gestion des terres et, potentiellement, pour la biodiversité qu'elles abritent. Par exemple, la composition des espèces d'oiseaux n'est pas la même sur les terres publiques et privées (Maslo, Lockwood et Leu, 2015), et les forêts tempérées privées abritent une diversité et une densité de micro-habitats plus importantes, pouvant favoriser une biodiversité accrue (Johann et Schach, 2016). Des groupes autochtones gèrent plus du quart de la superficie totale des terres ou y détiennent des droits fonciers, y compris environ 40 % des aires protégées et des paysages écologiquement intacts (Garnett *et al.*, 2018). Outre la propriété foncière publique et privée, les comités locaux, ainsi que les droits fonciers des peuples autochtones et leur mode de gestion ces terres, joueront donc vraisemblablement un rôle essentiel dans la réalisation des objectifs locaux et mondiaux de conservation. Il est toutefois difficile d'évaluer le rôle de la propriété des terres dans les trajectoires menant à la durabilité à long terme, car cet aspect est rarement intégré de façon explicite dans les scénarios.

L'aménagement du territoire

L'aménagement du territoire implique une évaluation systématique des impacts environnementaux, économiques et sociaux des différentes utilisations possibles des terres, afin de déterminer la configuration d'utilisation optimale. L'aménagement du territoire et la planification systématique de la conservation ont rarement été envisagés de façon explicite comme outils dans les scénarios mondiaux. Les exceptions les plus notables sont les récents scénarios de Leclère *et al.* (2018), où la valeur de la biodiversité des zones terrestres sert à déterminer l'utilisation optimale des terres, et qui peuvent également éclairer les évaluations futures de *L'avenir de l'environnement mondial*. Ces auteurs constatent qu'une telle approche de l'aménagement du territoire peut effectivement contribuer à une stratégie visant à réduire de moitié la perte de la biodiversité.

La gestion des forêts

Une méta-analyse montre que les différentes catégories de types de gestion forestière ont des implications différentes sur la perte de biodiversité : les systèmes de sélection et de rétention produisent les effets les moins néfastes sur la diversité des espèces, tandis que les plantations de bois d'œuvre et de bois de chauffage sont les plus néfastes (Chaudhary *et al.*, 2016). Bien que les pratiques de gestion des forêts ne soient pas toujours explicitement représentées dans les simulations des scénarios, des études indiquent que la mise en œuvre cohérente d'un régime de gestion unique produit des résultats en matière de biodiversité inférieurs à ceux d'une combinaison optimale de régimes de gestion (Monkkonen *et al.*, 2014).

Des arbitrages significatifs entre les cibles

On peut relever un certain nombre d'arbitrages entre des mesures et des cibles du domaine Agricuture, alimentation, terres et biodiversité. Voici les trois principaux :

- ❖ L'augmentation de la superficie des terres cultivées peut contribuer à réduire la faim en accroissant la production alimentaire. Cette expansion est incluse dans de nombreux scénarios publiés (par exemple, Tilman *et al.*, 2011 ; Bajželj *et*



al., 2014 ; Tilman et Clark, 2014 ; Popp *et al.*, 2017). Toutefois, l'adite expansion peut se traduire par le défrichement de terres naturelles et l'augmentation des émissions liées au changement d'affectation des terres, ce qui a des répercussions sur la biodiversité, la dégradation des terres et le changement climatique. Soulignons que l'expansion limitée des superficies cultivées a également une incidence sur le rendement des cultures, l'épandage d'engrais et la production de cultures énergétiques (voir le chapitre 5 et la section 22.3.2). De plus, limiter l'expansion des terres cultivées pourrait avoir des conséquences sur le développement (Sandker, Ruiz-Perez et Campbell, 2012).

- ❖ L'augmentation des taux d'épandage d'engrais peut aider à accroître les rendements agricoles dans les régions où persistent des écarts de rendement, mais elle peut également avoir de graves répercussions sur l'eutrophisation des plans d'eau douce et du littoral océanique, ainsi que sur le changement climatique. Le ruissellement excessif d'azote et de phosphore affecte, quant à lui, la qualité de l'eau (Beusen *et al.*, 2016 ; Bouwman *et al.*, 2017). D'autre part, l'intensification durable de l'agriculture (par exemple, grâce à l'agriculture de précision) peut contribuer à une hausse des rendements tout en préservant les services écosystémiques et en réduisant l'impact écologique (Foley *et al.*, 2011 ; Garnett *et al.*, 2013 ; Garbach *et al.*, 2017). L'augmentation de l'efficacité globale des épandages d'azote peut réduire le ruissellement de ce gaz dans l'environnement (voir le chapitre 8).
- ❖ Le recours à la monoculture d'arbres exotiques à croissance rapide pour maximiser la séquestration du carbone (Chazdon, 2008 ; Hunt, 2008) a eu un impact négatif sur la biodiversité locale. En revanche, la plantation d'espèces indigènes multiples est une solution efficace (Hulvey *et al.*, 2013 ; Cunningham *et al.*, 2015) et plus avantageuse pour la biodiversité (Bradshaw *et al.*, 2013). Une autre solution de substitution aux plantations, à savoir la repousse naturelle, s'est avérée particulièrement bénéfique pour l'environnement, rentable et résiliente dans les forêts tropicales (Crouzeilles *et al.*, 2017).

22.3.2 L'énergie, l'air et le climat

L'objectif des cibles retenues pour le domaine Énergie, air et climat peut se résumer au défi de l'accès universel à des services énergétiques modernes, tout en luttant contre le changement climatique et en améliorant la qualité de l'air (voir le chapitre 20). Les cibles retenues qui contribuent à l'atteinte de ces cibles finales sont l'amélioration de l'efficacité énergétique et l'augmentation de la part des énergies renouvelables.

Au regard des tendances actuelles, aucune des trois cibles finales ne devrait être atteinte (chapitre 21). Selon les projections, en 2030, plus de deux milliards de personnes utiliseront un poêle traditionnel à biomasse ou un dispositif à feu ouvert pour cuisiner, et environ 700 millions de personnes n'auront pas accès à l'électricité. La température moyenne mondiale devrait encore augmenter, alors qu'une part importante de la population mondiale est encore exposée à une concentration de matières particulaires d'un diamètre inférieur à 2,5 µm (MP_{2,5}) de plus de 35 µg/m³. L'atteinte de ces cibles nécessite une transformation en profondeur du système énergétique.

Les services énergétiques modernes comprennent l'électricité et les combustibles propres pour la cuisson, le chauffage et l'éclairage, le terme « propre » étant défini à l'aune des cibles de taux d'émission et des recommandations liées à certains combustibles (avec le charbon et le pétrole bruts pour points de comparaison) dans le cadre des lignes directrices relatives à la qualité de l'air intérieur de l'OMS (2014). La lutte contre le changement climatique implique de maintenir l'élévation de la température moyenne mondiale bien en deçà de 2 °C et, si possible, en deçà de 1,5 °C (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques [CCNUCC], 2015). L'amélioration de la qualité de l'air signifie que les niveaux de

pollution de l'air devraient, à long terme, être conformes aux lignes directrices de l'OMS – en d'autres termes, la cible intermédiaire de la concentration annuelle moyenne de MP_{2,5} devrait être inférieure à 35 µg/m³ d'ici à 2030 (OMS, 2006).

Il existe des liens étroits entre les cibles de ce domaine thématique et celles d'autres domaines. Par exemple, la plupart des trajectoires sobres en carbone qui limitent l'élévation de la température moyenne mondiale à 2 °C (ou 1,5 °C) mettent en jeu des quantités importantes de bioénergie. Le rôle des écosystèmes terrestres, qu'ils soient naturels ou gérés, est essentiel pour parvenir à des émissions nettes nulles ou négatives.

Il existe une littérature fournie sur les scénarios s'intéressant au défi de l'atteinte de cibles climatiques ambitieuses (pour en avoir un aperçu, voir Clarke *et al.*, 2014, et des études plus récentes, notamment Riahi *et al.*, 2017 ; Rogelj *et al.*, 2018 ; van Vuuren *et al.*, 2018). Un nombre restreint de scénarios publiés examinent la possibilité d'atteindre des cibles ambitieuses d'accès à l'énergie (par exemple, Pachauri *et al.*, 2013 ; Agence internationale de l'énergie [AIE], 2017) ou des cibles mondiales liées à la pollution de l'air (par exemple, Rao *et al.*, 2017). La littérature porte sur un large éventail de mesures, dont l'amélioration de l'accessibilité énergétique (électricité et combustibles de cuisson propres), la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) associées à la demande et à la production d'énergie, et la lutte contre la pollution atmosphérique.

Un accès à l'énergie amélioré

L'on ne parviendra pas à l'accès universel à des services énergétiques modernes d'ici à 2030 aux termes d'un scénario de référence, en particulier en Afrique subsaharienne (pour l'électricité, les combustibles et les technologies propres) et en Asie (principalement pour les combustibles et les technologies propres) (voir le chapitre 21). La réalisation de l'accès universel à l'électricité passe par une expansion plus poussée de la capacité de production et des réseaux de transport et de distribution, ainsi que par l'accès à des appareils plus efficaces et plus abordables, en accordant la priorité aux communautés pauvres et isolées (GEA, 2012 ; AIE, 2017 ; Lucas, Dagnachew et Hof, 2017). Pour parvenir à un accès universel aux combustibles et aux technologies propres, il faudrait améliorer l'accessibilité, la disponibilité et la sécurité des combustibles et des pratiques de cuisson, de chauffage et d'éclairage (Modi *et al.*, 2006). Au nombre des combustibles améliorés, on peut citer le gaz de pétrole liquéfié (GPL), le gaz naturel et l'électricité dans les zones urbaines, ainsi qu'un éventail de technologies (y compris le biogaz et l'utilisation de fourneaux améliorés à biomasse) dans les zones rurales (AIE, 2017). Des études de modélisation ont montré que différents trajectoires favorisaient l'accès universel à des services énergétiques modernes (Pachauri *et al.*, 2013 ; Dagnachew *et al.*, 2017).

Le choix du système d'électrification – en réseau, en mini-réseau ou hors réseau – dépend d'une série de facteurs essentiellement locaux, notamment le niveau de la demande d'électricité des ménages, la distance de raccordement au réseau existant et la disponibilité des ressources locales (Dagnachew *et al.*, 2017). L'électrification en réseau est indiquée pour les zones à forte densité de population, où la demande d'électricité prévue est forte, ou pour les zones situées à une distance raisonnable des lignes de transport à haute tension existantes, tandis que les systèmes d'électrification décentralisés s'avèrent essentiels pour raccorder les zones semi-urbaines à faible densité de consommation et les zones rurales reculées (Dagnachew *et al.*, 2017 ; AIE, 2017 ; Lucas, Dagnachew et Hof, 2017). On estime à 52 milliards de dollars É.-U., à l'échelle mondiale (AIE, 2017), et de 24 à 49 milliards de dollars É.-U., rien qu'en Afrique subsaharienne, les investissements annuels totaux nécessaires pour réaliser l'accès universel (Dagnachew *et al.*, 2017 ; Lucas, Dagnachew et Hof, 2017), principalement en fonction de la demande totale d'électricité des ménages et du coût du transport et de la distribution d'électricité à haute tension.

Diverses politiques sont susceptibles d'encourager une transition vers des combustibles et des technologies propres pour la cuisson, le chauffage et l'éclairage, notamment les subventions et mesures d'aide relatives aux combustibles ou les facilités d'accès au microcrédit conçues pour réduire le coût d'emprunt des ménages (Riahi *et al.*, 2012). L'utilisation d'un fourneau à biomasse amélioré ou avancé peut de fait générer des gains économiques (plutôt que des coûts) car l'investissement est compensé par la réduction des dépenses en bois de chauffe (van Ruijven, 2008). Les investissements totaux nécessaires en vue de réaliser l'accès universel aux combustibles propres pour la cuisson, le chauffage et l'éclairage devraient être inférieurs à 10 % des investissements nécessaires pour réaliser l'accès universel à l'électricité (Pachauri *et al.*, 2013 ; AIE, 2017). L'amélioration de l'accès aux combustibles propres peut être particulièrement bénéfique pour la santé (Pachauri *et al.*, 2013 ; Landrigan *et al.*, 2018). La politique sur le climat peut induire des économies d'énergie, réduisant ainsi l'investissement global nécessaire à l'atteinte de l'accès universel (Dagnachew *et al.*, 2018).

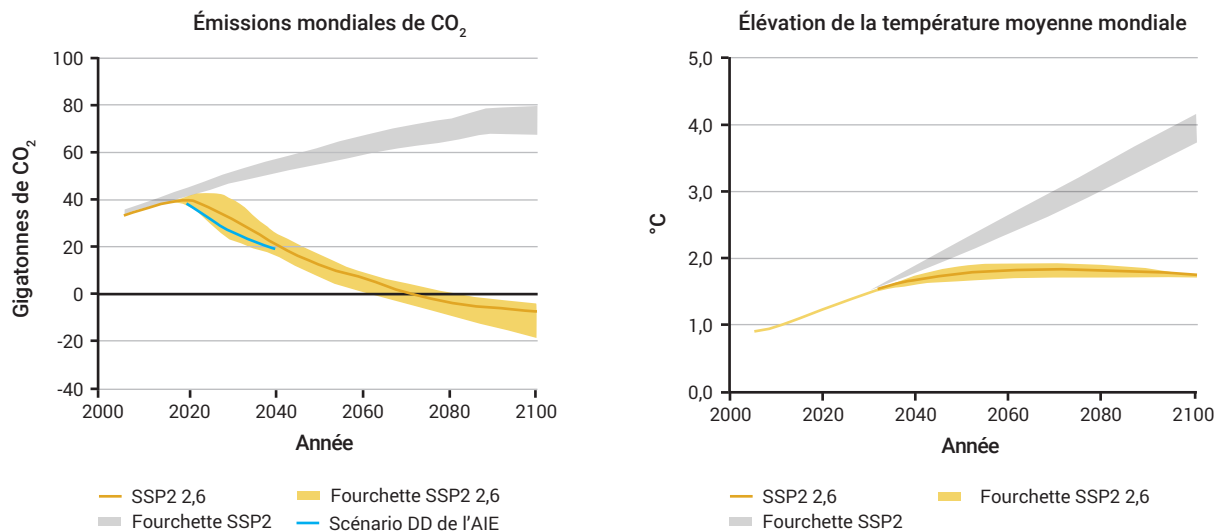
La réduction des émissions de gaz à effet de serre

Les cibles de l'Accord de Paris sur le climat fixent des contraintes très strictes pour le développement des futurs systèmes énergétiques. Bien que certaines publications récentes aient montré que les bilans carbone sont sujets à caution (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2018; Rogelj *et al.*, 2016; Millar *et al.*, 2017), le principal message à retenir est qu'ils sont modestes par rapport aux émissions actuelles. Pour atteindre les cibles de l'Accord de Paris sur le climat, les émissions cumulées de CO₂ doivent se situer entre 1 000 et 1 600 gigatonnes de CO₂ (pour la cible de 2 °C), voire 300 à 900 gigatonnes (pour la cible de 1,5 °C). Les émissions actuelles sont de l'ordre de 40 à 42 Gt CO₂/an (Le Quéré *et al.*, 2016 ; GIEC, 2018). Dans l'hypothèse d'une réduction linéaire sans émissions négatives, l'on doit progressivement abandonner l'utilisation effrénée des combustibles fossiles vers le milieu du siècle (van Vuuren *et al.*, 2017a). Cette évolution nécessiterait un arrêt immédiat des investissements dans les technologies émettrices de CO₂, voire éventuellement un abandon plus rapide des infrastructures existantes fonctionnant aux combustibles fossiles (Johnson *et al.*, 2015 ; Gambhir *et al.*, 2017).

Toutefois, il est également possible d'éliminer activement le CO₂ dans l'atmosphère, par exemple en combinant le boisement et la bioénergie à la capture et au stockage du carbone, à la capture directe dans l'air, à l'amélioration de la résistance aux intempéries et à l'augmentation de la teneur en carbone dans le sol (GIEC, 2018). Toutefois, la quantité de CO₂ que l'on peut ainsi éliminer de l'atmosphère n'est pas illimitée. En effet, le boisement (ou le reboisement) et la bioénergie sont tous deux limités par la quantité de terres disponibles ainsi que par les impacts possibles sur la biodiversité et la production alimentaire (Smith *et al.*, 2016). De plus, le potentiel de stockage du CO₂ est limité (Koelbl *et al.*, 2013). Parmi les diverses options d'élimination du CO₂ qui ont été évaluées, au regard des technologies actuelles, seule la séquestration dans des formations géologiques est considérée comme ayant la capacité et la pérennité nécessaires pour stocker le CO₂ dans des proportions de l'ordre de la gigatonne – un impératif pour réduire sensiblement les émissions de CO₂ (Benson *et al.*, 2012). Bien que la capacité estimative de stockage soit plus que suffisante pour réaliser les objectifs de réduction des émissions, les estimations ne tiennent pas compte des risques associés au stockage permanent (par exemple, la contamination de l'environnement résultant de fuites ou de l'activité sismique) (de Coninck et Benson, 2014 ; Bui *et al.*, 2018). Par conséquent, une réduction rapide des émissions sera nécessaire à court terme, indépendamment de la disponibilité de technologies à émissions négatives (van Vuuren *et al.*, 2017a). La **figure 22.4** illustre l'éventail des scénarios de la base de données des SSP suivant le scénario de référence de la SSP2 et ceux qui correspondent aux cibles de l'Accord de Paris, c'est-à-dire un réchauffement bien en deçà de 2 °C (Riahi *et al.*, 2017 ; Rogelj *et al.*, 2018). Les scénarios décrits ici reposent sur des trajectoires à faible coût, dans l'hypothèse d'une réponse immédiate. Plusieurs articles publiés montrent qu'une réponse tardive est plus onéreuse et pourrait même compromettre l'atteinte de cibles strictes (Riahi *et al.*, 2015 ; Rogelj *et al.*, 2018). Cette réaction tardive se produirait, par exemple, si les pays décidaient de s'en tenir aux politiques climatiques actuellement formulées et de viser une mise en œuvre rapide de la politique sur le climat après 2030.

À l'échelle mondiale, l'on devrait réduire les émissions de CO₂ liées à l'énergie d'environ 60 à 70 % d'ici au milieu du siècle pour

Figure 22.4 : Émissions mondiales de CO₂ et augmentation concomitante de la température moyenne mondiale pour le scénario de référence de la SSP2 et les scénarios dérivés conformes à la cible de l'Accord de Paris, soit un réchauffement bien en deçà de 2 °C



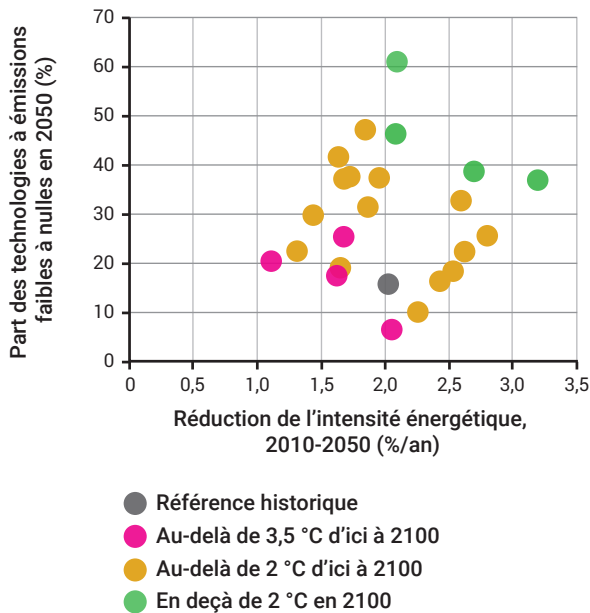
Source : AIE (2017); Riahi *et al.* (2017) ; Rogelj *et al.* (2018).



atteindre la cible de l'Accord de Paris, même en tenant compte des émissions négatives (voir la **figure 22.5**). Il existe diverses façons d'atteindre ces cibles. Les mesures axées sur la demande réduisent principalement l'intensité énergétique, tandis que celles qui agissent sur l'offre accroîtraient la part des options sobres en carbone. Ces deux indicateurs peuvent donner un aperçu du défi que poseraient de telles réductions.

Le taux de réduction final de l'intensité énergétique (l'énergie divisée par le PIB) dans de nombreux pays se situe généralement

Figure 22.5 : Taux de réduction de l'intensité énergétique de 2010 à 2050 et part des technologies sobres en gaz à effet de serre en 2050 dans le mix énergétique total des scénarios inclus dans la base de données des SSP



Les couleurs des points indiquent les températures projetées pour 2100.

Source : Riahi *et al.* (2017); Rogelj *et al.* (2018).

entre 1 et 2 %/an depuis 1970. Cette évolution est due à la fois à l'augmentation de l'efficacité énergétique et à des changements sectoriels. Des taux de réduction de l'intensité énergétique relativement élevés ont été enregistrés lors des crises pétrolières de 1973 et de 2005, en réponse aux prix et aux politiques gouvernementales des pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) axés sur les économies d'énergie (Schippers et Meyers, 1992 ; Sweeney, 2016). La part des technologies sobres en GES, qui est actuellement d'environ 20 %, englobe essentiellement la biomasse traditionnelle, l'hydroélectricité et l'énergie nucléaire. Pour atteindre la cible de 2 °C, la réduction de l'intensité énergétique combinée à l'accroissement de la part des technologies sobres en GES devrait être considérablement supérieure aux valeurs empiriques. Comme le montre la **figure 22.5**, la transformation à grande échelle nécessaire à cette fin est conditionnée par la réduction de la demande d'énergie (grâce à l'efficacité énergétique ou à des niveaux d'activité différents et plus faibles) et par la décarbonisation de l'approvisionnement énergétique (énergies renouvelables, captage et stockage du carbone [CSC], énergie nucléaire, substitution des combustibles). L'augmentation de l'efficacité énergétique devrait toutefois être d'au moins 2 à 3,5 %/an. En outre, la part des options d'approvisionnement non émettrices de CO₂ devrait passer de son niveau actuel (environ 15 %) à au moins

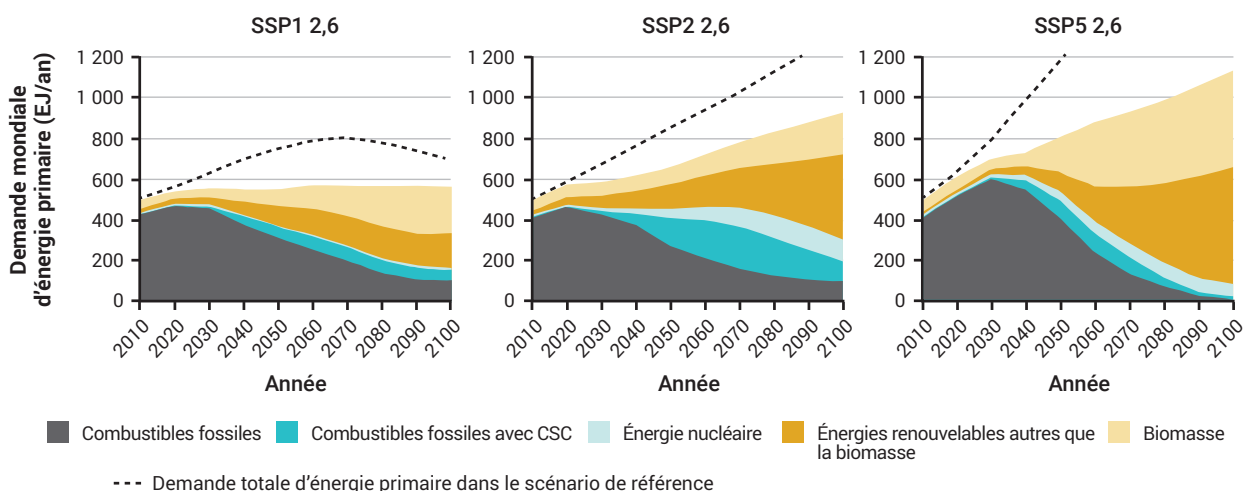
40 à 60 % d'ici à 2050 (pour les scénarios inclus à la **figure 22.5**), voire jusqu'à 50 à 100 % pour les scénarios maximalistes tirés de la littérature générale (van Vuuren *et al.*, 2016 ; GIEC, 2018). Le seuil inférieur de 40 % n'est suffisant que s'il est combiné à une baisse rapide de la demande d'énergie. La part des énergies renouvelables serait d'environ 30 à 40 % (**figure 22.5**) ou de l'ordre de 60 % (éventail complet) pour la cible de 2 °C (van Vuuren *et al.*, 2016) et de 70 à 85 % pour la cible de 1,5 °C (GIEC, 2018). Il convient de noter que l'éventail des énergies renouvelables recoupe largement le spectre de la production totale d'énergie sans CO₂, dans la mesure où les différentes options sont facilement substituables les unes aux autres. Dans l'ensemble, la réduction de l'intensité en carbone de l'économie mondiale (le taux de variation du ratio CO₂/PIB) doit passer des taux historiques (environ 1 à 2 %/an) à environ 4 à 6 %/an à l'horizon 2050 ; pour les scénarios maximalistes, des valeurs pouvant atteindre 8 % sont suggérées dans certaines études (van Vuuren *et al.*, 2016).

Il est possible de réduire les émissions de GES grâce à des mesures axées sur la demande d'énergie et la décarbonisation de l'approvisionnement énergétique. En outre, il est possible de diminuer les émissions autres que celles de CO₂ émanant des systèmes agricoles et énergétiques. Autrement dit, l'atteinte des cibles de l'Accord de Paris nécessite des transitions de grande envergure dans les secteurs de l'énergie, de la gestion foncière, des infrastructures urbaines (y compris les transports et les bâtiments) et des systèmes industriels (GIEC, 2018). L'apport de ces mesures fait l'objet d'une analyse détaillée dans les paragraphes ci-après. L'**encadré 22.2** approfondit l'examen du rôle des axes d'atténuation fondés sur l'utilisation des terres.

La réduction de la demande d'énergie

La **figure 22.6** présente la consommation énergétique agrégée de trois trajectoires différentes permettant d'atteindre la cible de 2 °C. La réduction totale de la demande d'énergie dans ces trajectoires par rapport au scénario tendanciel est d'environ 25 % (voir aussi Edelenbosch *et al.*, 2020). Les études mettant l'accent sur le potentiel d'efficacité énergétique affichent des taux possibles d'amélioration de l'efficacité encore plus élevés (Cullen, Allwood et Borgstein, 2011 ; Graus, Blomen et Worrell, 2011). La demande d'énergie pour utilisation finale est dominée par les secteurs de l'industrie, des transports et de l'habitation. Il faudrait donc réduire la consommation énergétique dans ces trois secteurs pour atteindre les cibles de développement durable. Les transports sont un secteur clé car ils enregistrent les augmentations d'émissions les plus rapides, sous l'effet des déplacements en voiture, du transport routier de marchandises, du transport maritime et du transport aérien. Il existe différents axes d'intervention pour décarboniser le secteur des transports. L'un des principaux axes consisterait à électrifier la quasi-totalité de la plupart des modes de transport. Cette piste nécessiterait une transition correspondante au niveau de l'infrastructure, et son efficacité à réduire les émissions dépendrait de l'intensité en carbone de la production d'électricité. Il convient également de noter que, pour plusieurs régions du monde, une telle transition prendrait beaucoup de temps et que, dans l'intervalle, il importerait de réduire au minimum les émissions, par exemple, en accroissant l'efficacité des véhicules automobiles (Bae et Kim, 2017). En ce qui concerne les modes de transport non électrifiables, le gaz naturel (à court terme), les combustibles fossiles permettant le CSC, l'hydrogène et la bioénergie pourraient jouer un rôle important. De nombreuses études antérieures reconnaissent la bioénergie comme une stratégie de réponse efficace pour la plupart des modes de transport. Toutefois, en raison des impacts négatifs possibles de la bioénergie sur d'autres cibles, nous supposons ici que l'utilisation de la bioénergie se limite aux secteurs dont les émissions sont difficiles à atténuer ou qui pourraient générer des émissions négatives. Ainsi, les mesures efficaces dans le secteur des transports comprennent l'électrification, l'amélioration rapide du rendement des combustibles et le développement de nouveaux combustibles (l'hydrogène, les carburants de synthèse). Par

Figure 22.6 : Différentes trajectoires menant à une augmentation de la température moyenne mondiale bien en deçà de 2 °C



Source : Bauer et al. (2017) ; Riahi et al. (2017).

ailleurs, dans un scénario privilégiant l'évolution des modes de vie (par exemple, la trajectoire « Évolution de la consommation »), les réductions d'émissions résultent principalement d'une transition des déplacements en avion et en véhicule particulier au profit des transports publics locaux électriques et des trains à grande vitesse.

La décarbonisation de l'approvisionnement énergétique

Une forte proportion des réductions d'émissions requises devrait provenir de changements liés à l'offre (figure 22.6). Les combustibles fossiles représentent actuellement environ 80 % de la consommation totale d'énergie primaire. Cette proportion doit être réduite à un maximum de 20 à 30 % d'ici à 2050, en fonction de l'utilisation de technologies à émissions négatives (après 2050) et de l'ambition de la cible relative au climat (Bauer et al., 2017 ; van Vuuren et al., 2017b). Il importe de remplacer les combustibles fossiles par des technologies à émissions faibles ou nulles telles que la bioénergie, les autres énergies renouvelables et le nucléaire, et par l'énergie fossile combinée au CSC.

Il sera primordial d'instaurer de nouvelles politiques à même de généraliser l'usage des énergies renouvelables. La littérature sur le sujet montre également qu'il existe un certain degré de liberté dans le choix des technologies. Par exemple, les énergies renouvelables, l'énergie nucléaire et le CSC peuvent jouer des rôles différents selon les choix de société et le développement technologique. Il convient toutefois de noter que l'ampleur de la transformation globale nécessaire – en termes absolus et pour la période pendant laquelle elle devrait être soutenue – est sans précédent dans l'histoire (van der Zwaan et al., 2013 ; van Sluisveld et al., 2015). Elle est de fait autrement supérieure au rythme des transitions du passé, mettant en évidence le défi considérable que représente l'atteinte de la cible de 2 °C (Napp et al., 2017). En termes relatifs (par exemple, la proportion des investissements consentis dans les nouvelles technologies), il y a eu par le passé plusieurs exemples de transitions rapides similaires.

Les scénarios prospectifs prévoient plusieurs façons de décarboniser l'approvisionnement énergétique (Clarke et al., 2014 ; Krieglner et al., 2018 ; Rogelj et al., 2018). L'une des méthodes consiste à combiner l'énergie fossile avec le CSC. La plupart des scénarios s'appuient tout particulièrement sur cette option, qui, bien qu'ayant le mérite de nécessiter un changement relativement modeste dans l'approvisionnement énergétique, souffre toutefois d'un potentiel de stockage limité et, surtout, d'un soutien sociétal relativement timide. Les énergies renouvelables telles que l'éolien et le solaire

sont une solution de remplacement intéressante. Les coûts de ces options ont diminué rapidement ces dernières années, ce qui fait de ces technologies une option de substitution raisonnable aux combustibles fossiles, même en l'absence d'une politique climatique affirmée. Toutefois, l'accroissement du niveau de pénétration est entravé par les coûts supplémentaires induits par l'intermittence. En conséquence, l'expansion des énergies renouvelables nécessitera des investissements dans les infrastructures afin de juguler l'intermittence (par exemple, le développement des raccordements au réseau et l'offre d'options de stockage). La transition vers les énergies renouvelables entraînerait également une évolution de la demande de matériaux (pour construire des centrales solaires et éoliennes). La plupart des évaluations estiment que cette évolution ne serait pas restrictive (Arvesen et al., 2018). Enfin, la transition vers les énergies renouvelables exigera également des régimes d'exploitation différents pour les réseaux électriques. La piste de la bioénergie pourrait également être intéressante comme source d'approvisionnement en combustible et comme trajectoire vers les



Encadré 22.2 : Les axes d'atténuation fondés sur l'utilisation des terres en appui aux politiques climatiques

De 20 à 30 % environ des émissions totales de GES sont liées aux activités agricoles (Smith et al., 2014). L'utilisation des sols est un facteur déterminant pour la politique sur le climat. Tout d'abord, l'atteinte de cibles strictes nécessiterait de réduire les émissions liées à l'utilisation des sols. Il est également possible de contribuer à réduire les émissions par la mise en œuvre de mesures d'atténuation connexes, telles que le reboisement et la bioénergie. En fait, plus de 80 % des pays signataires de l'Accord de Paris prévoient d'opter pour des axes d'atténuation liés à l'utilisation du sol afin d'honorer leur contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN). Une analyse démontre que le boisement et la bioénergie, combinés à la capture et au stockage du carbone, ont un bon rapport coût-efficacité dans presque tous les scénarios. Ainsi, certains scénarios projettent qu'une proportion de l'ordre de 25 à 30 % de l'ensemble des terres cultivées (soit 10% de la superficie totale des terres agricoles) sera utilisée à des fins d'atténuation en 2050. Un défi important tient toutefois au fait que les axes d'atténuation basés sur l'utilisation des sols pourraient exiger des arbitrages significatifs avec les cibles visant à éliminer la faim et à préserver la biodiversité, en raison de la concurrence pour les terres (voir la section 22.3.1).



émissions négatives, en combinaison avec le stockage du carbone. La vaste superficie des terres que requiert la bioénergie ferait concurrence aux cibles mentionnées dans le domaine précédent. Cette question est examinée plus en détail à la section 22.4.2. Les trajectoires alternatives moins tributaires des technologies à émissions négatives pourraient bien être conditionnées par une évolution plus radicale des modes de vie (van Vuuren *et al.*, 2018). Enfin, le nucléaire peut également fournir une énergie non polluante. Toutefois, cette technologie, qui présente des risques sur les plans de la sûreté et des déchets, pâtit d'un degré d'acceptabilité sociale limité dans bien des pays.

La réduction des émissions hors dioxyde de carbone

Si le CO₂ constitue la majorité des émissions de GES, les autres gaz à effet de serre tels que le méthane, l'oxyde nitreux et les GES fluorés contribuent également de façon significative au changement climatique. Ainsi, les trajectoires qui limitent le réchauffement climatique au périmètre des cibles de l'Accord de Paris affichent également une réduction importante des émissions autres que celles de CO₂ (GIEC, 2018). Certaines de ces émissions, découlant par exemple des pertes dans le système énergétique, sont relativement faciles à réduire. En outre, ces réductions présentent souvent des avantages connexes de premier plan, notamment la réduction des émissions de méthane (une substance également à l'origine de la pollution par l'ozone) et de suie (qui entraîne des changements climatiques et des répercussions sur la santé). Les autres sources, en revanche, sont relativement difficiles à atténuer. Par exemple, il est difficile d'imaginer comment on pourrait réduire à zéro les émissions de méthane générées par le bétail errant. Par conséquent, dans la plupart des scénarios fondés sur la cible de 2 °C, les émissions liées à l'utilisation des sols sont réduites d'environ 50 % par rapport aux niveaux d'émission actuels. Une réduction plus tangible des émissions nécessiterait généralement une diminution de la consommation de viande (voir la section 22.3.1).

La lutte contre la pollution de l'air

Les émissions futures de polluants atmosphériques d'origine anthropique, dominées par le secteur de l'énergie, nécessitent des mesures de réduction ciblées. Bon nombre des stratégies de réduction des émissions de GES – l'efficacité énergétique, le changement de type de combustible et l'évolution des modes de vie, par exemple – atténuent également les émissions d'autres polluants atmosphériques, ce qui génère des bénéfices connexes pour la santé (Markandya *et al.*, 2018). De même, les politiques de lutte contre la pollution atmosphérique ont des répercussions sur le climat, par exemple, en influant sur les émissions de polluants climatiques à courte durée de vie (SLCP) tels que le carbone noir.

Pour examiner la limite des réductions possibles d'émissions de polluants atmosphériques par des mesures de lutte contre la pollution de l'air, Stohl *et al.* (2015) définissent un scénario des réductions maximales réaliste sur le plan technologique en appliquant les taux d'émission les plus bas obtenus avec les technologies connues, abstraction faite des coûts. De leur côté, les scénarios « Nouvelles politiques » et « Air pur » de l'AIE (2016) prennent en compte les coûts et certains paramètres locaux. Certes, le scénario « Nouvelles politiques » prend en compte les politiques et les mesures déjà adoptées ou annoncées (en date de 2015), mais le scénario « Air pur » intègre des mesures supplémentaires qui permettent de réduire considérablement les émissions de polluants atmosphériques, dont l'octroi d'un investissement supplémentaire de 2,3 billions de dollars É.-U. en faveur de technologies avancées de lutte contre la pollution de l'air et d'un investissement comparable (2,5 billions de dollars É.-U.) pour accélérer la transition vers des sources d'énergie plus propres et renouvelables. Ces mesures entraîneraient une réduction de 50 % des émissions de SO₂ et de NO_x et de près de 75 % des émissions de particules ; elles permettraient ainsi d'éviter plus de trois millions de décès prématurés par an, dont 1,7 million de décès grâce à la diminution de la pollution de l'air ambiant et 1,6 million de décès grâce à la réduction de la pollution de l'air à l'intérieur des habitations (AIE, 2016).

Les résultats des SSP illustrent également l'importance de l'atténuation des effets du changement climatique en lien avec les émissions de polluants atmosphériques (Rao *et al.*, 2017) : une politique climatique de plus en plus contraignante permet également de réduire les émissions de polluants atmosphériques. La consommation de charbon aux fins de la production d'électricité et de la fabrication exerce une forte influence sur les émissions de CO₂ et détermine largement la trajectoire des émissions de SO₂. S'agissant des émissions du secteur des transports, le niveau d'électrification est un facteur important. Et pour cause, l'électrification, combinée à l'utilisation de véhicules autonomes et de services de mobilité partagés, pourrait entraîner une diminution spectaculaire des émissions et de l'exposition aux polluants qui y sont associés (Fulton, Mason et Meroux, 2017). Les émissions de carbone noir – corrélées aux moteurs diesel et à la consommation résidentielle de combustibles traditionnels issus de la biomasse – sont beaucoup moins imputables à l'utilisation de combustibles fossiles (et donc aux politiques sur le climat) qu'à l'utilisation de sources d'énergie traditionnelles (et donc à un accès insuffisant à des services énergétiques modernes). Cela se reflète dans les écarts entre les niveaux de référence d'émissions de carbone noir, mais également dans une réponse beaucoup plus timorée en matière de politiques climatiques (Rao *et al.*, 2017).

Les SLCP qui contribuent au réchauffement de l'atmosphère comprennent le carbone noir, l'ozone troposphérique, le méthane et les hydrofluorocarbures. Parmi ces SLCP, les trois premiers contribuent à la pollution de l'air. La réduction des émissions de SLCP peut se traduire par des avantages climatiques à court terme (Shindell *et al.*, 2017 ; Xu et Ramanathan, 2017 ; Haines *et al.*, 2018). En ce qui concerne le carbone noir, certaines mesures permettent de réduire les émissions issues des moteurs diesel, du combustible de cuisson à base de biomasse, de l'éclairage au pétrole lampant et de l'utilisation du charbon par les ménages et les petites industries. Il est possible de réduire les émissions de méthane liées à l'extraction du charbon, du pétrole et du gaz naturel et à l'élimination des déchets, et de gérer les émissions générées par le bétail, le fumier et les rizières. La conformité avec l'Amendement de Kigali (Organisation des Nations Unies, 2016) permettra de réduire les émissions d'hydrofluorocarbures de 61 % entre 2018 et 2050 (par rapport à un scénario de référence), mais il serait envisageable de procéder à des substitutions à plus brève échéance, et une réduction de 98 % est techniquement possible (Höglund-Isaksson *et al.*, 2017). La mise en œuvre de ces mesures techniques éprouvées pour lutter contre les SLCP pourrait réduire le réchauffement moyen de la planète, bien que les estimations de l'ampleur de cette réduction diffèrent d'une étude à l'autre (PNUE, 2017) (voir également l'encadré 22.3).



© Shutterstock / Toa55

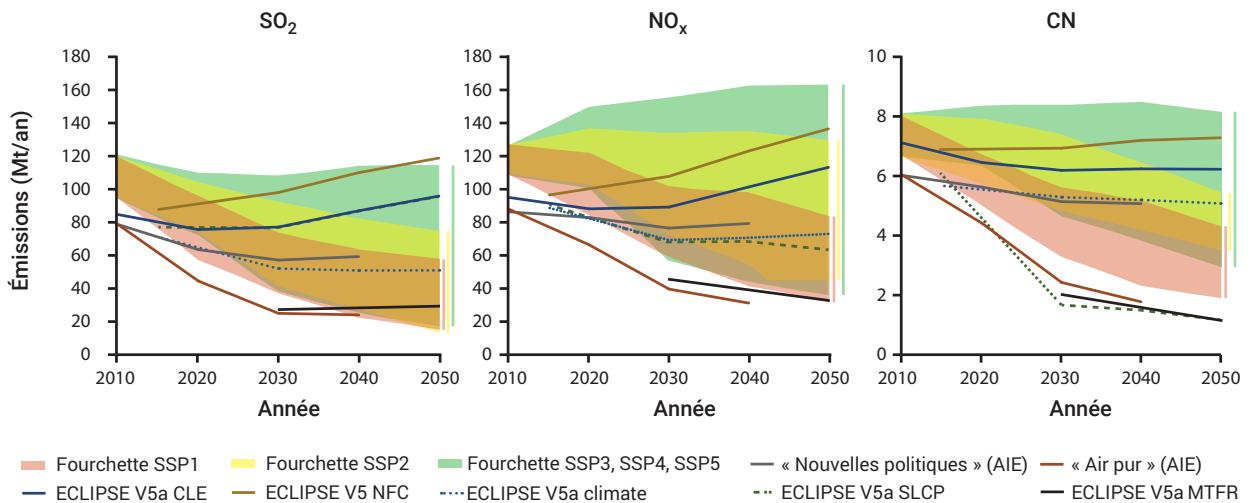


Encadré 22.3: La Coalition pour le climat et l'air pur



Au nombre des initiatives visant à s'attaquer simultanément aux impacts des polluants climatiques de courte durée (SLCP) sur la qualité de l'air et le climat, on peut citer la Coalition pour le climat et l'air pur (CCAP, <http://www.ccacoalition.org>), un partenariat lancé en 2012 auquel adhèrent volontairement des gouvernements, des organisations intergouvernementales, des entreprises, des institutions scientifiques et des organisations de la société civile. Ils entendent ainsi améliorer la qualité de l'air et atténuer le changement climatique en réduisant les émissions de SLCP. Plusieurs approches visent à limiter les émissions de carbone noir, à commencer par les technologies propres et efficaces de cuisson, d'éclairage et de chauffage domestique, ou encore les technologies modernes destinées aux fours pour la fabrication de briques ; citons enfin les carburants propres pour les moteurs et les véhicules poids lourd à diesel. On peut limiter les émissions de méthane en colmatant les fuites de gaz dans les systèmes de distribution, en améliorant la gestion du fumier, en modifiant les pratiques de riziculture et en mettant en œuvre des stratégies de réduction des émissions issues de la fermentation entérique chez le bétail. En juillet 2017, environ 178 pays avaient inclus le méthane, 100 les hydrofluorocarbures et quatre le carbone noir dans leur contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN), en vue de réaliser les objectifs climatiques de l'Accord de Paris. Un certain nombre de pays devraient mettre à jour leur CPDN pour renforcer l'inclusion des SLCP. Précisons qu'une réduction des émissions des SLCP en complément de celle des émissions de GES offre des possibilités de limiter le réchauffement climatique à court terme, mais qu'elle ne saurait se substituer à la réduction des émissions de GES à longue durée de vie pour atténuer les effets à long terme du changement climatique.

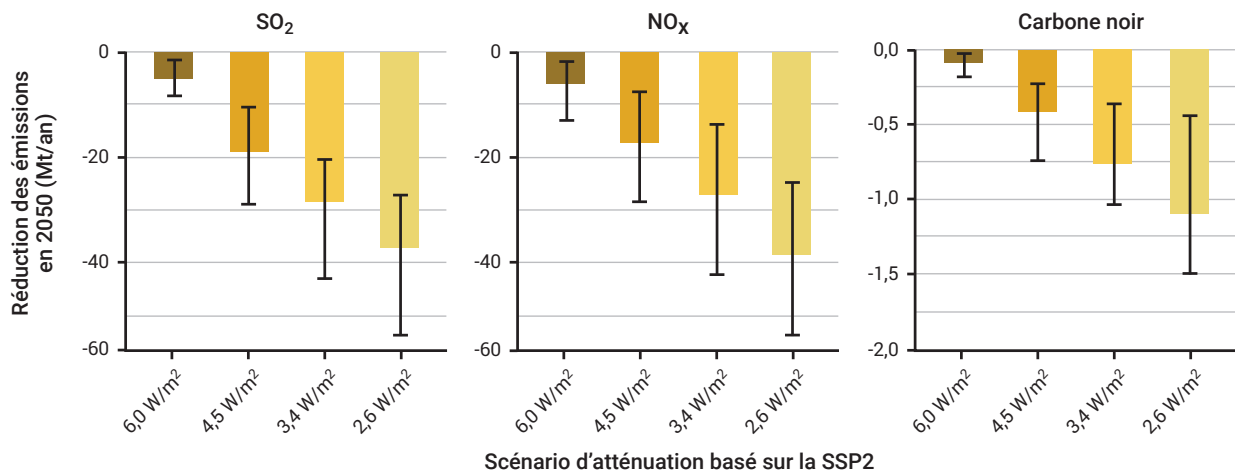
Figure 22.7a : Projection des émissions mondiales de SO₂, de NO_x et de carbone noir dans le cadre de différentes politiques sur le climat et la pollution de l'air



Les barres d'erreur représentent l'éventail de tous les MEI inclus dans Rao *et al.* (2017).

Source : Rao *et al.* (2017).

Figure 22.7b : Écarts des émissions de polluants atmosphériques entre divers scénarios d'atténuation des effets du changement climatique et le scénario de référence de la SSP2



Pour les données de référence des SSP, les parties grisées représentent les fourchettes de tous les modèles d'évaluation intégrée (MEI) inclus dans Rao *et al.* (2017).

Sources : SSP : Rao *et al.* (2017) ; ECLIPSE : Stohl *et al.* (2015), Klimont *et al.* (2017) ; AIE : AIE (2016).



Les politiques sur le climat entraînent d'importantes réductions de la pollution de l'air dans tous les scénarios de référence des SSP, mais ces diminutions sont insuffisantes pour se conformer aux Lignes directrices de l'OMS relatives à la qualité de l'air, qui prescrivent une concentration annuelle moyenne de $MP_{2,5}$ de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'horizon 2050 (figure 22.8). Le scénario de réduction maximale technologiquement réalisable (RMTR) sans atténuation des effets du changement climatique d'ECLIPSE, qui présente les plus faibles émissions de polluants atmosphériques parmi tous les scénarios (figure 22.7), ne suffit pas non plus à l'atteinte de la cible de l'OMS. À l'échelle mondiale, on prévoit qu'environ 60 % de la population sera exposée à des concentrations supérieures à la norme selon les scénarios de pollution de l'air les plus optimistes (les trajectoires SSP1 ou SSP5, avec une cible d'atténuation des effets du changement climatique de $2,6 \text{ W}/\text{m}^2$, ou le scénario RMTR d'ECLIPSE). Les pires niveaux d'exposition projetés concernent l'Asie et les régions du Moyen-Orient et de l'Afrique. Toutefois, d'ici à 2050, moins de 5 % de la population devrait être exposée à des concentrations supérieures à la première cible intermédiaire, soit une concentration moyenne annuelle de $MP_{2,5}$ de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dans les trajectoires SSP2 et SSP5 comprenant une atténuation des effets du changement climatique. Ces résultats reflètent les effets bénéfiques pour la qualité de l'air qu'offre un contrôle rigoureux de la pollution atmosphérique – le principal avantage connexe étant l'atténuation des effets du changement climatique. Le scénario RMTR d'ECLIPSE met en exergue, quant à lui, l'avantage maximal pour la qualité de l'air, rendu possible par les technologies actuelles de lutte contre la pollution atmosphérique.

Les synergies et arbitrages significatifs entre mesures et cibles

Les mesures mises en œuvre pour parvenir à un accès universel à des services énergétiques modernes, lutter contre le changement climatique ou améliorer la qualité de l'air dans les villes peuvent comporter des synergies et des arbitrages de premier plan (par exemple, McCollum *et al.*, 2018).

- ❖ La plupart des politiques sur le climat entraînent une augmentation des coûts des systèmes énergétiques, se traduisant par une hausse potentielle des prix de l'énergie. Les prix plus élevés des sources d'énergie, en particulier les combustibles propres pour la cuisson tels que l'électricité, le GPL ou le gaz naturel, compromettent l'accès universel à l'énergie ou la fourniture d'une énergie à coût abordable en général (Daioglou, van Ruijven et van Vuuren, 2012 ; Cameron

et al., 2016). Il existe toutefois des moyens de compenser cette situation, notamment par des subventions ciblées ou une redistribution des taxes carbone (Cameron *et al.*, 2016).

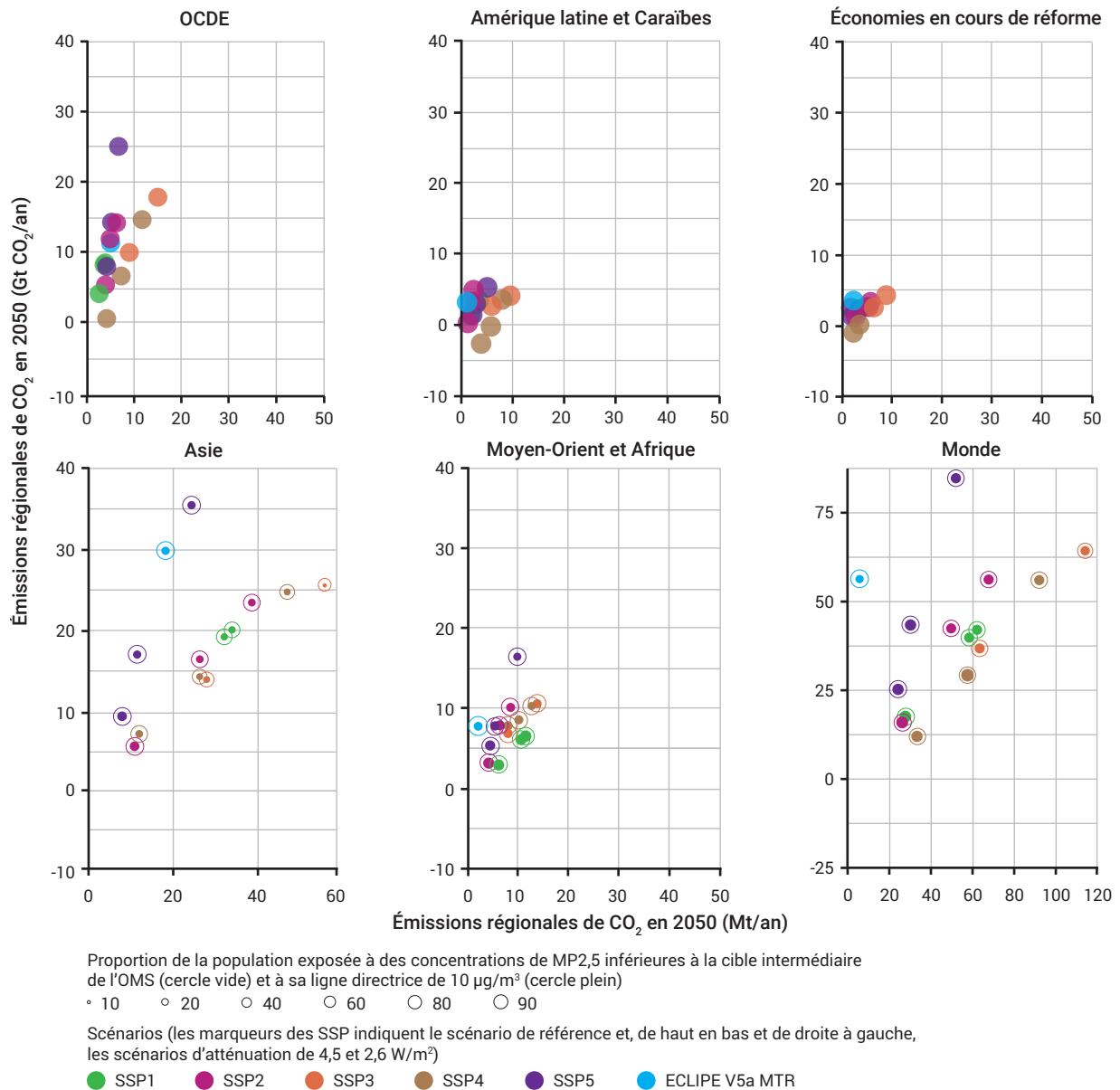
- ❖ Les politiques visant à ouvrir l'accès à l'énergie pourraient entraîner une augmentation de la consommation énergétique et donc avoir des effets sur le changement climatique et la pollution de l'air. Ces impacts sont toutefois relativement faibles (van Vuuren *et al.*, 2012) et susceptibles d'être atténués au besoin en corrélant l'accès énergétique à l'utilisation de systèmes d'approvisionnement sobres en GES. On estime que l'accès universel à l'électricité n'aura qu'un très faible impact sur la croissance des émissions mondiales de GES (Pachauri *et al.*, 2013 ; van Vuuren *et al.*, 2015 ; Dagnachew *et al.*, 2018). En outre, l'accès universel à des combustibles propres pour la cuisson pourrait réduire les émissions totales de polluants atmosphériques et de GES résultant d'un abandon de la biomasse traditionnelle, de l'efficacité accrue de l'utilisation de la biomasse et de la récolte durable de celle-ci (Pachauri *et al.*, 2013 ; van Vuuren *et al.*, 2015). Il existe également des effets synergiques ou des arbitrages nécessaires entre les mesures de lutte contre la pollution atmosphérique et la politique sur le climat ; ainsi, la combustion de la biomasse en tant que source d'énergie sobre en carbone peut accroître la pollution de l'air si des pratiques appropriées de gestion de la qualité de l'air ne sont pas mises en place (Giuntoli *et al.*, 2015). Autre exemple, les véhicules à diesel émettent moins de CO_2 , mais davantage de particules que les véhicules à essence (Mazzi et Dowlatabadi, 2007 ; Tanaka *et al.*, 2012 ; O'Driscoll *et al.*, 2018). Par ailleurs, les dispositifs de contrôle des émissions au point de rejet réduisent les émissions de particules des voitures, mais au prix d'une baisse du rendement énergétique. S'agissant des véhicules à essence, le remplacement de l'injection dans la lumière d'admission par l'injection directe augmente généralement le rendement énergétique, réduisant ainsi les émissions de CO_2 , mais il accroît les émissions de particules et de carbone noir (Zhu *et al.*, 2016 ; Zimmerman *et al.*, 2016 ; Saliba *et al.*, 2017). Toutefois, dans la plupart des cas, les politiques sur le climat permettent de réduire la pollution atmosphérique grâce à leur impact sur les émissions de particules, de SO_2 et de NO_x . Si elles sont bien conçues, les mesures de lutte contre la pollution peuvent également limiter le changement climatique. En conséquence, surtout pour les pays qui connaissent actuellement des niveaux élevés de pollution de l'air, il peut être très intéressant de concevoir des stratégies qui agissent sur les deux tableaux (voir également l'encadré 22.4).



Encadré 22.4 : La synergie possible entre l'atténuation du changement climatique et la réduction de la pollution de l'air en Chine

En réponse aux vives préoccupations des citoyens concernant la pollution, le Conseil d'État chinois a annoncé en 2013 un plan d'action pour la prévention et le contrôle de la pollution de l'air. Ce plan d'action fixe des cibles précises en matière de pollution atmosphérique. Entre autres, la concentration de matières particulaires de diamètre inférieur à $10 \mu\text{m}$ (MP_{10}) en 2017 devrait diminuer d'au moins 10 % par rapport aux concentrations enregistrées en 2012. Des cibles plus ambitieuses sont toutefois formulées pour certaines régions. Le plan indique que la promotion de l'énergie propre, y compris l'énergie renouvelable, l'énergie nucléaire et le gaz naturel, combinée à une transition du système énergétique, à la conservation de l'énergie et au contrôle de l'utilisation du charbon, constitue une manière d'atteindre cette cible. Cette stratégie est tout à fait en phase avec l'approche chinoise d'un développement sobre en carbone. Depuis lors, du fait des changements économiques et structurels ainsi que des mesures de lutte contre la pollution de l'air, la production de charbon a atteint un pic en 2013-2014, de même que les émissions de CO_2 ont été jugulées. De 2015 à 2017, l'énergie éolienne, solaire et hydroélectrique et le nucléaire ont connu une rapide expansion. Si, à l'avenir, l'augmentation de la demande d'énergie est relativement lente, toute expansion pourra être couverte par le développement des énergies renouvelables, du nucléaire et du gaz naturel, ce qui permettra de poursuivre l'élimination progressive des centrales au charbon. Dans ces conditions, une baisse accrue des émissions de CO_2 est possible. Dans l'intervalle, le développement durable relève d'une stratégie nationale à long terme fondamentale en Chine. Le pays, qui a commencé à améliorer ses politiques d'efficacité énergétique dans son onzième plan quinquennal, devrait continuer sur cette voie dans les plans quinquennaux subséquents. Ces politiques demeureront principalement axées sur l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le secteur industriel, mais de nouvelles politiques visent également la consommation d'énergie des ménages. Sur cette base, l'objectif est de réduire la part du charbon dans le mix énergétique de 64 % en 2015 à 58 % en 2020. En écho à l'annonce de « mesures provisoires de remplacement de la consommation de charbon dans les régions clés » (Commission nationale pour le développement et la réforme *et al.*, 2014), huit provinces et municipalités de régions clés, dont celle de Beijing-Tianjin-Hebei, la province du Shandong, le delta du Yangtsé et le delta de la rivière des Perles, devront fixer les cibles de réduction de la consommation de charbon. Ces politiques visent à réduire les émissions de polluants atmosphériques. Cela signifie, en somme, que les politiques chinoises actuelles visant à améliorer la qualité de l'air pourraient non seulement être très bénéfiques pour la santé publique, mais aussi entraîner une réduction des émissions de CO_2 .

Figure 22.8 : Proportion de la population exposée à une concentration de particules de moins de 2,5 µm de diamètre (MP2,5) conforme aux Lignes directrices OMS et à leur cible intermédiaire pour 2050



Sources : Rao *et al.* (2017) ; l'exposition de la population est fondée sur des concentrations de MP_{2,5} déterminées en appliquant le modèle source-récepteur TM5-FASST (van Dingenen *et al.*, 2018) pour baliser les scénarios d'émissions des SSP et les scénarios d'atténuation des effets du changement climatique de 4,5 W/m² et de 2,6 W/m² y afférents.

❖ La géo-ingénierie (par exemple, le captage direct dans l'air) exige généralement une consommation énergétique supplémentaire, ce qui peut avoir des répercussions sur la pollution atmosphérique ou l'accès à l'énergie.

22.3.3 L'eau douce

On peut résumer l'intitulé des cibles retenues pour le domaine Eau douce comme suit : réduire les pénuries d'eau et assurer la qualité de l'eau, tout en assurant l'accès universel à l'eau potable et à un assainissement adéquat (chapitre 20). Le monde n'est pas en voie d'atteindre ces cibles (voir le chapitre 21). Selon les projections, en 2030, plus de 400 millions de personnes seront toujours privées d'un accès à des installations d'approvisionnement de base et environ deux milliards de personnes, d'un accès à un service

d'assainissement de base. En outre, la proportion de la population mondiale vivant dans une zone en situation de stress hydrique devrait augmenter sensiblement (jusqu'à 50 %) d'ici à la fin du siècle, principalement du fait de la croissance démographique.

Le domaine Eau douce est inextricablement lié aux domaines Agriculture, alimentation, terres et biodiversité et Énergie, air et climat. À l'échelle mondiale, la plus forte demande en eau (plus de 70 %) provient du secteur agricole. En outre, de nombreux polluants d'eau douce et de mer sont issus de l'agriculture, qui est la principale source d'azote et de phosphore dans les bassins hydrographiques mondiaux (voir le chapitre 21).

Plusieurs études de scénarios ont traité de la rareté de l'eau. Toutefois, la plupart d'entre elles mettent l'accent sur des projections plutôt



que sur des scénarios par cibles. En revanche, Wada, Gleeson et Esnault (2014) proposent six mesures de réduction du stress hydrique qui, conjointement, débouchent sur une baisse du nombre de personnes en situation de stress hydrique d'ici à 2050. Bijl *et al.* (2018) examinent certaines stratégies qui pourraient conduire à une réduction des pénuries d'eau, notamment les gains d'efficacité, d'autres stratégies de répartition, ou encore la baisse de la demande d'eau agricole associée au changement de régime alimentaire et à la diminution du gaspillage alimentaire. Nous examinons ici différentes mesures liées pour l'essentiel à des cibles individuelles portant sur l'amélioration de l'accès à l'eau, l'assainissement et l'hygiène (EAH), la baisse de la demande en eau, l'augmentation de l'approvisionnement en eau et la réduction de la pollution aquatique.

L'investissement dans l'accès aux services d'eau, d'assainissement et d'hygiène

L'atteinte des cibles relatives à l'eau potable et à l'assainissement nécessitera un investissement accru dans les infrastructures, en particulier d'assainissement (Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, 2014 ; Hutton et Varughese, 2016). Du fait de la croissance démographique, 3,4 milliards de personnes supplémentaires auront besoin d'accéder à des services d'assainissement d'ici à 2030, soit 620 000 personnes par jour ou 2,5 fois le nombre de personnes desservies de 2001 à 2015 (Mara et Evans, 2018). Les niveaux d'investissement actuels sont susceptibles de couvrir les coûts en capital des services de base d'EAH d'ici à 2030, mais pas la fourniture de services gérés en toute sécurité. Pour réaliser l'accès universel à ces services, il faudra tripler les niveaux d'investissement (Hutton et Varughese, 2016). L'accès universel à l'eau potable et à un assainissement adéquat passe autant par un changement de comportement que par une mise à niveau des infrastructures. Il faudra, à cet effet, améliorer la commercialisation, la communication ainsi que l'assainissement encadré par les communautés (Programme pour l'eau et l'assainissement, 2004 ; Kar et Chambers 2008 ; Devine et Kullmann, 2011).

Les gains d'efficacité dans l'utilisation de l'eau

La raréfaction de l'eau, y compris celle des eaux souterraines, doit souvent être gérée au niveau du bassin versant ou de l'aquifère (Scott *et al.*, 2014). Ces ressources peuvent se situer à l'intérieur des frontières d'un même pays, mais il arrive souvent qu'elles impliquent plusieurs pays. Dans ce cas, un cadre international est nécessaire pour évaluer les stratégies visant à réduire le stress hydrique et à en maximiser l'atténuation (Wada, Gleeson et Esnault, 2014). Wada, Gleeson et Esnault (2014) concluent à la nécessité de quatre mesures relatives à la demande : augmenter la productivité de l'eau agricole (la récolte par volume), améliorer l'efficacité de l'irrigation (réduire les pertes d'eau), rationaliser l'utilisation de l'eau dans les secteurs domestique et industriel, notamment en réduisant les fuites d'eau et en améliorant le recyclage, et juguler le taux de croissance démographique. Pour maintenir ou même réduire la population mondiale en situation de pénurie d'eau d'ici à 2050 et au-delà, l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour ces mesures axées sur la demande doit s'améliorer de plus de 20 à 50 % à l'échelle mondiale (de 0,5 à 1,2 %/an). En outre, des stratégies de gestion de l'eau à l'échelle des bassins versants sont nécessaires pour faire face aux demandes concurrentes associées à la production agricole, aux activités industrielles, à l'utilisation de l'eau par les ménages et aux services environnementaux. L'articulation précise entre ces paramètres dépend de considérations économiques, sociales, juridiques et politiques telles que les traités, droits et litiges internationaux ou infranationaux sur l'eau (Wada, Gleeson et Esnault, 2014). Divers scénarios montrent que des gains d'efficacité dans les utilisations agricoles, domestiques et industrielles de l'eau peuvent avoir un impact significatif sur la réduction de la pénurie d'eau (par exemple, Bijl *et al.*, 2017).

L'augmentation de l'approvisionnement en eau

L'augmentation de l'approvisionnement en eau peut se concrétiser par des mesures conventionnelles telles que la construction d'un nombre accru de réservoirs ou de barrages, l'investissement

dans la capacité de désalinisation des régions côtières (Wada, Gleeson et Esnault, 2014) ou la réutilisation des eaux usées. En outre, du fait de leur omniprésence sur la planète, les ressources en eau souterraine pourraient servir de stock tampon en cas de sécheresse ou de pénurie d'eau sévère.

De plus en plus de pays mettent en œuvre des stratégies de désalinisation – par exemple, au Moyen-Orient, en Afrique du Nord et aux États-Unis (notamment, en Californie) (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, 2003 ; Hanasaki *et al.*, 2016). On estime que la quantité d'eau dessalée utilisée à l'échelle mondiale, en augmentation rapide depuis les années 1990, dépasse aujourd'hui 10 km³/an (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2018). Bien que cette quantité soit importante dans les régions côtières, le total mondial demeure nettement en deçà de 1 % des prélèvements d'eau mondiaux (4 000 km³). D'après les projections de Hanasaki *et al.* (2016), dans le cadre de différents scénarios des SSP (1 à 3), le recours à la désalinisation de l'eau de mer sera multiplié par 1,4 à 2,1 durant la période 2011-2040 par rapport à la situation actuelle, et par 6,7 à 17,3 de 2041 à 2070. Les coûts associés sont de l'ordre de 2 à 200 milliards de dollars É.-U. Les écarts substantiels dans ces projections sont principalement attribuables aux écarts socio-économiques importants entre les scénarios des SSP. Pour intensifier la désalinisation de l'eau de mer dans les bassins côtiers soumis à un stress hydrique, il faudrait multiplier par 10 à 50 le volume d'eau dessalée. Cette décision entraînerait cependant des coûts d'investissement et d'énergie importants et générerait des eaux usées qu'il faudrait éliminer de façon sécurisée (Wada, Gleeson et Esnault, 2014 ; Hanasaki *et al.*, 2016).

La réutilisation des eaux usées permet d'améliorer la qualité des eaux ménagères et industrielles insalubres pour en faire une eau de qualité adaptée à différents usages. Le volume de réutilisation ou de recyclage des eaux usées a augmenté à travers le monde, en particulier pour l'agriculture, car les petits agriculteurs des zones urbaines et périurbaines des pays en développement sont largement tributaires des eaux usées ou des sources d'eau polluée par ces eaux pour irriguer les cultures à forte valeur marchande (Qadir *et al.*, 2010). Toutefois, la qualité de l'eau potable doit être améliorée, et il est essentiel d'édictier des lignes directrices sur la réutilisation de l'eau (Bixio *et al.*, 2006 ; Bixio *et al.*, 2008). Les innovations technologiques en cours (telles que les membranes) et les instruments économiques spécialisés, devraient accroître davantage l'utilisation des eaux usées dans diverses régions où les ressources en eaux de surface et souterraines sont limitées. Pour réduire les limitations des ressources en eau dans les zones urbaines ou les mégapoles, il faudra réaliser une mise à l'échelle de la réutilisation des eaux usées dans les mêmes proportions, combinée à la désalinisation de l'eau de mer (Wada, Gleeson et Esnault, 2014).

Il convient toutefois de noter que ces deux mesures reposant sur l'offre requièrent, d'une part, des investissements substantiels et, d'autre part, la modernisation des infrastructures existantes, ce qui pourrait s'avérer irréaliste dans de nombreux pays en développement (Neverre, Dumas et Nassopoulos, 2016). Par ailleurs, les solutions fondées sur la nature peuvent receler un potentiel considérable pour accroître ou réguler l'approvisionnement en eau, et ce, en réduisant la dégradation de la qualité de l'eau et en limitant les investissements économiques nécessaires (Vörösmarty *et al.*, 2010). De multiples services écosystémiques ou infrastructures durables peuvent atténuer la pollution de l'eau et accroître l'approvisionnement en eau pour les humains et les écosystèmes (Reddy *et al.*, 2015 ; Liqueur *et al.*, 2016). Ces exemples font ressortir le rôle important du développement et du déploiement de technologies et de pratiques de conservation de l'eau pour l'atteinte des cibles des ODD relatifs à l'eau (Hejazi *et al.*, 2014).

La réduction de la pollution de l'eau

L'expérience des pays développés montre qu'il est possible de réduire la pollution de l'eau. Malheureusement, on dénombre très

peu d'études sur les scénarios traitant des problèmes de pollution de l'eau et des moyens d'atteindre les cibles de durabilité futures. Il existe cependant une littérature sur la réduction de la pollution causée par les nutriments, notamment au moyen du traitement des eaux usées. Une diminution globale des rejets de nutriments n'est possible que lorsque les stations d'épuration des eaux usées sont étendues et assurent, au minimum, un traitement tertiaire dans les pays en développement et un traitement avancé dans les pays développés. Les systèmes de collecte séparée des urines peuvent réduire la pollution par les nutriments à 15 TgN/an et à 1,2 téragramme de phosphore par année (van Puijenbroek, Beusen et Bouwman, 2019). Selon les projections, lorsque tous les effluents des réseaux d'égouts feront l'objet d'un traitement tertiaire, le rejet global de nutriments reviendra aux niveaux enregistrés dans les années 1990 (Ligtvoet *et al.*, 2018). Pour les rejets de phosphore, l'on pourrait envisager une baisse supplémentaire lorsque le phosphore ne sera plus présent dans les détergents pour machines à laver et lave-vaisselle. Cette mise en conformité est désormais obligatoire dans l'Union européenne, aux États-Unis, au Japon et dans certains autres pays.

L'augmentation du rendement des cultures et de l'efficacité de l'épandage d'engrais aura un effet direct sur la charge en nutriments des cours d'eau. Toutefois, si l'on part d'une situation marquée par le faible rendement des cultures et par des apports nutritifs minimaux, la charge en nutriments des bassins versants pourrait bien augmenter dans les scénarios anticipant une évolution vers des systèmes de production alimentaire à l'image de ceux actuellement observés dans les pays industrialisés. Étant donné que les bassins versants retiennent l'azote et le phosphore, l'on peut y trouver des substances issues de pratiques de gestion antérieures. En conséquence, dans bien des cours d'eau, les concentrations d'azote ne réagissent que lentement aux gains d'efficacité réalisés dans l'épandage d'azote pour la production alimentaire. Entre autres exemples de ces effets, la qualité de l'eau en Europe est menacée par l'augmentation rapide des ratios azote-phosphore (par exemple, Romero *et al.*, 2013). Les pays en développement sont à même d'éviter ces problèmes en gérant à la fois l'azote et le phosphore et en comptabilisant le phosphore résiduel du sol, tout en évitant les effets pervers des mauvaises pratiques de gestion historiques et actuelles observées dans les pays à revenu élevé.

Les synergies et arbitrages significatifs entre mesures et cibles

On relève un certain nombre de synergies et d'arbitrages entre certaines mesures et les différentes cibles de ce domaine, dont les principaux sont présentés ci-après.

- ❖ L'accessibilité et l'utilisation accrues des services EAH améliorés et gérés en toute sécurité ont des bienfaits directs pour la santé et pour l'amélioration globale de la qualité de vie. Les femmes des pays en développement parcourent souvent de longues distances pour accéder à des systèmes d'alimentation en eau et d'assainissement – tâche qu'elles exercent bien plus que les hommes du fait des tâches domestiques qui leur incombent le plus souvent et des besoins liés à l'hygiène menstruelle (Pommells *et al.*, 2018). Cette situation rend les femmes plus vulnérables aux risques sanitaires en raison de leurs contacts fréquents avec des installations insalubres. Bien que constatant le manque de documentation concernant la prévalence des agressions et des viols commis lors de ces déplacements, les recherches se penchent de plus en plus sur ce fléau (Sorenson, Morssink et Campos, 2011 ; Watt et Chamberlain, 2011 ; Sahoo *et al.*, 2015 ; Sommer *et al.*, 2015 ; Réseau d'action pour l'eau douce d'Asie du Sud et Conseil de concertation pour l'approvisionnement en eau et l'assainissement, 2016 ; Pommells *et al.*, 2018).
- ❖ Un accès accru à l'eau potable et à un assainissement adéquat, au minimum, peut entraîner une augmentation de la demande d'eau domestique, contribuant ainsi davantage au stress

hydrique (Hanasaki *et al.*, 2013a ; Hanasaki *et al.*, 2013b ; Wada *et al.*, 2016).

- ❖ La rareté de l'eau a des incidences négatives sur l'agriculture et la biodiversité, ainsi que sur l'approvisionnement énergétique. De fait, le stress hydrique est l'un des cinq risques mondiaux les plus préoccupants selon le Forum économique mondial (Wada, Gleeson et Esnaault, 2014).
- ❖ L'agriculture, qui est la principale source de nutriments dans les bassins versants mondiaux, entraîne ainsi une eutrophisation qui se traduit par des symptômes d'hypoxie dans de nombreuses zones intérieures et côtières. On observe une tendance à la hausse des ratios azote-phosphore et à la baisse des concentrations de silice. Cette distorsion des ratios de nutriments entraîne une prolifération d'algues toxiques dans l'ensemble des bassins versants et sur le littoral océanique.
- ❖ Les installations sanitaires améliorées n'assurant aucun traitement ou qu'un simple traitement primaire des eaux usées sont les principaux pollueurs des eaux douces, du fait de leurs rejets d'azote et de phosphore (van Puijenbroek *et al.*, 2015).
- ❖ Bien qu'elle soit l'unique axe d'action pour certaines communautés touchées par les pénuries d'eau, la désalinisation est une activité énergivore qui peut compromettre les interventions visant à réduire la demande d'eau industrielle (Pinto et Marques, 2017).

22.3.4 Les océans

Les cibles retenues pour le domaine Océans sont la limitation de l'acidification des océans, la réduction de la pollution par les nutriments et la gestion durable des ressources océaniques (voir le chapitre 20). Pour ces trois cibles, les projections tendancielles évoluent dans une direction défavorable (voir le chapitre 21). Des données probantes solides attestent que la tendance actuelle au déclin des populations de poissons et à la réduction de la richesse des espèces nuit aux fonctions écologiques des océans, y compris alimentaires (Worm *et al.*, 2006). De plus, les substances nutritives des engrais utilisés pour bonifier les rendements agricoles se retrouvent dans la quasi-totalité des plans d'eau du monde, où elles favorisent l'émergence de végétaux aquatiques. En conséquence, l'hypoxie, un problème mondial croissant, se produit lorsque la consommation d'oxygène associée à la décomposition des matières organiques est plus rapide que sa diffusion à partir de la surface riche en oxygène. En outre, le fléau mondial de la prolifération des algues toxiques est sur une phase ascendante ; en témoignent le nombre de sites touchés et la gravité des effets associés à la production accrue de toxines (Glibert, 2017).

Les trajectoires de ce domaine sont étroitement corrélées aux développements à venir dans d'autres domaines. En ce qui concerne l'acidification des océans, la littérature sur les scénarios établit des liens avec le changement climatique (en l'occurrence, la réduction des émissions de CO₂ ; voir la section 22.3.2) ainsi que la pollution marine par les nutriments associée aux mesures de production agricole (section 22.3.1) et la pollution de l'eau douce (section 22.3.3). Nous examinons ici différentes mesures liées à des cibles individuelles, luttant contre l'acidification des océans et appuyant la gestion durable des océans. Nous n'avons identifié aucune étude fondée sur des scénarios portant sur la réduction de la pollution par les nutriments marins pour mettre fin à l'hypoxie et aux proliférations d'algues toxiques qui y sont associées.

Les mesures relatives à l'acidification des océans

L'acidification des océans résulte de l'absorption accrue de CO₂ dans les océans, laquelle se manifeste lorsque la concentration de CO₂ atmosphérique augmente. Billé *et al.* (2013) notent trois moyens de prévenir l'acidification des océans :

- i) réduire les concentrations de CO₂, soit en réduisant les émissions, soit en éliminant le CO₂ de l'atmosphère, par exemple par le CSC sous les fonds marins (voir la section 22.3.2) ;



- ii) limiter le réchauffement des océans ;
- iii) réduire le ruissellement des nutriments dans l'océan.

Ces auteurs proposent également des moyens d'inverser l'acidification – une fois que celle-ci a eu lieu –, notamment à l'aide d'additifs (par exemple, l'alcalinisation) et par l'assainissement écologique.

La réduction des émissions de CO₂ permet donc de diminuer directement l'acidification des océans, tandis que d'autres mesures liées aux politiques sur le climat peuvent avoir un effet indirect en réduisant la température de la surface de la mer. À titre d'exemple, Mora *et al.* (2013) constatent une réduction moins marquée du pH et de la productivité de l'océan pour la voie de concentration représentative (VCR) 4,5 que pour la VCR 8,5. De même, Bopp *et al.* (2013) constatent une baisse du pH de l'océan de seulement 0,07 et une hausse de la température de la surface de la mer de seulement 0,71 °C dans leur scénario « Politique climatique stricte », comparativement à une baisse du pH de 0,33 et une hausse de la température de la mer de 2,73 °C dans le scénario « Fortes émissions ». En fait, dans le scénario « Politique climatique stricte », les concentrations d'ions carbonate ne baissent en deçà du point de saturation dans aucun océan (Bopp *et al.*, 2013). Une concentration inférieure au point de saturation peut entraîner la dissolution des coquillages et des squelettes d'organismes marins.

La gestion durable des océans

Les pêcheries du monde entier connaissent actuellement une grave dégradation causée par la surpêche. Plusieurs scénarios portant sur l'incidence d'une gestion rigoureuse des pêches (en favorisant notamment la réduction des prises) permettent de constater que la diminution de la proportion des stocks de poissons exploités pourrait s'approcher d'une biomasse de reconstitution cible. Il s'ensuivrait également, à long terme, une augmentation du profit total généré par les pêcheries mondiales comparativement au scénario tendanciel, voire à la situation actuelle. Costello *et al.* (2016) ont analysé des données qui, bien qu'excluant les pêcheries artisanales et de petite envergure, représentent tout de même 78 % des prises mondiales. Selon leurs projections, grâce à une gestion fondée sur les droits de pêche, la mise en œuvre de politiques visant à restaurer le rendement maximal durable des prises, ou même leur rentabilité maximale, devrait permettre d'accroître les bénéfices ainsi que la biomasse des stocks de poissons par rapport au scénario de gestion tendanciel. D'ici à 2050, environ 98 % des stocks pourraient être biologiquement sains si l'on privilégie une gestion rigoureuse des pêches (Costello *et al.*, 2016).

De même, selon un scénario de faibles émissions de GES, Lam *et al.* (2016) projettent une atténuation de la baisse du potentiel de capture (4 % contre 7 % selon le scénario tendanciel), ce qui laisse penser que la politique sur le climat peut limiter les impacts du changement climatique sur les pêches mondiales. En outre, Cheung, Reygondeau et Frölicher (2016) ont pu mesurer les avantages pour les pêcheries mondiales résultant de l'atteinte de la cible de réchauffement de 1,5 °C prévue aux termes de l'Accord de Paris : chaque degré de réchauffement supérieur à cette cible se traduit par une réduction projetée de 3 tonnes métriques de prises potentielles.

Une autre façon de promouvoir une pêche plus durable et de protéger la biodiversité consiste à créer des aires protégées (Agardy, 2000). Les aires marines protégées ont tendance à accroître la biomasse de poissons (Gill *et al.*, 2017), mais l'efficacité de ces aires dans la préservation de la biodiversité fait débat (Worm *et al.*, 2006 ; Edgar *et al.*, 2014). L'efficacité des régimes d'aires protégées est étroitement liée à leur gestion et à leur application (Edgar *et al.*, 2014 ; Gill *et al.*, 2017). De plus, la mise en œuvre de meilleures stratégies de sélection des aires protégées permet d'accroître significativement l'impact de ces dernières (Davis *et al.*, 2017). Toutefois, à l'instar de la protection de la biodiversité terrestre, il est évident que l'accroissement des aires protégées ne suffira pas à lui seul à prévenir la perte de biodiversité (Mora *et al.*, 2011).

Les synergies et arbitrages significatifs entre mesures et cibles

On observe un certain nombre de synergies et d'arbitrages entre certaines mesures et les différentes cibles de ce domaine, dont les principaux sont présentés ci-après.

- ❖ La reconstitution des stocks de poissons actuels exigera de réduire les prises pendant un certain temps, ce qui pourrait amoindrir l'apport des ressources halieutiques en vue de l'élimination de la faim. Toutefois, comme on l'a vu, cette mesure se traduira par des rendements durables plus élevés sur le long terme.
- ❖ Une réduction de la pollution marine par les nutriments pourrait rendre les récifs coralliens moins vulnérables à l'acidification des océans et ralentir le passage d'une accretion nette à une érosion nette, redouté par les chercheurs (Silbiger *et al.*, 2018).
- ❖ La réduction de l'acidification des océans par la limitation des émissions de CO₂ est également primordiale pour conserver la biodiversité marine et garantir la disponibilité des ressources halieutiques, afin de réduire la faim dans le monde.

22.3.5 Le développement humain

La cible choisie pour le domaine Développement humain consiste à mettre fin aux décès évitables des enfants de moins de 5 ans (voir le chapitre 20), tout en reconnaissant que d'autres aspects liés à l'hygiène du milieu et que la prise en compte d'autres groupes d'âge sont tout aussi pertinents pour appréhender les enjeux associés à la santé humaine (voir aussi la section 20.3.1). Par exemple, l'exposition aux MP_{2,5} ambiantes était le cinquième facteur de risque de mortalité en 2015 (Cohen *et al.*, 2017 ; chapitre 5) et le plus mortel de tous les facteurs de risque environnementaux. Plus de la moitié des décès prématurés attribués à la pollution de l'air ambiant surviennent chez des personnes de plus de 50 ans, tandis que la pollution de l'air à l'intérieur des habitations, deuxième facteur de risque environnemental en importance, touche principalement les enfants et les femmes (GBD 2016 Risk Factors Collaborators, 2017 ; voir aussi la section 5.3.1). Les projections laissent entrevoir une réduction du taux mondial de mortalité infantile, toutefois insuffisante pour atteindre la cible fixée, tandis que la pollution de l'air devrait continuer à contribuer à des millions de décès prématurés chaque année (chapitre 21).

Il existe des liens étroits entre la cible de mortalité infantile et plusieurs autres cibles examinées dans le présent chapitre. Les principaux facteurs de risque sanitaire qui influent sur le taux de mortalité des moins de 5 ans sont la malnutrition (fortement corrélée à la faim), l'accès défaillant à des services EAH adéquats, la pollution de l'air intérieur et (plus indirectement) le changement climatique.

Très peu d'études portent sur la réduction de la mortalité infantile au regard d'un éventail de facteurs de risque environnementaux (citons tout de même Hughes *et al.*, 2011 ; Lucas *et al.*, 2019). La plupart des études s'intéressent aux risques individuels, en particulier la malnutrition (c'est-à-dire la prévalence de la sous-alimentation) et à la pollution de l'air ambiant. Mettre fin aux décès évitables chez les moins de 5 ans, en particulier en ce qui concerne les risques sanitaires liés à l'environnement, dépend en grande partie de l'atteinte de cibles afférentes à d'autres domaines examinés dans le présent chapitre. Toutefois, les études sur les trajectoires laissent penser qu'une planète saine ne suffit pas, à elle seule, à assurer la bonne santé des populations (Hughes *et al.*, 2011 ; van Vuuren *et al.*, 2015 ; Lucas *et al.*, 2019 ; Moyer et Bohl, 2018). L'issue positive des différentes trajectoires de réduction de la mortalité infantile dépend de leur capacité à s'attaquer aussi aux facteurs de risque non environnementaux, en réduisant les inégalités de richesse et sociales. Nous examinons ici quatre mesures d'ordre général : la réduction de l'exposition aux facteurs de risque environnementaux, la réduction de la pauvreté, l'éducation des femmes et des filles, et les soins de santé maternelle et infantile.



La réduction de l'exposition aux facteurs de risque environnementaux

Les risques évitables pour les enfants de moins de 5 ans comprennent la malnutrition (par exemple, l'insuffisance pondérale de l'enfant), l'exposition aux émissions de particules fines causant les cas de pneumonie, ainsi que les micropathogènes et vecteurs susceptibles de transmettre des maladies infectieuses telles que la diarrhée et le paludisme. Le changement climatique peut avoir un impact négatif sur plusieurs de ces facteurs de risque, notamment l'insuffisance pondérale chez les enfants (Hughes *et al.*, 2011) et le paludisme (Craig, Snow et le Sueur, 1999). Dans les sections 22.3.1 à 22.3.3, nous avons examiné en détail les mesures visant à réduire l'exposition aux facteurs de risque connexes. Nous présentons à nouveau ici certaines de ces mesures en abordant leurs impacts globaux sur la mortalité infantile.

Les interventions visant à éliminer la malnutrition (cible 2.1 des ODD) comprennent la mise à disposition accrue des aliments, notamment grâce à l'amélioration des rendements, au changement de régime alimentaire et à la réduction du gaspillage, ainsi qu'à l'amélioration de l'accès des populations démunies à la gestion alimentaire et nutritionnelle (section 22.3.1). La réduction de la consommation dans les pays à revenu élevé n'accroît pas nécessairement la disponibilité et l'accès pour les communautés pauvres. Elle a ainsi un faible impact sur la réduction de la malnutrition et de la mortalité infantile qui y est associée (Moyer et Bohl, 2018). Une combinaison de mesures favorisant la disponibilité et l'accès est donc nécessaire. Les interventions visant à réduire la pollution de l'air (cible 11.6 des ODD) comprennent la mise en place de contrôles efficaces de la pollution de l'air, la production de véhicules plus propres, l'amélioration des transports publics et l'incitation à utiliser des modes de transport actif par l'accessibilité des voies piétonnes et des pistes cyclables. Citons également la réduction de la pollution à l'intérieur des habitations en privilégiant l'accès à des combustibles et des fourneaux plus propres (cible 7.1 des ODD) (section 22.3.2). Pour les enfants de moins de 5 ans, la baisse de la pollution de l'air intérieur des habitations par l'abandon progressif de la combustion de biomasse traditionnelle dans des feux ouverts ou des fourneaux traditionnels peut être bénéfique pour la santé à bien des égards. Enfin, les interventions visant à réduire l'exposition aux agents pathogènes microbiens comprennent la bonification de l'accès et des connaissances en matière de services EAH gérés en toute sécurité (cibles 6.1 et 6.2 des ODD) (Landrigan *et al.*, 2018, p. 40) (section 22.3.3).

En intervenant sur ces trois facteurs de risque, on réduit les risques de mortalité des enfants de moins de 5 ans liés à l'environnement, ce qui entraîne une diminution effective de la mortalité due à la malnutrition, à la diarrhée, à la pneumonie et à d'autres maladies infectieuses courantes (telles que le paludisme). Toutefois, même l'atteinte de toutes les cibles environnementales pertinentes des ODD d'ici à 2030 ne permettrait pas d'atteindre la cible de mortalité des moins de 5 ans (Hughes *et al.*, 2011 ; van Vuuren *et al.*, 2015 ; Lucas *et al.*, 2019 ; Moyer et Bohl, 2018). Lucas *et al.* (2019) montrent qu'à l'échelle mondiale, la réalisation des cibles des ODD liées à la santé (concernant la nutrition des enfants, l'accès à une eau potable et à un assainissement amélioré, ainsi que l'accès à des services énergétiques modernes) permettrait d'éviter environ 440 000 décès d'enfants en 2030, réduisant ainsi d'environ 8 % la mortalité des moins de 5 ans à l'horizon 2030. Hughes *et al.* (2011) concluent qu'entre 2005 et 2060, environ 131,6 millions de décès cumulés d'enfants (23 % du nombre total de décès liés aux maladies transmissibles) pourraient être évités en réduisant progressivement l'insuffisance pondérale chez les enfants, l'insalubrité des services EAH de piètre qualité, la pollution de l'air à l'intérieur des habitations et le changement climatique mondial.

La réduction de la pauvreté

La mauvaise santé et la pauvreté sont inextricablement liées (Aber *et al.*, 1997 ; Yoshikawa, Aber et Beardslee, 2012). En fait, si la pauvreté est généralement considérée à partir de la mesure des

revenus, on peut également la définir en termes de privation relative d'un éventail de capacités, dont la bonne santé, mais également un niveau avancé de scolarité (Hulme et Shepherd, 2003 ; Alkire, 2007). La pauvreté, entendue comme synonyme de revenus faibles, a des répercussions négatives sur la santé et l'éducation, entraînant des privations supplémentaires (Hulme et Shepherd, 2003). Inversement, l'élimination de l'extrême pauvreté (cible 1.1 des ODD) et, partant, la progression des revenus des ménages pauvres peuvent améliorer la santé, en particulier celle des enfants de moins de 5 ans.

L'éducation des femmes et des filles

Une éducation équitable, inclusive et de qualité (ODD 4), en particulier celle des femmes, est fortement corrélée à la réduction de la mortalité infantile. De plus, la hausse du niveau de scolarité est associée à un meilleur état de santé général, à la baisse du taux de fécondité, à la croissance économique accrue, à la réduction du niveau de pauvreté et à la consolidation de la démocratie (Dickson, Hughes et Irfan, 2010 ; Lutz et Samir, 2013 ; Dickson, Irfan et Hughes, 2016). On peut attribuer plus de la moitié de la baisse de la mortalité infantile survenue entre 1970 et 2009 à la hausse du niveau de scolarité des femmes en âge de procréer (Gakidou *et al.*, 2010). Lucas *et al.* (2019) montrent qu'une stratégie globale comprenant l'éducation universelle des femmes, l'accès à l'eau potable courante, l'élimination totale de l'utilisation de la biomasse pour la cuisson et la lutte affirmée contre le paludisme pourra éviter 777 000 décès d'enfants à l'horizon 2030 – soit une baisse d'environ 13 % du taux de mortalité infantile prévu à cet horizon. Selon les projections, c'est l'Afrique subsaharienne qui sera la première à bénéficier de ces progrès en matière de santé.

Les soins de santé maternelle et infantile

La réduction de la mortalité infantile est indissociable du déclin de la mortalité maternelle : la santé maternelle et néonatale est déterminante pour la santé future de l'enfant. Afin de réduire la mortalité infantile, il faut donc également s'attaquer à d'autres cibles des ODD : réduire la mortalité maternelle elle-même (cible 3.1), accroître l'accès aux services de planification familiale et réduire le taux de natalité chez les adolescentes (cible 3.7), mettre en place une couverture sanitaire universelle (cible 3.8) ou encore enregistrer toutes les naissances auprès d'une autorité civile (cible 16.9) (Fonds des Nations Unies pour l'enfance [UNICEF], 2015 ; OMS et UNICEF, 2017). Le recours accru à la contraception dans les pays en développement a réduit le taux de mortalité maternelle de 26 % au cours de la décennie écoulée, en diminuant le nombre de grossesses non désirées – un chiffre qui pourrait être réduit de 30 % supplémentaires si l'on parvenait à répondre aux besoins non satisfaits (Cleland *et al.*, 2012). En outre, l'accès à la contraception moderne réduit directement la mortalité infantile. Et pour cause, l'allongement de l'intervalle entre les grossesses fait baisser la probabilité d'un accouchement prématuré et d'une insuffisance pondérale à la naissance. Rappelons que la probabilité de décès est plus élevée chez les nourrissons ayant un frère ou une sœur de moins de 2 ans (Cleland *et al.*, 2012).

Les synergies et arbitrages entre les mesures et le développement socio-économique

Outre l'amélioration évidente de la qualité de vie des populations à travers le monde, l'amélioration de la santé peut également avoir d'importantes répercussions sur la démographie (Lee, 2003 ; Hughes *et al.*, 2011) et le développement économique (van Zon et Muysken, 2003 ; Bloom, Canning et Sevilla, 2004 ; Ashraf, Lester et Weil, 2008 ; Suri *et al.*, 2011).

- ❖ Une réduction de la mortalité infantile est généralement suivie d'une baisse du taux de fécondité, avec un décalage d'environ dix ans (Angeles, 2010 ; Bohl, Hughes et Johnson, 2016). Il en résulte des conséquences transformatrices pour la structure démographique des régions concernées (c'est-à-dire une augmentation de la population d'âge actif, suivie d'un vieillissement de la population). C'est le cas notamment de l'Afrique subsaharienne et de l'Asie du Sud, qui affichent



actuellement des taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans et des taux de fécondité relativement élevés (Bohl, Hughes et Johnson, 2016). Lorsque le taux de croissance de la population d'âge actif dépasse celui de la population jeune, l'expansion de la population active ouvre la voie à des perspectives économiques ; c'est ce que l'on appelle le « dividende démographique » (Bloom *et al.* 2009 ; Lee et Mason 2011 ; voir aussi le chapitre 2). Pendant cette phase, le fardeau budgétaire associé à la prestation de services aux jeunes (et aux personnes âgées) est réduit au minimum, tandis que la productivité économique globale tend à augmenter (Lee et Mason, 2011). Toutefois, la croissance de la population âgée peut générer de nouvelles contraintes budgétaires et exercer des pressions plus fortes sur les services de santé et les services sociaux (Tabata, 2005 ; Lee et Mason, 2011 ; Bohl, Hughes et Johnson, 2016 ; Burrows, Bohl et Moyer, 2017).

- ❖ La réduction de la mortalité entraîne souvent une diminution de la morbidité de la population d'âge actif (Hughes *et al.*, 2011), ce qui accroît davantage la productivité économique globale et attire les investissements étrangers dans une économie grâce à la réduction de l'incertitude frappant le marché du travail (Jamison *et al.*, 2006 ; Hughes *et al.*, 2011). L'amélioration des résultats sanitaires peut également accroître le taux de fréquentation scolaire, les aptitudes cognitives et les résultats scolaires des élèves (Baldacci *et al.*, 2004 ; Soares, 2006 ; Ashraf, Lester et Weil, 2008) ; le capital humain, ainsi que la productivité et l'économie dans son ensemble en bénéficient lorsque ces enfants rejoignent les segments de la population active (Hughes *et al.*, 2011).
- ❖ La baisse de la mortalité infantile, en particulier lorsqu'elle est associée à l'éducation des femmes et à l'accès à la contraception moderne, tend à entraîner une baisse des taux de fécondité à plus long terme, freinant ainsi la croissance démographique, qui constitue l'un des principaux facteurs de la dégradation de l'environnement (Angeles, 2010 ; Gakidou *et al.*, 2010).

22.4 Une approche intégrée

Dans les sections précédentes, nous avons examiné les moyens d'atteindre un ensemble de cibles environnementales des ODD (le mode de sélection des cibles est exposé au chapitre 20), et avons montré, pour plusieurs de ces cibles, qu'il était possible de déterminer quelles trajectoires pourraient mener à leur réalisation d'ici à 2030 ou à 2050, ou, du moins, entraîner une amélioration significative. Nous examinons ici certains résultats globaux de cette analyse et présentons une analyse approfondie des principales synergies et arbitrages qui prévalent entre les différents domaines.

22.4.1 Le changement transformateur

L'analyse démontre que, dans tous les domaines, des améliorations marginales ne suffiront pas et que des changements importants et transformateurs sont nécessaires pour atteindre les différentes cibles, notamment des gains significatifs d'efficacité dans l'utilisation des ressources (rendements) mais aussi de l'eau, de l'énergie et de l'azote (**tableau 22.1**). Par exemple, pour atteindre les cibles touchant l'accès à l'énergie, le changement climatique et la pollution de l'air, il faudrait dissocier les émissions de CO₂ de la croissance économique à un rythme de 4 à 6 %/an au cours des trois prochaines décennies. En comparaison, le rythme de dissociation historique n'est que de 1 à 2 %/an ; il s'agit donc de tripler ce taux empirique. En outre, en l'absence de mesures axées sur la demande, il faudrait augmenter la productivité agricole d'environ 1,4 %/an en moyenne pour éliminer la faim dans le monde tout en freinant la perte de la biodiversité. Si, dans ce cas, les gains d'efficacité requis sont comparables aux taux historiques, il est cependant manifeste i) qu'ils seront de plus en plus difficiles à réaliser à l'avenir, la plupart des avancées à portée de main ayant déjà été réalisées, et ii) que la production agricole devra respecter les principes de durabilité, notamment grâce à une baisse de la consommation d'eau et de nutriments.

Nous avons indiqué plus haut que des changements technologiques et de modes de vie ainsi que le recours à des approches multiniveaux étaient envisageables. Les mesures examinées dans le présent chapitre s'inscrivent dans la lignée de ces approches. Toutefois, compte tenu de l'ampleur de la transition requise, il semble bien plus probable qu'une combinaison de ces stratégies nous aidera à parvenir au niveau de transformation nécessaire. Ajoutons que les stratégies mises en œuvre pour débloquer le potentiel porté par l'une ou l'autre de ces approches n'ont pas été très probantes à ce jour. Les AME existants n'ont pas entraîné de rupture avec le passé (partie A et chapitre 21). Il importe donc de veiller à ce que les acteurs s'intéressent suffisamment à la mise en œuvre d'un ensemble de stratégies variées. Cet intérêt sera dicté, notamment, par les arbitrages et les synergies à opérer entre les différentes mesures.

22.4.2 Les synergies et les arbitrages

Les sections 22.3.1 à 22.3.5 traitent des interactions entre les mesures et les cibles dans les cinq domaines. Toutefois, un large éventail de synergies et d'arbitrage existe entre ces domaines. Les ODD et leurs cibles forment un réseau complexe de liens qui ne sont pas explicites à première vue (Conseil international pour la science et Conseil international des sciences sociales ; 2015 ; Le Blanc, 2015).

Tableau 22.1 : Tendances en matière d'efficacité de l'utilisation des ressources – données de référence (chapitre 21) et trajectoires vers l'atteinte des cibles (chapitre 22)

Cible	Indicateur	Scénarios de référence (chapitre 21)	Trajectoires durables ^a (chapitre 22)
Accroître la productivité agricole (section 22.3.1)	Taux d'amélioration totale des rendements au fil du temps	1 %/an (2010-2050)	1,4 %/an (2010-2050)
Accroître l'efficacité de l'utilisation des nutriments (section 22.3.1)	Ratio entre les apports totaux en azote et le rendement des cultures fertilisées à l'azote	0,55 en 2050	0,67 en 2050
Utiliser plus efficacement les ressources en eau (section 22.3.3)	Évolution de l'efficacité de l'utilisation de l'eau dans le temps	De 0,3 à 1 % (2010-2050)	De 0,5 à 1,2 % (2010-2050)
Accroître la part des énergies renouvelables (section 22.3.2)	Part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale totale	De 20 à 30 % en 2050	De 30 à 60 % ^b en 2050
Accroître l'efficacité énergétique (section 22.3.2)	Réduction de l'intensité énergétique au fil du temps (mesurée en termes d'énergie primaire et de PIB)	De 1 à 2,5 % (2010-2050)	De 2,2 à 3,5 % (2010-2050)

^a Les trajectoires décrites dans la littérature spécialisée et examinées dans le présent chapitre ne permettent pas d'atteindre toutes les cibles retenues, présentées au chapitre 20 (voir les sections 22.3.1 à 22.3.5).

^b Les énergies renouvelables englobent le spectre complet des sources d'énergie renouvelable et les réductions d'émissions hors CO₂ dans les scénarios d'atténuation dérivés des scénarios des SSP (voir la section 3.2.2).

La compréhension des interconnexions, au-delà des domaines qui nous intéressent ici, est d'une importance cruciale pour une mise en œuvre synergique et pour cohérente des politiques (Nilsson, Griggs et Visbeck, 2016 ; Initiative « Le monde en 2050 », 2018). La prise en compte des liens peut contribuer à améliorer l'efficacité de la mise en œuvre et, dans une certaine mesure, à réduire le fardeau et le coût total sous-tendant l'atteinte de chaque cible (Elder, Bengtsson et Akenji, 2016). En outre, elle peut aider à regrouper de façon raisonnée des cibles à atteindre conjointement (Weitz *et al.*, 2018).

L'analyse de la dimension intégrée des ODD constitue un domaine de recherche depuis leur adoption en 2015. Jusqu'ici, toutefois, seules quelques études généralistes ont analysé les interactions entre tous les ODD (par exemple, Prahdan *et al.*, 2017 ; Zhou et Moinuddin, 2017). Les écueils de telles études tiennent au fait qu'elles ne portent généralement pas sur des mesures particulières, qu'elles délaissent tout aspect prospectif et qu'elles ne peuvent qu'établir des corrélations entre les objectifs, sans en établir la causalité. Les études qui tiennent compte de ces éléments dans leur analyse mettent généralement l'accent sur un sous-ensemble des ODD (Conseil international pour la science, 2017 ; van Vuuren *et al.*, 2015) ou sur un thème particulier tel que l'énergie (McCollum *et al.*, 2018 ; Nerini *et al.*, 2018), l'atténuation des effets du changement climatique (von Stechow *et al.*, 2016), la pollution de l'air (Elder et Zusman, 2016), l'utilisation des terres et la sécurité alimentaire (Obersteiner *et al.*, 2016 ; Conijn *et al.*, 2018), les océans (Singh *et al.*, 2017) ou les services écosystémiques (Wood *et al.*, 2018).

Ces études s'appuient soit sur la littérature existante – à l'image du présent chapitre –, soit sur une modélisation dédiée.

Dans l'ensemble, ces études relèvent davantage de synergies que d'arbitrages au sein des ODD et de leurs cibles et entre ces derniers. Il n'en reste pas moins que de nombreuses interactions ne peuvent être appréhendées qu'à l'aune du contexte où elles interviennent (Nilsson, Griggs et Visbeck, 2016 ; Weitz *et al.*, 2018). Il existe des liens multiples entre deux cibles, ainsi que des interactions potentiellement différentes et parfois conflictuelles. De plus, les résultats dépendent, entre autres facteurs, de la gouvernance et du contexte géographique, ainsi que de l'horizon temporel considéré (Nilsson *et al.*, 2018). Une analyse complète de toutes les interactions entre les mesures et les cibles examinées dans le présent chapitre nécessite donc une analyse ciblée et contextualisée, ce qui dépasse le cadre du rapport GEO-6. Dans la présente section, nous approfondirons donc certaines interactions entre les mesures et les cibles des différents domaines qui sont considérées comme significatives au sein de la littérature sur les scénarios.

Le **tableau 22.2** donne un aperçu général des mesures comportant des effets substantiels de synergie ou des arbitrages déterminants avec l'ensemble des cibles, à partir des évaluations par scénarios présentées aux sections 22.3.1 à 22.3.5 et d'un examen rapide présenté dans l'**encadré 22.5**. Dans cet ensemble, nous avons sélectionné des mesures clés comportant des synergies et des arbitrages de première importance, en vue d'un examen approfondi.

Tableau 22.2 : Mesures présentant des synergies ou des arbitrages clés pour l'ensemble des cibles retenues

	Synergies	Arbitrages
Examinées dans le présent chapitre	Éducation (des femmes) Réduction de la demande de produits agricoles par la réduction des pertes et du gaspillage, le changement de régime alimentaire et la gestion de la nutrition Réduction de la pollution de l'air	Atténuation basée sur l'utilisation des terres, y compris le déploiement à grande échelle de la bioénergie Intensification de l'agriculture Politique environnementale (conflit potentiel avec l'éradication de la pauvreté)
Autres exemples	Amélioration de l'efficacité des ressources énergétiques, terrestres et hydriques (malgré l'existence d'un risque d'effets de rebond) Évolution vers des énergies renouvelables autres que la biomasse (par exemple, l'éolien et le solaire) Remise en état des écosystèmes Gestion intégrée des ressources en eau	Concurrence pour les ressources rares Développement économique (pouvant entraîner une demande accrue de ressources) Désalinisation



Encadré 22.5 : Aperçu des interactions entre les mesures et cibles retenues

Pour esquisser les nombreuses interactions entre les mesures et cibles retenues qui ont été abordées dans le présent chapitre, une évaluation par des experts a été réalisée sous la houlette des auteurs de ce chapitre. Cette évaluation a été comparée à la littérature sur le sujet et aux commentaires des auteurs de la partie A du rapport GEO-6. Il a été demandé aux experts de noter les interactions selon l'échelle à sept points de Nilsson, Griggs et Visbeck (2016). Chaque interaction s'est vu attribuer une note allant de la plus positive (la mesure a un lien inextricable avec l'atteinte de la cible) à la plus négative (la mesure empêche l'atteinte de la cible). Le résultat (la moyenne des différentes notes des experts) est présenté à la **figure 22.9**.

L'analyse fait ressortir des tendances claires. La plupart des interactions touchent les différentes mesures et cibles qui traitent du changement climatique et de la perte de biodiversité. En outre, comme l'indiquaient les conclusions d'études antérieures sur les interactions, l'on relève davantage de synergies que d'arbitrages. Les synergies les plus fortes s'observent entre des mesures et des cibles d'un même domaine (voir l'analyse des synergies et des arbitrages associés à chacun des domaines individuels à la section 22.3). Enfin, les mesures d'amélioration des rendements, l'utilisation de la bioénergie et la désalinisation requièrent des arbitrages évidents avec un large éventail de cibles. Toutefois, aucun des experts n'a attribué la note la plus négative, ce qui donne à penser que ces arbitrages pourraient être opérés grâce à des mesures d'atténuation supplémentaires.

L'analyse conclut également que l'ampleur des interactions n'est pas toujours évidente à cerner. Pour de nombreuses interactions, les experts affichent des désaccords à différents niveaux. Ces derniers découlent en partie d'hypothèses différentes concernant le contexte général dans lequel les mesures sont prises. Ajoutons à cela le fait que plusieurs mesures peuvent présenter à la fois des synergies et des besoins d'arbitrage, lesquels doivent faire l'objet d'une évaluation quant à leur degré d'adéquation. Un exercice similaire proposé dans le cadre d'une étude et axé sur les ODD relatifs à la santé, à l'énergie et aux océans, permet de conclure que les interactions dépendent de facteurs clés tels que le contexte géographique, les dotations en ressources, l'horizon temporel et la gouvernance (Nilsson *et al.*, 2018). Le **figure 22.9** ne présente donc qu'un aperçu ou examen rapide des principales interactions en jeu. Une analyse plus pointue serait nécessaire pour en tirer des conclusions applicables aux politiques. Cette analyse comprendrait des examens systématiques ainsi qu'un compte rendu des études menées sur le codage au regard des interactions ciblées et de la modélisation intégrée des évaluations ; il s'agit d'actualiser l'analyse des interconnexions en élargissant le spectre des sous-systèmes, que ce soit à l'échelle interne ou transversale (voir aussi Nilsson *et al.*, 2018).



Figure 22.9 : Examen rapide des synergies et des corrélations négatives entre les mesures et les cibles retenues

Domaine	Catégorie de mesure	ODD 1.1 : Éliminer complètement l'extrême pauvreté	ODD 2.1 : Éliminer la faim	ODD 3.2 : Éliminer les décès évitables de nouveau-nés et d'enfants de moins de 5 ans	ODD 6.1 et 6.2 : Assurer l'accès universel à l'eau potable et à des services d'assainissement	ODD 6.3 : Améliorer la qualité de l'eau	ODD 6.4 : Remédier à la pénurie d'eau	ODD 7.1 : Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables et modernes	ODD 13 : Lutter contre les changements climatiques	ODD 13: Lutter contre les changements climatiques	ODD 14.1 : Réduire la pollution marine par les nutriments	ODD 14.3 : Réduire l'acidification des océans	ODD 14.4 : Gérer les ressources océaniques de manière durable	ODD 15.3 : Parvenir à un monde sans dégradation des terres	ODD 15.5 : Mettre un terme à l'appauvrissement de la biodiversité
Agriculture, alimentation, terres et biodiversité	Réduction du gaspillage alimentaire	+	+												
	Amélioration du rendement	+	+				-								
	Gestion de la nutrition	+	+												
	Accès aux aliments	+	+												
	Changement de régime alimentaire	+	+												
	Perturbation minimale des terres	+	+											+	
	Propriété des terres	+	+												
	Protection des écosystèmes terrestres	+	+												+
	Planification de l'utilisation du sol	+	+												
	Gestion des forêts	+	+												
Énergie, air et climat	Accès à l'énergie amélioré	+	+					+							
	Changement de comportement	+	+												
	Électrification des foyers	+	+												
	Technologies à émissions faibles ou nulles	+	+												
	Bioénergie	+	-		-	-	-							-	-
	Amélioration de l'efficacité énergétique	+	+												
	Technologies à émissions négatives	+	+												
	Lutte contre la pollution de l'air	+	+												
Eau douce	Réduction des émissions hors CO ₂	+	+												
	Utilisation efficace de l'eau	+	+				+								
	Amélioration de l'accès aux services d'eau, d'assainissement et d'hygiène	+	+												
	Traitement des eaux usées	+	+												
	Normes de qualité de l'eau	+	+												
	Désalinisation	+	+					-							
Océans	Gestion intégrée des ressources en eau	+	+												
	Pêche durable	+	+												
	Réglementation des océans	+	+												
Bien-être humain	Protection des écosystèmes marins	+	+												+
	Réduction de la pauvreté	+	+												
	Soins de santé maternelle et infantile	+	+												
	Éducation	+	+												

Échelle de Nilsson

- A un lien inextricable avec l'atteinte de la cible
- Favorise l'atteinte de la cible
- Crée des conditions propices à l'atteinte de la cible
- Aucune interaction significative
- Restreint les possibilités d'atteindre la cible
- Entrave l'atteinte de la cible
- Empêche complètement l'atteinte de la cible

Source : Les cotes ont été établies par les experts, selon l'échelle à sept points de Nilsson, Griggs et Visbeck (2016).

Les mesures retenues qui présentent d'importantes synergies avec les différentes cibles

L'éducation

L'éducation est un droit fondamental de la personne (Déclaration universelle des droits de l'homme, article 26). Elle constitue en elle-même un ODD (l'ODD 4) et, au même titre que la santé, une mesure du développement humain (Programme des Nations Unies pour le développement [PNUD], 2016). Une éducation de meilleure qualité a des effets synergiques considérables sur les cibles relatives au bien-être et à l'environnement (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture [UNESCO], 2017). L'éducation, en particulier celle des femmes, a un lien évident avec les résultats sanitaires. En effet, elle peut avoir un impact significatif sur la santé des enfants, par la réduction de la malnutrition (Smith et Haddad, 2000 ; Marmot, Allen et Goldblatt, 2010) et par l'amélioration de l'hygiène. Plus de la moitié de la baisse de la mortalité infantile entre 1970 et 2009 est attribuable à la hausse du niveau de scolarité des femmes en âge de procréer (Gakidou *et al.*, 2010). Ajoutons que la hausse du niveau de scolarité est associée à la baisse du taux de fécondité, à l'accélération de la croissance économique et de la réduction de la pauvreté, ainsi qu'à l'avancement de la démocratie (Dickson, Hughes et Irfan, 2010 ; Lutz et Samir, 2013 ; Dickson, Irfan et Hughes, 2016). L'amélioration des indicateurs de l'éducation interagit indéniablement sur la croissance économique et la réduction de la pauvreté (Hulme et Shepherd, 2003 ; Verner, 2004 ; Awan *et al.*, 2011 ; Cremin et Nakabugo, 2012 ; PNUD, 2016). Une meilleure scolarisation facilite également l'adaptation au changement climatique ainsi qu'à la fréquence et à la gravité accrues des catastrophes naturelles (Cordero, Todd et Abellera, 2008 ; Kagawa et Selby, 2012 ; Chang, 2015). L'éducation au changement climatique – outre qu'elle contribue au renforcement des capacités pour les décideurs – donne aux citoyens les moyens de mettre en œuvre leurs propres stratégies d'adaptation, en leur apportant les outils pour comprendre la complexité des problèmes et percevoir les risques (Mochizuki et Bryan, 2015). L'éducation peut également faciliter l'accès aux services EAH ainsi que la gestion rationnelle des écosystèmes d'eau douce (Çoban *et al.*, 2011 ; Michelsen et Rieckmann, 2015 ; Karthe *et al.*, 2016).

Le changement de régime alimentaire

Le changement de régime alimentaire, en particulier une consommation réduite de ruminants, opère en synergie avec la réalisation de plusieurs cibles environnementales. En outre, il peut contribuer à éliminer la faim et à améliorer la santé humaine, en ayant une incidence minimale sur la dégradation des terres et la biodiversité. En particulier, le changement de régime alimentaire peut freiner l'expansion des terres cultivées (Stehfest *et al.*, 2009 ; Tilman et Clark, 2014) et accroître dans le même temps l'offre de produits alimentaires (Foley *et al.*, 2011). Qui plus est, il peut entraîner une réduction des émissions de GES, de la pollution et de la consommation d'eau, mais aussi une amélioration de la santé. Les changements alimentaires réduisent les émissions de méthane dues à l'alimentation du bétail, les émissions de N₂O et d'ammoniac associées à l'épandage d'engrais, et celles de CO₂ qui découlent de la conversion des terres en terres agricoles (Stehfest *et al.*, 2009 ; van Vuuren *et al.*, 2017a). La baisse significative des émissions de GES associée au changement de régime alimentaire peut atteindre des proportions de l'ordre de 70 à 80 % (Aleksandrowicz *et al.*, 2016). La réduction des émissions de méthane a également des effets positifs sur la qualité de l'air, car le méthane est un précurseur de la pollution par l'ozone. La réduction de l'épandage d'engrais azotés associée aux changements de régime alimentaire présente l'avantage connexe d'améliorer la qualité de l'air et la santé, car elle réduit les émissions d'ammoniac et la formation subséquente de particules fines (Zhao *et al.*, 2017 ; Giannadaki *et al.*, 2018). La réduction de l'épandage d'engrais azotés liée aux changements de régime alimentaire a également des effets positifs sur la qualité de l'eau. La consommation d'eau peut diminuer de 50 % (Aleksandrowicz *et al.*, 2016 ; Jalava *et al.*, 2016 ; Bijl *et al.*, 2017 ; van Vuuren *et al.*, 2017a). Enfin, le changement de

régime alimentaire visant à freiner la consommation de produits d'origine animale fait baisser les taux de mortalité, toutes causes confondues (Milner *et al.*, 2015 ; Aleksandrowicz *et al.*, 2016 ; Springmann *et al.*, 2018). Notons que certains chercheurs ont constaté que la réduction de la consommation de viande dans les pays à revenu élevé n'engendrait pas d'augmentation significative de la disponibilité et de l'accessibilité alimentaires dans les communautés pauvres (Moyer et Bohl, 2018). Pour être efficaces, les mesures visant à infléchir les régimes alimentaires doivent tenir compte du contexte régional et du niveau de développement (Forum économique mondial, 2017).

La lutte contre la pollution de l'air

La réduction de la pollution atmosphérique a des incidences positives évidentes sur la santé humaine. Toutefois, elle est également en synergie avec les enjeux liés à la production agricole, à la biodiversité et au changement climatique. L'ozone est un oxydant puissant qui pénètre dans les végétaux par les feuilles et endommage la végétation par ses effets sur la photosynthèse et d'autres fonctions physiologiques des plantes. Les liens entre la concentration d'ozone, la productivité des forêts et les rendements agricoles ont fait l'objet de plusieurs études (par exemple, Ainsworth *et al.*, 2012 ; Taihelm *et al.*, 2014). Sur la période 2010-2012, on estime que l'ozone a réduit le rendement moyen du blé de 9,9 % dans l'hémisphère Nord et de 6,2 % dans l'hémisphère Sud (Mills *et al.*, 2018). Shindell *et al.* (2012) ont quantifié la baisse de concentration de l'ozone et, partant, l'amélioration des rendements, de la production et de la valeur agricoles qui résultent des mesures de réduction des émissions de carbone noir et de méthane. Ces auteurs constatent que les mesures de lutte contre les émissions de méthane et de carbone noir génèrent respectivement une augmentation de la production d'environ 27 et 24 millions de tonnes. Avnery, Mauzerall et Fiore (2013) indiquent que la limitation des émissions de méthane pourrait accroître la production nord-américaine de blé, de maïs et de soja de près de 3,7 millions de tonnes à l'horizon 2030. Capps *et al.* (2016) montrent que la réduction des émissions d'oxydes d'azote (NO_x) – une externalité positive de la limitation des émissions de CO₂ des centrales électriques au charbon aux États-Unis – pourrait atténuer la perte de productivité potentielle (due à l'exposition à l'ozone) des cultures et de l'arboriculture, de 16 et 13%, respectivement. La réduction des émissions de SO₂ et de NO_x entraîne une diminution des dépôts acides et d'azote et a des impacts subséquents sur les écosystèmes, notamment l'eutrophisation (Greaver *et al.*, 2012).

Les mesures retenues qui nécessitent des arbitrages importants avec les différentes cibles

L'atténuation par les mesures d'utilisation des terres

La quasi-totalité des scénarios climatiques conformes à l'Accord de Paris repose sur un recours substantiel à des mesures d'atténuation fondées sur l'utilisation des terres (voir également l'encadré 22.2) : recours à la bioénergie, déforestation minimale et politiques de boisement/reboisement. Les émissions négatives (bioénergie plus CSC et boisement) y jouent un rôle particulier – un impératif, semble-t-il pour l'atteinte des cibles climatiques strictes, du moins celles qui autorisent des émissions plus élevées à court terme (Fuss *et al.*, 2014 ; van Vuuren *et al.*, 2017a). L'atténuation par les mesures d'utilisation des terres peut avoir des répercussions notables sur d'autres cibles de la durabilité, en particulier la sécurité alimentaire et la protection de la biodiversité terrestre (Wicke, Reilly *et al.*, 2012 ; Calvin *et al.*, 2014 ; Popp *et al.*, 2014 ; Smith *et al.*, 2016 ; Heck *et al.*, 2018). Par exemple, les trajectoires à forte consommation de bioénergie peuvent avoir un impact négatif sur la dégradation des terres et la biodiversité, car elles entraînent généralement une hausse des prix des aliments et une réduction de la superficie du couvert forestier et des terres naturelles. Les trajectoires prévoyant un boisement important pourraient créer une synergie avec la réduction de la perte de biodiversité, mais elles risquent aussi d'exacerber la concurrence pour les terres et, éventuellement, la hausse des prix des aliments. L'utilisation de la bioénergie pourrait également accroître la demande d'eau



et favoriser l'épandage d'engrais, lequel exacerberait le risque d'eutrophisation associé au ruissellement d'azote et de phosphore (voir notamment Gerbens-Leenes, Hoekstra et van der Meer, 2009 ; Hejazi *et al.*, 2015 ; Mouratiadou *et al.*, 2016).

La bioénergie figure parmi les principales options envisagées pour les systèmes énergétiques futurs, mais la croissance mondiale du commerce et de la consommation bioénergétiques s'est accompagnée d'une prudence de plus en plus affirmée quant aux impacts environnementaux, écologiques et sociaux des modes de production bioénergétique modernes (Wicke, 2011). Par exemple, les arbitrages entre la bioénergie et la sécurité alimentaire, de même qu'entre les impacts de la biomasse sur la réduction de la pauvreté et sur l'environnement, sont monnaie courante (Wicke, 2011 ; Smith *et al.*, 2016). Yamagata *et al.* (2018) font état d'arbitrages entre les enjeux liés à l'eau, à l'alimentation et aux écosystèmes dans le cadre de scénarios d'émissions négatives de CO₂ à l'échelle mondiale. Ces auteurs relèvent trois conflits non résolus :

- ❖ la conversion à grande échelle de terres destinées aux cultures vivrières en cultures biologiques pluviales entraîne une perte considérable de la production alimentaire ;
- ❖ lorsque l'irrigation est appliquée à la production de cultures biologiques, la productivité des cultures bioénergétiques s'en

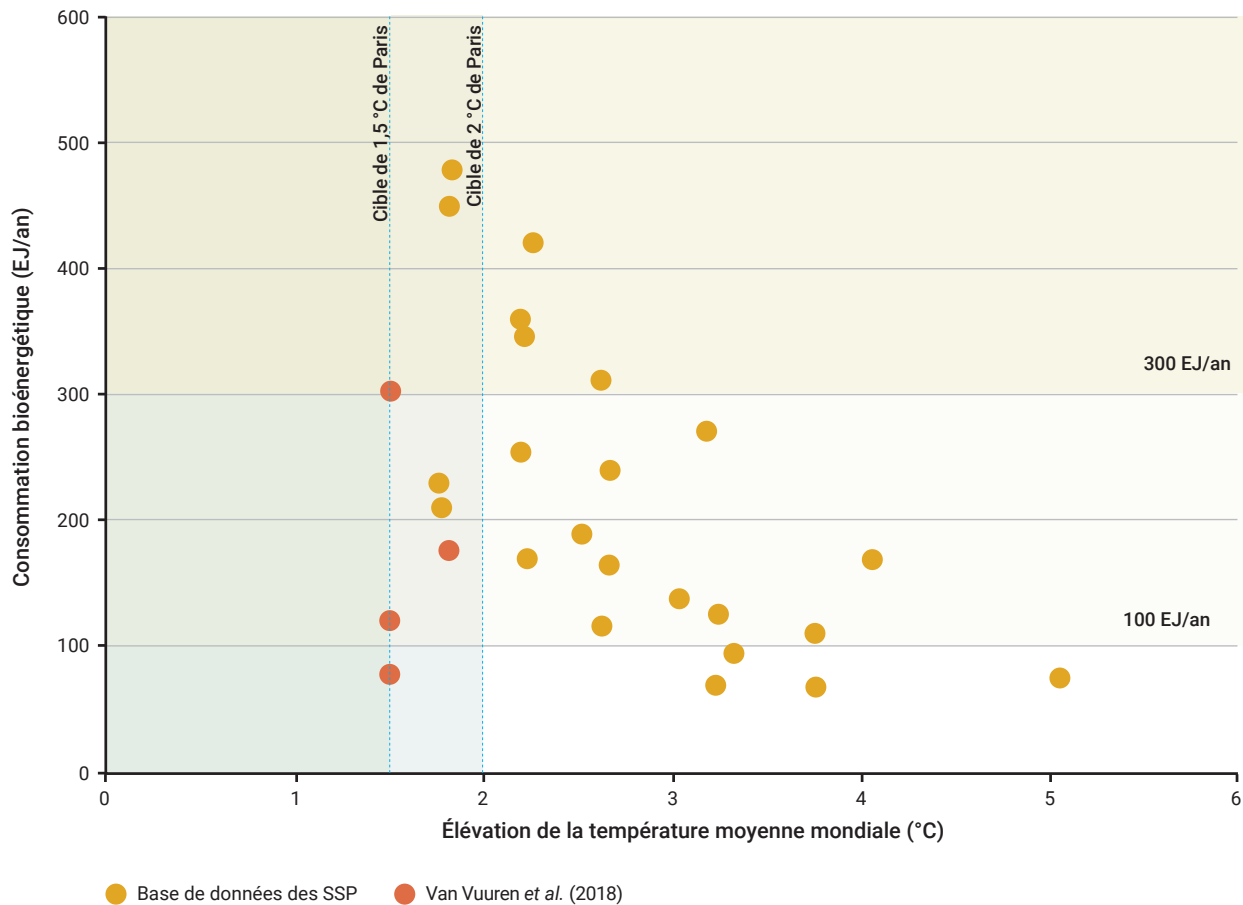
trouve améliorée ; l'irrigation réduit de moitié la superficie nécessaire à la production de cultures biologiques, mais la consommation d'eau est alors doublée, ce qui accroît la rareté de l'eau et l'épuisement des eaux souterraines ;

- ❖ si l'on autorise la conversion de terres forestières en cultures bioénergétiques, de vastes pans de la forêt tropicale pourraient disparaître au profit de la production de cultures bioénergétiques, ce qui causerait une diminution alarmante du stock de carbone et des services écosystémiques connexes, ainsi qu'une augmentation des émissions de CO₂ dues au changement d'affectation des terres.

Il faudra accorder davantage d'attention aux avantages connexes des activités de conservation de la biodiversité et d'atténuation des effets du changement climatique afin d'optimiser les nombreux atouts de la durabilité.

La **figure 22.10** montre que dans la majorité des scénarios, le recours à la bioénergie augmente lorsque les cibles climatiques sont plus strictes. Dans la base de données des SSP, en effet, tous les scénarios conformes aux cibles de l'Accord de Paris conduisent à une demande bioénergétique de plus de 200 exajoules par an (EJ/an) en 2050. Auparavant, le GIEC avait fait une évaluation de l'offre de bioénergie en 2050 au regard de différentes contraintes de durabilité et conclu qu'au moins 100 EJ/an seraient disponibles.

Figure 22.10 : Élévation de la température moyenne mondiale en 2100 et consommation bioénergétique dans divers scénarios de référence des SSP et scénarios d'atténuation dérivés



Les différentes couleurs de fond indiquent les cibles de l'Accord de Paris sur le climat (lignes verticales, seuils de 1,5 °C et 2 °C) et la fourchette d'offre durable en matière de biodiversité indiquée par le GIEC (disponibilité hautement probable : 100 EJ/an ; disponibilité éventuelle : 300 EJ/an).

Source : Riahi *et al.* (2017) ; Vuuren *et al.* (2018).

Le GIEC a également conclu qu'il serait possible de disposer de 300 EJ/an (mais avec un degré d'incertitude bien plus grand). On observe une forte convergence quant à la validité de l'hypothèse d'un potentiel bioénergétique durable d'environ 100 EJ/an, tandis que pour les valeurs supérieures à ce seuil, les niveaux de convergence quant à la durabilité de l'offre de bioénergie sont plus faibles (Creutzig *et al.*, 2015). Autrement dit, aucun scénario de cette base de données ne serait en fait compatible avec une interprétation stricte de la cible de Paris et des contraintes de durabilité qui pèsent sur la bioénergie. Van Vuuren *et al.* (2018) ont étudié des trajectoires alternatives pour l'atteinte de cibles climatiques ambitieuses qui pourraient éventuellement réduire les besoins en émissions négatives (et donc en bioénergie). Ces scénarios supposent par exemple l'adoption de régimes alimentaires à faible teneur en viande et conformes aux recommandations sanitaires, ainsi qu'une mise en œuvre ambitieuse de la réduction des émissions de substances autres que le CO₂, ou encore la production de viande cultivée. Dans ces hypothèses et compte tenu du CSC, la demande de technologies à émissions négatives et donc de bioénergie est fortement réduite. Récemment, une étude comparative par modèles a été menée sur des scénarios de politiques climatiques strictes comportant une limitation de l'offre bioénergétique (Bauer *et al.*, 2018). Certains modèles ont effectivement repéré des trajectoires à faible teneur bioénergétique grâce à l'optimisation méthodique de l'utilisation de la bioénergie (par exemple, en combinaison avec le CSC et uniquement pour la production de carburants de transport).

L'intensification de l'agriculture

L'amélioration des rendements agricoles est considérée comme une condition préalable à la production de nourriture et de bioénergie en quantité suffisante pour répondre à la demande future tout en réduisant au minimum ou en éliminant totalement la nécessité d'agrandir la superficie des terres agricoles. L'épandage d'engrais a le potentiel d'accroître les rendements, mais il peut aussi avoir de graves conséquences sur la qualité de l'eau douce, des océans et des écosystèmes connexes, ainsi que sur le changement climatique (Bouwman *et al.*, 2017). Les impacts sur la biodiversité dépendent en grande partie des moyens d'accroître les rendements.

L'amélioration des rendements peut augmenter la disponibilité alimentaire mondiale, en particulier si elle intervient dans des pays où le rendement actuel est médiocre et dans des zones à forte prévalence de sous-alimentation. Parallèlement, elle peut avoir un impact négatif sur la nutrition si la teneur en micronutriments des cultures à haut rendement ne répond pas aux besoins alimentaires moyens (DeFries *et al.*, 2015 ; Rao *et al.*, 2018). En outre, si l'on accroît les rendements sans prêter attention au volet distribution, le surplus de production n'atteindra pas nécessairement les communautés les plus démunies. Par ailleurs, la prévalence de l'obésité pourrait augmenter dans les pays à revenu élevé et intermédiaire dans le prolongement de la baisse générale des prix des denrées alimentaires (van Vuuren *et al.*, 2015). Enfin, lorsque l'accroissement d'un rendement s'accompagne d'une augmentation d'échelle, les petits exploitants peuvent se voir contraints de gagner les villes, ce qui n'améliore pas nécessairement leur situation financière.

L'augmentation des rendements agricoles réduit la demande de terres agricoles, ce qui allège la pression sur les terres naturelles existantes et peut contribuer à freiner la déforestation et la perte de biodiversité. Par ailleurs, la hausse des rendements passe généralement par une intensification de l'épandage d'engrais et de pesticides mais aussi de la consommation d'eau d'irrigation – autant de facteurs préjudiciables pour la qualité de l'eau et sa quantité disponible. Le recours aux engrais azotés entraîne également une hausse des émissions de N₂O, ce qui implique

des arbitrages avec les mesures d'atténuation des effets du changement climatique. La mécanisation et les monocultures associées par le passé à l'accroissement des rendements ont entraîné l'érosion, le compactage et la perte de carbone organique des sols, exacerbant ainsi le risque de dégradation des terres. La lixiviation et la salinisation des terres résultant de l'irrigation à long terme peuvent aggraver davantage la situation. Tous ces facteurs ont un impact négatif sur la biodiversité.

La réduction de la pauvreté et la protection de l'environnement

La hausse des revenus, la diminution de la faim et l'amélioration de l'accès à l'eau et à l'énergie devraient entraîner une hausse de la demande alimentaire, hydrique et énergétique, exacerbant ainsi les pressions sur l'environnement. Or il existe à la fois des synergies et des arbitrages – certains incontournables, d'autres relativement minimes. L'analyse des scénarios montre que l'éradication de la faim et la garantie d'un accès universel à des services énergétiques modernes n'auraient pas nécessairement d'effets négatifs sur la biodiversité mondiale ou sur le changement climatique – exception faite des augmentations de production résultant de la croissance démographique et économique (par exemple, Riahi *et al.*, 2012 ; van Vuuren *et al.*, 2015 ; Dagnachew *et al.*, 2018). Bien que la plupart des études portant sur l'accès à des services énergétiques modernes soulignent qu'une diminution de la consommation de biomasse s'accompagne généralement d'une augmentation de celle de produits à base de combustibles fossiles (par exemple, le GPL, le gaz naturel, l'électricité), la hausse des émissions mondiales de CO₂ est, quant à elle, généralement négligeable (Dagnachew *et al.*, 2018). En outre, cette augmentation est compensée en partie par la réduction des émissions associées à la déforestation et au carbone noir. De même, selon les estimations, la demande alimentaire supplémentaire qui résulte de l'éradication de la faim est relativement faible, surtout si on la compare aux niveaux de production actuels et à l'augmentation nécessaire pour suivre le rythme de la croissance et de l'enrichissement de la population mondiale (van Vuuren *et al.*, 2015). Si l'on favorisait l'élimination de la faim par un rééquilibrage des niveaux de consommation actuels, l'augmentation nécessaire de la production serait encore moindre (van Vuuren *et al.*, 2015). Toutefois, il ne fait pas de doute que tout développement franchissant les seuils minimum exercerait une pression supplémentaire sur l'environnement. Par conséquent, il importe que les politiques visant une élévation des niveaux de développement économique prennent en considération la durabilité, afin d'éviter une telle contrepartie.

Plusieurs études relèvent un autre arbitrage nécessaire entre l'atteinte des cibles environnementales et la garantie de l'accès aux ressources et services de base. Ainsi, dans bien des cas, les politiques visant à atteindre les cibles environnementales pourraient entraîner une hausse des coûts. Bien que ces augmentations de coûts puissent être relativement négligeables pour les populations à revenus élevés, elles pourraient avoir un impact considérable sur les populations démunies. Il a été démontré qu'une politique climatique mise en œuvre sans mesures compensatoires supplémentaires pourrait précariser l'accès à l'électricité (Dagnachew *et al.*, 2017) et aux combustibles propres pour la cuisson (Cameron *et al.*, 2016) et compromettre la sécurité alimentaire (Hasegawa *et al.*, 2018).

22.5 Conclusions et recommandations

Nous avons examiné la littérature fondée sur les scénarios dans l'optique d'analyser un large éventail de mesures pertinentes pour atteindre les cibles environnementales retenues pour les ODD et les AME connexes, en mettant l'accent sur les synergies et les arbitrages. Dans l'ensemble, les publications axées sur les scénarios fournissent un large éventail de pistes pour atteindre ces cibles, mais l'absence de trajectoires concrètes met à mal la mise en application de ces connaissances.



22.5.1 Des connaissances lacunaires

Les débats présentés dans ce chapitre montrent que l'analyse de scénarios modélisés peut être un outil efficace pour soutenir l'intégration des connaissances dans le cadre des efforts mobilisés pour atteindre les cibles environnementales des ODD et des AME connexes et pour faire ressortir les corrélations à l'œuvre, quels que soient les délais, les échelles ou les enjeux.

Toutefois, l'examen de la littérature permet de conclure que la documentation sur les scénarios demeure fragmentaire pour ce qui est de l'analyse des trajectoires envisageables afin de réaliser les ODD. Il n'existe aucune d'étude par scénarios intégrée de A à Z. Par ailleurs, la littérature est foisonnante dans certains domaines et lacunaire dans d'autres. Par conséquent, il est encore difficile d'estimer les points forts et les points faibles d'une mesure à leur juste valeur. Bon nombre d'études traitent des moyens d'atteindre les cibles retenues dans les domaines Énergie, air et climat et (dans une moindre mesure) Agriculture, alimentation, terres et biodiversité. Dans ce dernier cas, les études portent essentiellement sur la faim et la biodiversité, relativement peu d'études par scénarios visent à atteindre des cibles spécifiques et presque aucune ne porte sur les moyens de prévenir la dégradation des terres. L'acidification des océans est bien documentée, principalement dans le cadre de scénarios axés sur des cibles climatiques.

Pour les domaines Eau douce, Océans et Bien-être humain (santé), les scénarios de recherche de cibles semblent faire défaut. Les scénarios du domaine Eau douce portent sur les enjeux de la pénurie d'eau, alors que la littérature sur l'EAH et la qualité de l'eau est clairsemée. En ce qui concerne la santé (par exemple, la mortalité infantile), très peu de scénarios de recherche de cibles ont été relevés dans la littérature sur le sujet. Enfin, comme nous l'avons déjà constaté au chapitre 21, les études par scénarios quantitatives sur les produits chimiques, les déchets et les eaux usées sont quasi inexistantes.

Si un large éventail de synergies et d'arbitrages est examiné dans la littérature, exception faite d'études thématiques (principalement fondées sur la littérature existante axée sur les scénarios), il manque encore un panorama exhaustif de toutes les interactions pertinentes entre les mesures et les cibles examinées dans le présent chapitre. Cette situation s'explique en partie par le fait que les affirmations fondées sur les scénarios restent assorties de réserves et que les interactions dépendent fortement du contexte, de sorte qu'il est difficile d'attribuer un barème d'évaluation probant en toute circonstance. Les études sectorielles sur les interconnexions mettent souvent l'accent sur le rôle clé du secteur en question dans l'atteinte des cibles globales, sans pour autant offrir suffisamment de pistes permettant l'établissement de priorités. Par conséquent, on ne peut que constater les lacunes substantielles mettant à mal la compréhension actuelle des liens entre les secteurs ou les thèmes.

Il convient de noter également l'existence d'un grand nombre d'interactions indirectes qui, dans bien des cas, peuvent entraîner à la fois des synergies et des arbitrages. Par exemple, l'épandage d'engrais peut accroître les rendements, nécessiter moins de terres et réduire ainsi la perte de la biodiversité et l'expansion potentielle des terres ; dans le même temps, il tend à amplifier le ruissellement de l'azote et du phosphore, entraînant une pollution des eaux douces et du littoral océanique par les nutriments, et stimulant l'hypoxie ainsi que la prolifération d'algues toxiques ; mentionnons également la perte de la biodiversité qui en découle. Compte tenu de ces interactions complexes et de l'absence d'études générales à ce sujet, des analyses plus spécialisées sont nécessaires, y compris un examen systématique de la littérature existante et

une modélisation intégrée et approfondie des évaluations, en accordant une attention toute particulière aux interactions actuellement sous-examinées.

22.5.2 Recommandations stratégiques

L'analyse des scénarios permet de conclure qu'il existe des moyens d'atteindre un large éventail de cibles environnementales des ODD et des AME connexes, mais que ces moyens nécessitent une rupture nette (autrement dit, un changement transformateur) avec les tendances actuellement observées. Des améliorations à la marge ne suffiront pas. En effet, des changements de grande ampleur sont nécessaires pour atteindre les différentes cibles. Des améliorations significatives en termes d'efficacité des ressources en ce qui concerne la gestion de la terre, de l'eau et de l'énergie sont nécessaires, notamment une augmentation de près de 50 % des rendements agricoles par rapport aux tendances actuelles, et un doublement de l'amélioration de l'efficacité énergétique.

L'atteinte des cibles nécessitera l'instauration d'un train de mesures combinant les améliorations technologiques, les incitations au changement de mode de vie et les solutions localisées. Les défis, nombreux et divers, qui se posent exigent des mesures spécifiques qui améliorent l'accès, notamment, à la nourriture, à l'eau et à l'énergie, tout en allégeant la pression sur les ressources environnementales et les écosystèmes. La recomposition de l'accès aux ressources peut constituer une contribution essentielle à cet égard. Sur le volet de la production, les changements comprendraient des éléments tels que des procédés de production plus propres et la dissociation de la consommation des ressources et du développement économique. Du côté de la demande, il convient également d'envisager des changements en ce qui concerne l'efficacité et le comportement des consommateurs. Il peut s'agir d'un changement de régime alimentaire visant à réduire la consommation de ruminants, mais également d'une transition vers des modes de transport moins énergivores.

Il est essentiel de comprendre les interactions entre les mesures et les cibles pour assurer une mise en œuvre synergique ainsi que des politiques cohérentes. Lorsque les mesures visent à atteindre une cible ou un groupe de cibles précis, l'analyse révèle des synergies évidentes entre les mesures et les cibles d'autres domaines. C'est notamment le cas pour l'éducation, le changement de régime alimentaire et la lutte contre la pollution de l'air, trois domaines de mesures qui agissent en faveur d'une planète saine et d'une humanité en bonne santé. Le présent chapitre met également en évidence la possibilité d'arbitrages, en indexant la politique climatique sur les coûts de l'énergie et, par conséquent, sur l'accès à l'énergie. Dans bien des cas, l'on peut également faciliter ces arbitrages en instaurant des mesures d'atténuation (dans l'exemple ci-dessus, des politiques visant notamment à soutenir l'accès des démunis à l'énergie pourraient agir en ce sens).

D'un point de vue économique et technique, la réalisation des cibles énoncées au chapitre 20 semble à portée de main. Toutefois, un examen complet doit également tenir compte de la faisabilité sociale. On ne peut examiner la faisabilité des processus de transformation qu'à la lumière des tendances actuelles et des processus d'innovation mis en œuvre par les citoyens et les entreprises à travers le monde. Nous examinerons cet aspect au chapitre 23. Enfin, au chapitre 24, nous verrons comment des politiques pourraient stimuler les transformations que nous venons d'évoquer. Dans bien des cas, il est possible d'améliorer la faisabilité sociale en veillant à bien prendre en compte les synergies et les arbitrages potentiels

Références



- Aber, J.L., Bennett, N.G., Conley, D.C. et Li, J. (1997). The effects of poverty on child health and development. *Annual Review of Public Health* 18(1), 463-483. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.18.1.463>.
- Agardy, T. (2000). Effects of fisheries on marine ecosystems: A conservationist's perspective. *ICES Journal of Marine Science* 57(3), 761-765. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0721>.
- Agence internationale de l'énergie (2016). *World Energy Outlook 2016. Special Report: Energy and Air Pollution*. Paris. <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2016>.
- Agence internationale de l'énergie (2017). *Energy Access Outlook 2017: From Poverty to Prosperity*. Paris. <https://www.oecd.org/publications/energy-access-outlook-2017-9789264285569-en.htm>.
- Ainsworth, E.A., Yendrek, C.R., Stich, S., Collins, W.J. et Emberson, L.D. (2012). The effects of tropospheric ozone on net primary productivity and implications for climate change. *Annual Review of Plant Biology* 63, 637-661. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042110-103829>.
- Aleksandrowicz, L., Green, R., Joy, E.J.M., Smith, P. et Haines, A. (2016). The impacts of dietary change on greenhouse gas emissions, land use, water use, and health: A systematic review. *PLoS One* 11(11), e0165797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165797>.
- Alexandratou, N. et Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision*. ESA Working Paper. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>.
- Alkire, S. (2007). The missing dimensions of poverty data: Introduction to the special issue. *Oxford Development Studies* 35(4), 347-359. <https://doi.org/10.1080/13600810701701863>.
- Angeles, L. (2010). Demographic transitions: Analyzing the effects of mortality on fertility. *Journal of Population Economics* 23(1), 99-120. <https://doi.org/10.1007/s00148-009-0255-6>.
- Arvesen, A., Luderer, G., Pehl, M., Bodirsky, B.L. et Hertwich, E.G. (2018). Deriving life cycle assessment coefficients for application in integrated assessment modelling. *Environmental Modelling & Software* 99, 111-125. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.09.010>.
- Ashraf, Q.H., Lester, A. et Weil, D.N. (2008). *When Does Improving Health Raise GDP?* NBER Working Paper. Cambridge, MA : National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w14449.pdf>.
- Avnery, S., Mauzerall, D.L. et Fiore, A.M. (2013). Increasing global agricultural production by reducing ozone damages via methane emission controls and ozone-resistant cultivar selection. *Global Change Biology* 19(4), 1285-1299. <https://doi.org/10.1111/gcb.12118>.
- Awan, M.S., Malik, N., Sarwar, H. et Waqas, M. (2011). Impact of education on poverty reduction. *International Journal of Academic Research* 3(1), 659-664. <https://mprj.unb.uni-muenchen.de/31826/>.
- Bae, C. et Kim, J. (2017). Alternative fuels for internal combustion engines. *Proceedings of the Combustion Institute* 36(3), 3389-3413. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2016.09.009>.
- Bajželj, B., Richards, K.S., Allwood, J.M., Smith, P., Dennis, J.S., Curmi, E. et al. (2014). Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change* 4, 924-929. <https://doi.org/10.1038/nclimate2353>.
- Baldacci, E., Cui, Q., Clements, B., Gupta, S. et Cui, Q. (2004). *Social Spending, Human Capital, and Growth in Developing Countries: Implications for Achieving the MDGs*. IMF Working Paper. Fonds monétaire international. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2004/wp04217.pdf>.
- Barnes, M.D., Glew, L., Wyborn, C. et Craigie, I.D. (2018). Prevent perverse outcomes from global protected area policy. *Nature Ecology & Evolution* 2, 759-762. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0501-y>.
- Bauer, N., Calvin, K., Emmerling, J., Fricko, O., Fujimori, S., Hilaire, J. et al. (2017). Shared socio-economic pathways of the energy sector – Quantifying the narratives. *Global Environmental Change* 42, 316-330. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.07.006>.
- Bauer, N., Rose, S.K., Fujimori, S., van Vuuren, D.P., Weyant, J., Wise, M. et al. (2018). Global energy sector emission reductions and bioenergy use: Overview of the bioenergy demand phase of the EMF-33 model comparison. *Climatic Change*. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2226-y>.
- Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstrip-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G.-I. et al. (2015). Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Security* 7(2), 261-274. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0427-z>.
- Bengtsson, J., Ahnström, J. et Weibull, A.-C. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42(2), 261-269. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x>.
- Benson, S.M., Bennaceur, K., Cook, P., Davison, J., de Coninck, H., Farhat, K. et al. (2012). Carbon capture and storage. Dans Johansson, T.B., Patwardhan, A., Nakicenovic, N. et Gomez-Echeverri, L. (dir.). *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future*. Cambridge: Cambridge University Press. Chapitre 13. 993-1068. http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/GEA_Chapter13_CCS_lowres.pdf.
- Beusen, A.H.W., Bouwman, A.F., Van Beek, L.P.H., Mogollón, J.M. et Middelburg, J.J. (2016). Global riverine N and P transport to ocean increased during the 20th century despite increased retention along the aquatic continuum. *Biogeosciences* 13(8), 2441-2451. <https://doi.org/10.5194/bg-13-2441-2016>.
- Bijl, D.L., Biemans, H., Bogaart, P.W., Dekker, S.C., Doelman, J.C., Stehfest, E. et al. (2018). A global analysis of future water deficit based on different allocation mechanisms. *Water Resources Research* 54(8), 5803-5824. <https://doi.org/10.1029/2017WR021688>.
- Bijl, D.L., Bogaart, P.W., Dekker, S.C., Stehfest, E., de Vries, B.J.M. et van Vuuren, D.P. (2017). A physically-based model of long-term food demand. *Global Environmental Change* 45, 47-62. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.04.003>.
- Billé, R., Kelly, R., Biastoch, A., Harrould-Kolleb, E., Herr, D., Joos, F. et al. (2013). Taking action against ocean acidification: A review of management and policy options. *Environmental Management* 52(4), 761-779. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0132-7>.
- Bixio, D., Thoeue, C., De Koning, J., Joksimovic, D., Savic, D., Wintgens, T. et al. (2006). Wastewater reuse in Europe. *Desalination* 187(1-3), 89-101. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.04.070>.
- Bixio, D., Thoeue, C., Wintgens, T., Ravazzini, A., Miska, V., Muston, M. et al. (2008). Water reclamation and reuse: Implementation and management issues. *Desalination* 218(1-3), 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.10.039>.
- Bloom, D.E., Canning, D., Fink, G. et Finlay, J.E. (2009). Fertility, female labor force participation, and the demographic dividend. *Journal of Economic Growth* 14(2), 79-101. <https://doi.org/10.1007/s10887-009-9039-9>.
- Bloom, D.E., Canning, D. et Sevilla, J. (2004). The effect of health on economic growth: A production function approach. *World Development* 32(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.07.002>.
- Bohl, D.K., Hughes, B.B. et Johnson, S. (2016). *Understanding and Forecasting Demographic Risk and Benefits*. Denver : université de Denver. <http://pardee.du.edu/sites/default/files/Demographic%20Risk%20Report%20v44%20%28Final%29.pdf>.
- Bopp, L., Resplandy, L., Orr, J.C., Doney, S.C., Dunne, J.P., Gehlen, M. et al. (2013). Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: Projections with CMIP5 models. *Biogeosciences* 10(10), 6225-6245. <https://doi.org/10.5194/bg-10-6225-2013>.
- Bouwman, A.F., Beusen, A.H.W., Lassaletta, L., van Apeldoorn, D.F., van Grinsven, H.J.M., Zhang, J. et al. (2017). Lessons from temporal and spatial patterns in global use of N and P fertilizer on cropland. *Scientific Reports* 7(40366). <https://doi.org/10.1038/srep40366>.
- Bradshaw, C.J.A., Bowman, D.M.J.S., Bond, N.R., Murphy, B.P., Moore, A.D., Fordham, D.A. et al. (2013). Brave new green world – Consequences of a carbon economy for the conservation of Australian biodiversity. *Biological Conservation* 161, 71-90. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.02.012>.
- Bui, M., Adjiman, C.S., Bardow, A., Anthony, E.J., Boston, A., Brown, S. et al. (2018). Carbon capture and storage (CCS): The way forward. *Energy & Environmental Science* 11(5), 1062-1176. <https://doi.org/10.1039/c7ee02342a>.
- Bureau d'évaluation environnementale (Pays-Bas) (2012). *Roads from Rio+20: Pathways to Achieve Global Sustainability Goals by 2050*. La Haye. <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2012-roads-from-rio-20-pathways-to-achieve-global-sustainability-goals-by-2050.pdf>.
- Burrows, M.J., Bohl, D.K. et Moyer, J.D. (2017). *Our World Transformed: Geopolitical Shocks and Risks*. Zurich Insurance Group, Atlantic Council et University of Denver Pardee Center for International Futures. <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/our-world-transformed-geopolitical-shocks-and-risks/>.
- Calvin, K., Wise, M., Kyle, P., Patel, P., Clarke, L. et Edmonds, J. (2014). Trade-offs of different land and bioenergy policies on the path to achieving climate targets. *Climatic Change* 123(3-4), 691-704. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0897-y>.
- Cameron, C., Pachauri, S., Rao, N.D., McCollum, D., Rogelj, J. et Riahi, K. (2016). Policy trade-offs between climate mitigation and clean cook-stove access in South Asia. *Nature Energy* 1(15010). <https://doi.org/10.1038/nenergy.2015.10>.
- Capps, S.L., Driscoll, C.T., Fakhraei, H., Templer, P.H., Craig, K.J., Milford, J.B. et al. (2016). Estimating potential productivity cobenefits for crops and trees from reduced ozone with U.S. coal power plant carbon standards. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 121(24), 14679-14690. <https://doi.org/10.1002/2016JD025141>.
- Chang, C.-H. (2015). Teaching climate change – A fad or a necessity? *International Research in Geographical and Environmental Education* 24(3), 181-183. <https://doi.org/10.1080/10382046.2015.1043763>.
- Chaudhary, A., Burivalova, Z., Koh, L.P. et Hellweg, S. (2016). Impact of forest management on species richness: Global meta-analysis and economic trade-offs. *Scientific Reports* 6(23954). <https://doi.org/10.1038/srep23954>.
- Chazdon, R.L. (2008). Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science* 320(5882), 1458-1460. <https://doi.org/10.1126/science.1155365>.
- Cheung, W.W.L., Reygondeau, G. et Frölicher, T.L. (2016). Large benefits to marine fisheries of meeting the 1.5 °C global warming target. *Science* 354(6319), 1591-1594. <https://doi.org/10.1126/science.aag2331>.
- Clark, M. et Tilman, D. (2017). Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environmental Research Letters* 12(6), 064016. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6cd5>.
- Clarke, L., Jiang, K., Akimoto, K., Babiker, M., Blanford, G., Fisher-Vanden, K. et al. (2014). Assessing transformation pathways. Dans Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. et al. (dir.). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. Chapitre 6. 413-510. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter6.pdf.
- Cleland, J., Conde-Agudelo, A., Peterson, H., Ross, J. et Tsui, A. (2012). Contraception and health. *The Lancet* 380(9837), 149-156. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60609-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60609-6).
- Çoban, G.Ü., Akpınar, E., Küçükankurtaran, E., Yıldız, E. et Ergin, Ö. (2011). Elementary school students' water awareness. *International Research in Geographical and Environmental Education* 20(1), 65-83. <https://doi.org/10.1080/10382046.2011.540103>.
- Coetzee, B.W.T., Gaston, K.J. et Chown, S.L. (2014). Local scale comparisons of biodiversity as a test for global protected area ecological performance: A meta-analysis. *PLoS One* 9(8), e105824. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105824>.
- Cohen, A.J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H.R., Frostad, J., Estep, K. et al. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet* 389(10082), 1907-1918. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6).
- Commission nationale pour le développement et la réforme, ministère de l'Industrie et des Technologies de l'information, ministère des Finances, ministère de la Protection de l'environnement, Bureau national des statistiques et Administration nationale de l'énergie (Chine) (2014). *Interim Measures of the Replacement Coal Consumption in Key Areas*. https://www.ndrc.gov.cn/gzdt/2015/01/120150114_660128.html.
- Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (2014). *World Investment Report 2014. Investing in the SDGs: An Action Plan*. Genève. https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/wir2014_en.pdf.
- Conijn, J.G., Bindraban, P.S., Schröder, J.J. et Jongschaap, R.E.E. (2018). Can our global food system meet food demand within planetary boundaries? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 251, 244-256. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.001>.
- Conseil international pour la science (2017). *A Guide to SDG Interactions: From Science to Implementation*. Griggs, D.J., Nilsson, M., Stevanca, A. et McCollum, D. (dir.). Paris : Conseil international pour la science. <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/14591/1/SDGs-Guide-to-Interactions.pdf>.
- Conseil international pour la science et Conseil international des sciences sociales (2015). *Review of Targets for the Sustainable Development Goals: The Science Perspective*. Paris : Conseil international pour la science. <https://council.science/wp-content/uploads/2017/05/SDG-Report.pdf>.
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (2015). *Adoption de l'Accord de Paris. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1*. Paris. <https://unfccc.int/sites/default/files/FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1>.
- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (2017). *Global Land Outlook. Bonn*. https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/GLO_2017_English_Full_Report_rev1.pdf.



- Convention sur la diversité biologique (2010). *Décision adoptée par la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique à sa dixième réunion, X/2. Plan stratégique 2011-2020 et objectifs d'Aichi relatifs à la diversité biologique*. UNEP/CBD/COP/DEC/X/2. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-fr.pdf>.
- Cordero, E.C., Todd, A.M. et Abellera, D. (2008). Climate change education and the ecological footprint. *Bulletin of the American Meteorological Society* 89(6), 865-872. <https://doi.org/10.1175/2007bams2432.1>.
- Costello, C., Ovando, D., Clavelle, T., Strauss, C.K., Hilborn, R., Melnychuk, M.C. et al. (2016). Global fishery prospects under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(18), 5125-5129. <https://doi.org/10.1073/pnas.1520420113>.
- Craig, M.H., Snow, R.W. et le Sueur, D. (1999). A climate-based distribution model of malaria transmission in Sub-Saharan Africa. *Trends in Parasitology* 15(3), 105-111. [https://doi.org/10.1016/S0169-4758\(99\)01396-4](https://doi.org/10.1016/S0169-4758(99)01396-4).
- Cremin, P. et Nakabugo, M.G. (2012). Education, development and poverty reduction: A literature critique. *International Journal of Educational Development* 32(4), 499-506. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2012.02.015>.
- Creutzig, F., Ravindranath, N.H., Berndes, G., Bolwig, S., Bright, R., Cherubini, F. et al. (2015). Bioenergy and climate change mitigation: An assessment. *Global Change Biology: Bioenergy* 7(5), 916-944. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12205>.
- Crouzeilles, R., Ferreira, M.S., Chazdon, R.L., Lindenmayer, D.B., Sansevero, J.B.B., Monteiro, L. et al. (2017). Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Science Advances* 3(11), e1701345. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701345>.
- Cui, Z., Zhang, H., Chen, X., Zhang, C., Ma, W., Huang, C. et al. (2018). Pursuing sustainable productivity with millions of smallholder farmers. *Nature* 555, 363-366. <https://doi.org/10.1038/nature25785>.
- Cullen, J.M., Allwood, J.M. et Borgstein, E.H. (2011). Reducing energy demand: What are the practical limits? *Environmental Science & Technology* 45(4), 1711-1718. <https://doi.org/10.1021/es102641n>.
- Cunningham, S.C., Cavagnaro, T.R., Mac Nally, R., Paul, K.I., Baker, P.J., Beringer, J. et al. (2015). Reforestation with native mixed-species plantings in a temperate continental climate effectively sequesters and stabilizes carbon within decades. *Global Change Biology* 21(4), 1552-1566. <https://doi.org/10.1111/gcb.12746>.
- Dagnachew, A.G., Lucas, P.L., Hof, A.F. et van Vuuren, D.P. (2018). Trade-offs and synergies between universal electricity access and climate change mitigation in Sub-Saharan Africa. *Energy Policy* 114, 355-366. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.12.023>.
- Dagnachew, A.G., Lucas, P.L., Hof, A.F., Gernaat, D.E.H.J., de Boer, H.-S. et van Vuuren, D.P. (2017). The role of decentralized systems in providing universal electricity access in Sub-Saharan Africa – A model-based approach. *Energy* 139, 184-195. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.144>.
- Daiglou, V., van Ruijven, B.J. et van Vuuren, D.P. (2012). Model projections for household energy use in developing countries. *Energy* 37(1), 601-615. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.10.044>.
- Davis, K.F., Rulli, M.C., Seveso, A. et D'Odorico, P. (2017). Increased food production and reduced water use through optimized crop distribution. *Nature Geoscience* 10(12), 919-924. <https://doi.org/10.1038/s41561-017-0004-5>.
- de Coninck, H. et Benson, S.M. (2014). Carbon dioxide capture and storage: Issues and prospects. *Annual Review of Environment and Resources* 39, 243-270. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-032112-095222>.
- de Vries, F.T., Thébaud, E., Liiri, M., Birkhofer, K., Tsiafouli, M.A., Bjørnlund, L. et al. (2013). Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(35), 14296-14301. <https://doi.org/10.1073/pnas.1305198110>.
- DeFries, R., Fanzo, J., Remans, R., Palm, C., Wood, S. et Anderman, T.L. (2015). Metrics for land-scarce agriculture. *Science* 349(6245), 238-240. <https://doi.org/10.1126/science.1265766>.
- Devine, J. et Kullmann, C. (2011). *Introductory Guide to Sanitation Marketing*. Water and Sanitation Program. <http://www.wsp.org/sites/wsp.org/files/publications/WSP-Introductory-Guide-Sanitation-Marketing.pdf>.
- Dickson, J.R., Hughes, B.B. et Irfan, M.T. (2010). *Advancing Global Education: Patterns of Potential Human Progress*. Denver: Routledge. <https://doi.org/10.1126/science.1265766>.
- Dickson, J.R., Irfan, M.T. et Hughes, B.B. (2016). *USE 2030: Exploring Impacts, Costs and Financing*. Background Paper. International Commission on Financing Global Education Opportunity. Denver. <https://report.educationcommission.org/wp-content/uploads/2016/11/USE-2030-Exploring-Impacts-Costs-and-Financing.pdf>.
- Edelenbosch, O.Y., van Vuuren, D.P., Blok, K., Calvin, K. et Fujimori, S. (2020). Mitigating energy demand emissions: The integrated modeling perspective. *Applied Energy* 261(114347). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261919320343>.
- Edgar, G.J., Stuart-Smith, R.D., Willis, T.J., Kinmonth, S., Baker, S.C., Banks, S. et al. (2014). Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature* 506, 216-220. <https://doi.org/10.1038/nature13022>.
- Elder, M. et Zusman, E. (2016). *Strengthening the Linkages between Air Pollution and the Sustainable Development Goals*. IIGES Policy Brief. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies. https://pub.iges.or.jp/system/files/publication_documents/pub/policy/5528/PB_35_0707_2.pdf.
- Elder, M., Bengtsson, M. et Akenji, L. (2016). An optimistic analysis of the means of implementation for sustainable development goals: Thinking about goals as means. *Sustainability* 8(9), 962. <https://doi.org/10.3390/su8090962>.
- Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Scenarios, Volume 2*. Washington: Island Press. <https://www.millenniumassessment.org/en/scenarios.html>.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M. et al. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337-342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>.
- Fonds des Nations Unies pour l'enfance (2015). *Committing to Child Survival: A Promise Renewed. Progress Report 2015*. New York. https://www.unicef.org/publications/files/APR_2015_9_Sep_15.pdf.
- Forum économique mondial (2017). *Shaping the Future of Global Good Systems: A Scenarios Analysis*. Genève: Forum économique mondial. http://www3.weforum.org/docs/FP2016/NVA/WEF_FSA_FutureofGlobalFoodSystems.pdf.
- Fricko, O., Havlik, P., Rogelj, J., Klimont, Z., Gusti, M., Johnson, N. et al. (2017). The marker quantification of the Shared Socioeconomic Pathway 2: A middle-of-the-road scenario for the 21st century. *Global Environmental Change* 42, 251-267. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.004>.
- Fulton, L., Mason, J. et Meroux, D. (2017). *Three Revolutions in Urban Transportation*. Institute of Transportation Studies. https://steps.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2017/05/STEPS_ITDP-3R-Report-5-10-2017-2.pdf.
- Fuss, S., Canadell, J.G., Peters, G.P., Tavoni, M., Andrew, R.M., Ciais, P. et al. (2014). Betting on negative emissions. *Nature Climate Change* 4, 850-853. <https://doi.org/10.1038/nclimate2392>.
- Gakidou, E., Cowling, K., Lozano, R. et Murray, C.J.L. (2010). Increased educational attainment and its effect on child mortality in 175 countries between 1970 and 2009: A systematic analysis. *The Lancet* 376(9745), 959-974. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)61257-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61257-3).
- Gambhir, A., Drouet, L., McCollum, D., Napp, T., Bernie, D., Hawkes, A. et al. (2017). Assessing the feasibility of global long-term mitigation scenarios. *Energies* 10(1), 89. <https://doi.org/10.3390/en10010089>.
- Garbach, K., Milder, J.C., DeClerck, F.A.J., Montenegro de Wit, M., Driscoll, L. et Gemmill-Herren, B. (2017). Examining multi-functionality for crop yield and ecosystem services in five systems of agroecological intensification. *International Journal of Agricultural Sustainability* 15(1), 11-28. <https://doi.org/10.1080/14735903.2016.1174810>.
- Garibaldi, L.A., Gemmill-Herren, B., D'Annolfo, R., Graeb, B.E., Cunningham, S.A. et Breeze, T.D. (2017). Farming approaches for greater biodiversity, livelihoods, and food security. *Trends in Ecology & Evolution* 32(1), 68-80. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.10.001>.
- Garnett, S.T., Burgess, N.D., Fa, J.E., Fernández-Llamazares, Á., Molnár, Z., Robinson, C.J. et al. (2018). A spatial overview of the global importance of indigenous lands for conservation. *Nature Sustainability* 1(7), 369-374. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0100-6>.
- Garnett, T., Appleby, M.C., Balmford, A., Bateman, I.J., Benton, T.G., Bloomer, P. et al. (2013). Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies. *Science* 341(6141), 33-34. <https://doi.org/10.1126/science.1234485>.
- Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I.D., Hockings, M. et Burgess, N.D. (2013). Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biological Conservation* 161, 230-238. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.02.018>.
- Gerbers-Leenes, W., Hoekstra, A.Y. et van der Meer, T.H. (2009). The water footprint of bioenergy. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(25), 10219-10223. <https://doi.org/10.1073/pnas.0812619106>.
- Giannadaki, D., Giannakis, E., Pozzer, A. et Lelieveld, J. (2018). Estimating health and economic benefits of reductions in air pollution from agriculture. *Science of the Total Environment* 622-623, 1304-1316. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.064>.
- Gill, D.A., Mascia, M.B., Ahmadi, G.N., Glew, L., Lester, S.E., Barnes, M. et al. (2017). Capacity shortfalls hinder the performance of marine protected areas globally. *Nature* 543, 665-669. <https://doi.org/10.1038/nature21708>.
- Giuntoli, J., Caserini, S., Marelli, L., Baxter, D. et Agostini, A. (2015). Domestic heating from forest logging residues: Environmental risks and benefits. *Journal of Cleaner Production* 99, 206-216. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.025>.
- Gilbert, P.M. (2017). Eutrophication, harmful algae and biodiversity – Challenging paradigms in a world of complex nutrient changes. *Marine Pollution Bulletin* 124(2), 591-606. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.027>.
- Global Burden of Disease 2015 SDG Collaborators (2016). Measuring the health-related Sustainable Development Goals in 188 countries: A baseline analysis from the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet* 388(10053), 1813-1850. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31467-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31467-2).
- Global Burden of Disease 2016 Risk Factors Collaborators (2017). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet* 390(10100), 1345-1422. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32366-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32366-8).
- Global Burden of Disease 2016 SDG Collaborators (2017). Measuring progress and projecting attainment on the basis of past trends of the health-related Sustainable Development Goals in 188 countries: An analysis from the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet* 390(10100), 1423-1459. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32336-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32336-X).
- Global Energy Assessment (2012). *Global Energy Assessment: Towards a Sustainable Future*. Cambridge: International Institute for Applied Systems Analysis. <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/GEA-Summary-web.pdf>.
- Global Yield Gap and Water Productivity Atlas (2018). *Food Security Analysis: From Local to Global*. <http://www.yieldgap.org/> (consulté le 12 novembre 2018).
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F. et al. (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327(5967), 812-818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>.
- Graus, W., Blomen, E. et Worrell, E. (2011). Global energy efficiency improvement in the long term: A demand- and supply-side perspective. *Energy Efficiency* 4(3), 435-463. <https://doi.org/10.1007/s12053-010-9097-z>.
- Gray, C.L., Hill, S.L.L., Newbold, T., Hudson, L.N., Börger, L., Contu, S. et al. (2016). Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature Communications* 7(12306). <https://doi.org/10.1038/ncomms12306>.
- Greaver, T.L., Sullivan, T.J., Herrick, J.D., Barber, M.C., Baron, J.S., Cosby, B.J. et al. (2012). Ecological effects of nitrogen and sulfur air pollution in the US: What do we know? *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(7), 365-372. <https://doi.org/10.1890/110049>.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2018). *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*. Genève. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>.
- Grubler, A., Wilson, C., Bento, N., Boza-Kiss, B., Krey, V., McCollum, D.L. et al. (2018). A low energy demand scenario for meeting the 1.5 °C target and sustainable development goals without negative emission technologies. *Nature Energy* 3(6), 515-527. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0172-6>.
- Haines, A., Amann, M., Borgford-Parnell, N., Leonard, S., Kuylenstierna, J. et Shindell, D. (2018). Short-lived climate pollutant mitigation and the Sustainable Development Goals. *Nature Climate Change* 7(12), 863-869. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0012-x>.
- Hanasaki, N., Fujimori, S., Yamamoto, T., Yoshikawa, S., Masaki, Y., Hijioka, Y. et al. (2013b). A global water scarcity assessment under Shared Socio-economic Pathways – Part 2: Water availability and scarcity. *Hydrology and Earth System Sciences* 17(7), 2393-2413. <https://doi.org/10.5194/hess-17-2393-2013>.
- Hanasaki, N., Fujimori, S., Yamamoto, T., Yoshikawa, S., Masaki, Y., Hijioka, Y. et al. (2013a). A global water scarcity assessment under Shared Socio-economic Pathways – Part 1: Water use. *Hydrology and Earth System Sciences* 17(7), 2375-2391. <https://doi.org/10.5194/hess-17-2375-2013>.
- Hanasaki, N., Yoshikawa, S., Kakinuma, K. et Kanai, S. (2016). A seawater desalination scheme for global hydrological models. *Hydrology and Earth System Sciences* 20(10), 4143-4157. <https://doi.org/10.5194/hess-20-4143-2016>.
- Hasegawa, T., Fujimori, S., Havlik, P., Valin, H., Bodirsky, B.L., Doelman, J.C. et al. (2018). Risk of increased food insecurity under stringent global climate change mitigation policy. *Nature Climate Change* 8, 699-703. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0230-x>.
- Hasegawa, T., Fujimori, S., Takahashi, K. et Masui, T. (2015). Scenarios for the risk of hunger in the twenty-first century using Shared Socioeconomic Pathways. *Environmental Research Letters* 10(1), 014010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/1/014010>.
- Heck, V., Gerten, D., Lucht, W. et Popp, A. (2018). Biomass-based negative emissions difficult to reconcile with planetary boundaries. *Nature Climate Change* 8, 151-155. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0064-y>.



- Hejazi, M., Edmonds, J., Clarke, L., Kyle, P., Davies, E., Chaturvedi, V. et al. (2014). Long-term global water projections using six socioeconomic scenarios in an integrated assessment modeling framework. *Technological Forecasting and Social Change* 81(1), 205-226. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.05.006>
- Hejazi, M.I., Voisin, N., Liu, L., Bramer, L.M., Fortin, D.C., Hathaway, J.E. et al. (2015). 21st century United States emissions mitigation could increase water stress more than the climate change it is mitigating. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(34), 10635-10640. <https://doi.org/10.1073/pnas.1421675112>
- Höglund-Isaksson, L., Purohit, P., Amann, M., Bertok, I., Rafaj, P., Schöpp, W. et al. (2017). Cost estimates of the Kigali Amendment to phase-down hydrofluorocarbons. *Environmental Science & Policy* 75, 138-147. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.006>
- Hughes, B.B., Kuhn, R., Peterson, C.M., Rothman, D.S. et Solórzano, J.R. (2011). *Improving Global Health: Patterns in Potential Human Progress*. Boulder : Paradigm. http://pardee.du.edu/sites/default/files/PPHP3_Full_Volume.pdf
- Hulme, D. et Shepherd, A. (2003). Conceptualizing chronic poverty. *World Development* 31(3), 403-423. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(02\)00222-X](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00222-X)
- Hulvey, K.B., Hobbs, R.J., Standish, R.J., Lindenmayer, D.B., Lach, L. et Perring, M.P. (2013). Benefits of tree mixes in carbon plantings. *Nature Climate Change* 3, 869-874. <https://doi.org/10.1038/nclimate1862>
- Hunt, C. (2008). Economy and ecology of emerging markets and credits for bio-sequestered carbon on private land in tropical Australia. *Ecological Economics* 66(2-3), 309-318. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.012>
- Hutton, G. et Varughese, M. (2016). *The Costs of Meeting the 2030 Sustainable Development Goal Targets on Drinking Water, Sanitation, and Hygiene*. Water and Sanitation Program: Technical Paper 103171. Washington : Banque mondiale. <http://documents.worldbank.org/curated/en/415441467988938343/pdf/103171.PUB-Box394556B-PUBLIC-EPH-K8543-ADD-SERIES.pdf>
- Initiative « Le monde en 2050 » (2018). *Transformations to Achieve the Sustainable Development Goals: Report Prepared by The World in 2050 Initiative*. Luxembourg : Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués. http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/15347/1/TW0250_Report081118-web-new.pdf
- Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (2015). *ECLIPSE V5a Global Emission Fields*. <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/ECLIPSEv5a.html> (consulté le 16 novembre 2018).
- Jalava, M., Guillaume, J.H.A., Kumm, M., Porkka, M., Siebert, S. et Varis, O. (2016). Diet change and food loss reduction: What is their combined impact on global water use and scarcity? *Earth's Future* 4(3), 62-78. <https://doi.org/10.1002/2015EF00327>
- Jamison, D.T., Breman, J.G., Measham, A.R., Alleyne, G., Claeson, M., Evans, D.B. et al. (dir.) (2006). *Disease Control Priorities in Developing Countries*. Washington : Banque mondiale. <https://www.who.int/management/referrals/hospitals.pdf>
- Johann, F. et Schaich, H. (2016). Land ownership affects diversity and abundance of tree microhabitats in deciduous temperate forests. *Forest Ecology and Management* 380, 70-81. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.08.037>
- Johnson, N., Krey, V., McCollum, D.L., Rao, S., Riahi, K. et Rogelj, J. (2015). Stranded on a low-carbon planet: Implications of climate policy for the phase-out of coal-based power plants. *Technological Forecasting and Social Change* 90, 89-102. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.02.028>
- Kagawa, F. et Selby, D. (2012). Ready for the storm: Education for disaster risk reduction and climate change adaptation and mitigation. *Journal of Education for Sustainable Development* 6(2), 207-217. <https://doi.org/10.1177/0973408212475200>
- Kar, K. et Chambers, R. (2008). *Handbook on Community-Led Total Sanitation*. Londres : Plan UK et Institute of Development Studies (université du Sussex). <http://www.communityledtotalsanitation.org/sites/communityledtotalsanitation.org/files/clts handbook.pdf>
- Karthe, D., Reeh, T., Walther, M., Niemann, S. et Siegmund, A. (2016). School-based environmental education in the context of a research and development project on integrated water resources management: Experiences from Mongolia. *Environmental Earth Sciences* 75(18), 1286. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6036-0>
- Klein, A.-M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. et al. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274(1608), 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Klimont, Z., Kupiainen, K., Heyes, C., Purohit, P., Cofala, J., Rafaj, P. et al. (2017). Global anthropogenic emissions of particulate matter including black carbon. *Atmospheric Chemistry and Physics* 17, 8681-8723. <https://doi.org/10.5194/acp-17-8681-2017>
- Koelbl, B.S., van den Broek, M., van Ruijven, B., van Vuuren, D.P. et Faaij, A.P.C. (2013). A sensitivity analysis of the global deployment of CCS to the cost of storage and storage capacity estimates. *Energy Procedia* 37, 7537-7544. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.06.697>
- Kok, M.T.J., Alkemade, R., Bakkenes, M., van Eerd, M., Janse, J., Mandryk, M. et al. (2018). Pathways for agriculture and forestry to contribute to terrestrial biodiversity conservation: A global scenario study. *Biological Conservation* 221, 137-150. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.003>
- Kriegler, E., Luderer, G., Bauer, N., Baumstark, L., Fujimori, S., Popp, A. et al. (2018). Pathways limiting warming to 1.5 °C: A tale of turning around in no time? *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 376(2119). <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0457>
- Kumm, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O. et Ward, P.J. (2012). Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertilizer use. *Science of the Total Environment* 438, 477-489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.092>
- Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability* 7(5), 5875-5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>
- Lam, V.W.Y., Cheung, W.W.L., Reygondeau, G. et Sumaila, U.R. (2016). Projected change in global fisheries revenues under climate change. *Scientific Reports* 6, 32607. <https://doi.org/10.1038/srep32607>
- Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N. et al. (2018). The Lancet commission on pollution and health. *The Lancet* 391(10119), 462-512. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0)
- Lassaletta, L., Billen, G., Garnier, J., Bouwman, L., Velazquez, E., Mueller, N.D. et al. (2016). Nitrogen use in the global food system: Past trends and future trajectories of agronomic performance, pollution, trade, and dietary demand. *Environmental Research Letters* 11(9), 095007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/9/095007>
- Le Blanc, D. (2015). Towards integration at last? The Sustainable Development Goals as a network of targets. *Sustainable Development* 23(3), 176-187. <https://doi.org/10.1002/sd.1582>
- Le Quéré, C., Andrew, R.M., Canadell, J.G., Sitch, S., Ivar Korsbakken, J., Peters, G.P. et al. (2016). Global carbon budget 2016. *Earth System Science Data* 8, 605-649. <https://doi.org/10.5194/essd-8-605-2016>
- Leclère, D., Obersteiner, M., Alkemade, R., Almond, R., Barrett, M., Bunting, G. et al. (2018). *Towards Pathways Bending the Curve of Terrestrial Biodiversity Trends within the 21st Century*. International Institute for Applied Systems Analysis. http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/15241/1/Leclere_et_al_IIASA_2018_TowardsPathwaysBendingTheCurveOfTerrestrialBiodiversityTrendsWithinThe21stCentury.pdf
- Lee, R. (2003). The demographic transition: Three centuries of fundamental change. *Journal of Economic Perspectives* 17(4), 167-190. <https://doi.org/10.1257/08953300372034943>
- Lee, R. et Mason, A. (2011). *Population Aging and the Generational Economy: A Global Perspective*. Cheltenham: Edward Elgar. <https://id-bnc-jdr.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/47092/IDL-47092.pdf>
- Leifeld, J. (2016). Current approaches neglect possible agricultural outback under large-scale organic farming. A comment to Ponisio et al. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283(1824). <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1623>
- Liquete, C., Udias, A., Conte, G., Grizzetti, B. et Masi, F. (2016). Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits. *Ecosystem Services* 22, 392-401. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.09.011>
- Lucas, P.L., Dagnachew, A.G. et Hof, A.F. (2017). *Towards Universal Electricity Access in Sub-Saharan Africa: A Quantitative Analysis of Technology and Investment Requirements*. La Haye : Bureau d'évaluation environnementale. <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-towards-universal-electricity-access-in-sub-saharan-africa-1952.pdf>
- Lucas, P.L., Hilderink, H.B.M., Janssen, P.H.M., Samir, K.C., van Vuuren, D.P. et Niessen, L. (2019). Future impacts of environmental factors on achieving the SDG target on child mortality – A synergistic assessment. *Global Environmental Change* 57(11925). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378018301262>
- Lutz, W. et Samir, K.C. (2011). Global human capital: Integrating education and population. *Science* 333(6042), 587-592. <https://doi.org/10.1126/science.1206964>
- Mara, D. et Evans, B. (2018). The sanitation and hygiene targets of the sustainable development goals: Scope and challenges. *Journal of Water, Sanitation & Hygiene for Development* 8(1), 1-16. <https://doi.org/10.2166/washdev.2017.048>
- Markandya, A., Sampedro, J., Smith, S.J., Van Dingenen, R., Pizarro-Irizar, C., Arto, I. et al. (2018). Health co-benefits from air pollution and mitigation costs of the Paris Agreement: A modelling study. *The Lancet Planetary Health* 2(3), e126-e133. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30029-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30029-9)
- Marmot, M., Allen, J. et Goldblatt, P. (2010). A social movement, based on evidence, to reduce inequalities in health. *Social Science & Medicine* 71(7), 1254-1258. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2010.07.011>
- Maslo, B., Lockwood, J.L. et Leu, K. (2015). Land ownership patterns associated with declining forest birds: Targeting the right policy and management for the right birds. *Environmental Conservation* 42(3), 216-226. <https://doi.org/10.1017/S0376892915000041>
- Mazzi, E.A. et Dowlatabadi, H. (2007). Air quality impacts of climate mitigation: UK policy and passenger vehicle choice. *Environmental Science & Technology* 41(2), 387-392. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es060517w>
- McCollum, D.L., Gomez Echeverri, L., Busch, S., Pachauri, S., Parkinson, S., Rogelj, J. et al. (2018). Connecting the sustainable development goals by their energy inter-linkages. *Environmental Research Letters* 13(3), 033006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaafec>
- Michelsen, G. et Rieckmann, M. (2015). The contribution of education for sustainable development in promoting sustainable water use. Dans Leal Filho, W. et Sümer, V. (dir.), *Sustainable Water Use and Management: Examples of New Approaches and Perspectives*. Cham : Springer International. 103-117. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12394-3_6
- Millar, R.J., Fuglestad, J.S., Friedlingstein, P., Rogelj, J., Grubb, M.J., Matthews, H.D. et al. (2017). Emission budgets and pathways consistent with limiting warming to 1.5 °C. *Nature Geoscience* 10, 741-747. <https://doi.org/10.1038/ngeo3031>
- Mills, G., Sharps, K., Simpson, D., Pleijel, H., Broberg, M., Udding, J. et al. (2018). Ozone pollution will compromise efforts to increase global wheat production. *Global Change Biology* 24(8), 3560-3574. <https://doi.org/10.1111/gcb.14157>
- Milner, J., Green, R., Dangour, A.D., Haines, A., Chalabi, Z., Spadaro, J. et al. (2015). Health effects of adopting low greenhouse gas emission diets in the UK. *BMJ Open* 5(4), e007364. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-007364>
- Mochizuki, Y. et Bryan, A. (2015). Climate change education in the context of education for sustainable development: Rationale and principles. *Journal of Education for Sustainable Development* 9(1), 4-26. <https://doi.org/10.1177/0973408215569109>
- Modi, V., McDade, S., Lallemand, D. et Saghir, J. (2006). *Energy Services for the Millennium Development Goals: Achieving the Millennium Development Goals*. New York. <http://litw.org/wp-content/uploads/Energy-services-for-the-millennium-development-goals.pdf>
- Mogollón, J.M., Lassaletta, L., Beusen, A.H.W., van Grinsven, H.J.M., Westhoek, H. et Bouwman, A.F. (2018). Assessing future reactive nitrogen inputs into global croplands based on the shared socioeconomic pathways. *Environmental Research Letters* 13(4). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aab212>
- Mönkkönen, M., Juutinen, A., Maziotta, A., Miettinen, K., Podkopaev, D., Reunanen, P. et al. (2014). Spatially dynamic forest management to sustain biodiversity and economic returns. *Journal of Environmental Management* 134, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.12.021>
- Mora, C. et Sale, P.F. (2011). Ongoing global biodiversity loss and the need to move beyond protected areas: A review of the technical and practical shortcomings of protected areas on land and sea. *Marine Ecology Progress Series* 434, 251-266. <https://doi.org/10.3354/meps09214>
- Mora, C., Wei, C.-L., Rollo, A., Amaro, T., Baco, A.R., Billett, D. et al. (2013). Biotic and human vulnerability to projected changes in ocean biogeochemistry over the 21st century. *PLoS Biology* 11(10), e1001682. <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1001682>
- Mouratiadou, I., Biewald, A., Pehl, M., Bonsch, M., Baumstark, L., Klein, D. et al. (2016). The impact of climate change mitigation on water demand for energy and food: An integrated analysis based on the Shared Socioeconomic Pathways. *Environmental Science & Policy* 64, 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.007>
- Moyer, J.D. et Bohl, D.K. (2018). Alternative pathways to human development: Assessing trade-offs and synergies in achieving the Sustainable Development Goals. *Futures* 105, 199-210. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.10.007>
- Muller, A., Schader, C., El-Hage Scialabba, N., Brüggemann, J., Isensee, A., Erb, K.-H. et al. (2017). Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communications* 8(1290). <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w>
- Napp, T., Bernie, D., Thomas, R., Lowe, J., Hawkes, A. et Gambhir, A. (2017). Exploring the feasibility of low-carbon scenarios using historical energy transitions analysis. *Energies* 10(1), 116. <https://doi.org/10.3390/en10010116>
- Nerini, F.F., Tomei, J., To, L.S., Bisaga, I., Parikh, P., Black, M. et al. (2018). Mapping synergies and trade-offs between energy and the Sustainable Development Goals. *Nature Energy* 3(1), 10-15. <https://doi.org/10.1038/s41560-017-0036-5>



- Neumann, K., Verburg, P.H., Stehfest, E. et Müller, C. (2010). The yield gap of global grain production: A spatial analysis. *Agricultural Systems* 103(5), 316-326. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.02.004>.
- Neverre, N., Dumas, P. et Nassopoulos, H. (2016). Large-scale water scarcity assessment under global changes: Insights from a hydroeconomic framework. *Hydrology and Earth System Sciences*. <https://doi.org/10.5194/hess-2015-502>.
- Nilsson, M., Chisholm, E., Griggs, D., Howden-Chapman, P., McCollum, D., Messeri, P. et al. (2018). Mapping interactions between the sustainable development goals: Lessons learned and ways forward. *Sustainability Science*. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0604-z>.
- Nilsson, M., Griggs, D. et Visbeck, M. (2016). Policy: Map the interactions between Sustainable Development Goals. *Nature* 534(7607), 320-322. <https://doi.org/10.1038/534320a>.
- O'Driscoll, R., Stettler, M.E.J., Molden, N., Oxley, T. et ApSimon, H.M. (2018). Real world CO₂ and NO_x emissions from 149 Euro 5 and 6 diesel, gasoline and hybrid passenger cars. *Science of the Total Environment* 621, 282-290. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.271>.
- Obersteiner, M., Walsh, B., Frank, S., Havlik, P., Canale, M., Liu, J. et al. (2016). Assessing the land resource – Food price nexus of the Sustainable Development Goals. *Science Advances* 2(9), e1501499. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501499>.
- Oerke, E.C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science* 144(1), 31-43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>.
- Organisation des Nations Unies (2016). *Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*. Kigali, 15 octobre 2016. <https://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2016/CN.872.2016-Eng.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (1996). *Déclaration de Rome sur la sécurité alimentaire mondiale*. Sommet mondial de l'alimentation, Rome, 13-17 novembre. <http://www.fao.org/3/w3613f/w3613f00.htm>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2018). *AQUASTAT. Base de données*. <http://www.fao.org/aquastat/fr/databases/>.
- Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*. Paris. <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002474/247444e.pdf>.
- Organisation mondiale de la Santé (2006). *WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide: Global Update 2005. Summary of Risk Assessment*. Genève. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDF_PHE_OEH_06_02_eng.pdf.
- Organisation mondiale de la Santé (2014). *WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Household Fuel Combustion*. Genève. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/141496/9789241548885_eng.pdf.
- Organisation mondiale de la Santé et Fonds des Nations Unies pour l'enfance (2017). *Reaching the Every Newborn National 2020 Milestones: Country Progress, Plans and Moving Forward*. Genève. <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255719/9789241512619-eng.pdf>.
- Pachauri, S., van Ruijven, B.J., Nagai, Y., Riahi, K., van Vuuren, D.P., Brew-Hammond, A. et al. (2013). Pathways to achieve universal household access to modern energy by 2030. *Environmental Research Letters* 8(2), 024015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024015>.
- Pinto, F.S. et Marques, R.C. (2017). Desalination projects economic feasibility: A standardization of cost determinants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 78, 904-915. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.024>.
- Pollock, L.J., Thuiller, W. et Jetz, W. (2017). Large conservation gains possible for global biodiversity facts. *Nature* 546, 141-144. <https://doi.org/10.1038/nature22368>.
- Pommells, M., Schuster-Wallace, C., Watt, S. et Mulawa, Z. (2018). Gender violence as a water, sanitation, and hygiene risk: Uncovering violence against women and girls as it pertains to poor WASH access. *Violence against Women* 24(15), 1851-1862. <https://doi.org/10.1177/1077801218754410>.
- Popp, A., Calvin, K., Fujimori, S., Havlik, P., Humpenöder, F., Stehfest, E. et al. (2017). Land-use futures in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change* 42, 331-345. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.10.002>.
- Popp, A., Rose, S.K., Calvin, K., Van Vuuren, D.P., Dietrich, J.P., Wise, M. et al. (2014). Land-use transition for bioenergy and climate stabilization: Model comparison of drivers, impacts and interactions with other land use based mitigation options. *Climatic Change* 123(3-4), 495-509. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0926-x>.
- Pradhan, P., Costa, L., Rybski, D., Lucht, W. et Kropp, J.P. (2017). A systematic study of Sustainable Development Goal (SDG) interactions. *Earth's Future* 5(11), 1169-1179. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2017EF000632>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2017). *The Emissions Gap Report 2017: A UN Environment Synthesis Report*. Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf.
- Programme des Nations Unies pour le développement (2016). *Human Development Report 2016: Human Development for Everyone*. New York. http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf.
- Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau (2003). *Water for People, Water for Life: The United Nations World Water Development Report*. Paris: Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001297/129726e.pdf>.
- Programme pour l'eau et l'assainissement (2004). *The Case for Marketing Sanitation*. http://www.wsp.org/sites/wsp.org/files/publications/af_marketing.pdf.
- Qadir, M., Wichelns, D., Raschid-Sally, L., McCormick, P.G., Drechsel, P., Bahri, A. et al. (2010). The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agricultural Water Management* 97(4), 561-568. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.11.004>.
- Qureshi, M.E., Dixon, J. et Wood, M. (2015). Public policies for improving food and nutrition security at different scales. *Food Security* 7(2), 393-403. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0443-z>.
- Rao, N.D., Min, J., DeFries, R., Ghosh-Jerath, S., Valin, H. et Fanzo, J. (2018). Healthy, affordable and climate-friendly diets in India. *Global Environmental Change* 49, 154-165. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.02.013>.
- Rao, S., Klimont, Z., Smith, S.J., Van Dingenen, R., Dentener, F., Bouwman, L. et al. (2017). Future air pollution in the Shared Socio-economic Pathways. *Global Environmental Change* 42, 346-358. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.012>.
- Raskin, P., Banuri, T., Gallopin, G., Gutman, P., Hammond, A., Kates, R. et al. (2002). *Great Transition: The Promise and Lure of the Times Ahead. A Report of the Global Scenario Group*. Stockholm Environment Institute. <http://nwkates.org/pdfs/b2002.01.pdf>.
- Reddy, S.M.W., McDonald, R.I., Maas, A.S., Rogers, A., Girvetz, E.H., North, J. et al. (2015). Finding solutions to water scarcity: Incorporating ecosystem service values into business planning at the Dow Chemical Company's Freeport, TX facility. *Ecosystem Services* 12, 94-107. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.001>.
- Reilly, J., Melillo, J., Cai, Y., Kicklighter, D., Gurgel, A., Paltsev, S. et al. (2012). Using land to mitigate climate change: Hitting the target, recognizing the trade-offs. *Environmental Science & Technology* 46(11), 5672-5679. <https://doi.org/10.1021/es2034729>.
- Réseau d'action pour l'eau douce en Asie du Sud et Conseil de collaboration pour l'approvisionnement en eau et l'assainissement (2016). *Leave No One Behind: Voices of Women, Adolescent Girls, Elderly and Disabled People, and Sanitation Workers*. <https://www.wssco.org/media/resources/leave-no-one-behind-voices-women-adolescent-girls-elderly-and-disabled-people-and>.
- Riahi, K., Dentener, F., Glens, D., Grubler, A., Jewell, J., Klimont, Z. et al. (2012). Energy pathways for sustainable development. Dans *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future*. Cambridge: Cambridge University Press et International Institute for Applied Systems Analysis. Chapitre 17. 1203-1306. http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/GEA_Chapter17_pathways_lowres.pdf.
- Riahi, K., Kriegler, E., Johnson, N., Bertram, C., den Elzen, M., Eom, J. et al. (2015). Locked into Copenhagen pledges – Implications of short-term emission targets for the cost and feasibility of long-term climate goals. *Technological Forecasting and Social Change* 90, 8-23. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.09.016>.
- Riahi, K., van Vuuren, D.P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B.C., Fujimori, S. et al. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change* 42, 153-168. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>.
- Rogelj, J., Popp, A., Calvin, K.V., Luderer, G., Emmerling, J., Gernaat, E. et al. (2018). Scenarios towards limiting global mean temperature increase below 1.5 °C. *Nature Climate Change* 8, 325-332. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0091-3>.
- Rogelj, J., Schaeffer, M., Friedlingstein, P., Gillett, N.P., van Vuuren, D.P., Riahi, K. et al. (2016). Differences between carbon budget estimates unraveled. *Nature Climate Change* 6, 245-252. <https://doi.org/10.1038/nclimate2868>.
- Rojas, R.V., Achouri, M., Maroulis, J. et Caon, L. (2016). Healthy soils: A prerequisite for sustainable food security. *Environmental Earth Sciences* 75(3), 180. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-5099-7>.
- Romero, E., Garnier, J., Lassaletta, L., Billen, G., Le Gendre, R., Riou, P. et al. (2013). Large-scale patterns of river inputs in southwestern Europe: Seasonal and interannual variations and potential eutrophication effects at the coastal zone. *Biogeochemistry* 113(1-3), 481-505. <https://doi.org/10.1007/s10533-012-9778-0>.
- Röös, E., Bajželj, B., Smith, P., Patel, M., Little, D. et Garnett, T. (2017). Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. *Global Environmental Change* 47, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.001>.
- Sahoo, K.C., Hullah, K.R.S., Caruso, B.A., Swain, R., Freeman, M.C., Panigrahi, P. et al. (2015). Sanitation-related psychosocial stress: A grounded theory study of women across the life-course in Odisha, India. *Social Science & Medicine* 139, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2015.06.031>.
- Sallia, G., Saleh, R., Zhao, Y., Presto, A.A., Lambe, A.T., Frodin, B. et al. (2017). Comparison of Gasoline Direct-Injection (GDI) and Port Fuel Injection (PFI) vehicle emissions: Emission certification standards, cold-start, secondary organic aerosol formation potential, and potential climate impacts. *Environmental Science & Technology* 51(11), 6542-6552. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b06509>.
- Sandker, M., Ruiz-Perez, M. et Campbell, B.M. (2012). Trade-offs between biodiversity conservation and economic development in five tropical forest landscapes. *Environmental Management* 50(4), 633-644. <https://doi.org/10.1007/s00267-012-9888-4>.
- Schipper, L. et Meyers, S. (1992). *Energy Efficiency and Human Activity: Past Trends, Future Prospects*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/9780521461000>.
- Schneider, M.K., Lüscher, G., Jeanneret, P., Arndorfer, M., Ammari, Y., Bailey, D. et al. (2014). Gains to species diversity in organically farmed fields are not propagated at the farm level. *Nature Communications* 5, 4151. <https://doi.org/10.1038/ncomms5151>.
- Scott, C.A., Vicuña, S., Blanco-Gutiérrez, I., Meza, F. et Varela-Ortega, C. (2014). Irrigation efficiency and water-policy implications for river basin resilience. *Hydrology and Earth System Sciences* 18, 1339-1348. <https://doi.org/10.5194/hess-18-1339-2014>.
- Shindell, D., Borgford-Parnell, N., Brauer, M., Haines, A., Kuylenstierna, J.C.I., Leonard, S.A. et al. (2017). A climate policy pathway for near- and long-term benefits. *Science* 356(6337), 493-494. <https://doi.org/10.1126/science.aak9521>.
- Shindell, D., Kuylenstierna, J.C.I., Vignati, E., van Dingenen, R., Amann, M., Klimont, Z. et al. (2012). Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security. *Science* 335(6065), 183-189. <https://doi.org/10.1126/science.1210026>.
- Silbiger, N.J., Nelson, C.E., Remple, K., Sevilla, J.K., Quinlan, Z.A., Putnam, H.M. et al. (2018). Nutrient pollution disrupts key ecosystem functions on coral reefs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285(1880). <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2718>.
- Singh, G.G., Cisneros-Montemayor, A.M., Swartz, W., Cheung, W., Guy, J.A., Kenny, T.A. et al. (2017). A rapid assessment of co-benefits and trade-offs among Sustainable Development Goals. *Marine Policy* 93, 223-231. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.030>.
- Slade, R., Bauen, A. et Gross, R. (2014). Global bioenergy resources. *Nature Climate Change* 4(2), 99-105. <https://doi.org/10.1038/nclimate2097>.
- Smith, L.C. et Haddad, L. (2000). *Explaining Child Malnutrition in Developing Countries: A Cross-Country Analysis*. Washington: Institut international de recherche sur les politiques alimentaires. <https://ageconsearch.umn.edu/bitstream/94515/2/explaining%20child%20malnutrition%20in%20developing%20countries.pdf>.
- Smith, P., Davis, S.J., Creutzig, F., Fuss, S., Minx, J., Gabrielle, B. et al. (2016). Biophysical and economic limits to negative CO₂ emissions. *Nature Climate Change* 6(1), 42-50. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2870>.
- Smith, P., Bustamante, A., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elisiddig, E.A. et al. (2014). Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). Dans *Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. et al. (dir.). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. Chapitre 11. 811-922. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf.
- Soares, R.R. (2006). The effect of longevity on schooling and fertility: Evidence from the Brazilian Demographic and Health Survey. *Journal of Population Economics* 19(1), 71-97. <https://doi.org/10.1007/s00148-005-0018-y>.
- Sommer, M., Ferron, S., Cavill, S. et House, S. (2015). Violence, gender and WASH: Spurring action on a complex, under-documented and sensitive topic. *Environment and Urbanization* 27(1), 105-116. <https://doi.org/10.1177/0956247814564528>.
- Sorenson, S.B., Morssink, C. et Campos, P.A. (2011). Safe access to safe water in low income countries: Water fetching in current times. *Social Science & Medicine* 72(9), 1522-1526. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2011.03.010>.



- Springmann, M., Wiebe, K., Mason-D'Croz, D., Sulser, T.B., Rayner, M. et Scarborough, P. (2018). Health and nutritional aspects of sustainable diet strategies and their association with environmental impacts: A global modelling analysis with country-level detail. *The Lancet Planetary Health* 2(10), e451-e461. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30206-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30206-7).
- Stehfest, E., Bouwman, L., van Vuuren, D.P., den Elzen, M.G.J., Eickhout, B. et Kabat, P. (2009). Climate benefits of changing diet. *Climatic Change* 95(1-2), 83-102. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9534-6>.
- Stohl, A., Aamaas, B., Arnann, M., Baker, L.H., Bellouin, N., Bernsten, T.K. et al. (2015). Evaluating the climate and air quality impacts of short-lived pollutants. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15, 10529-10566. <https://doi.org/10.5194/acp-15-10529-2015>.
- Suri, T., Booser, M.A., Ranis, G. et Stewart, F. (2011). Paths to success: The relationship between human development and economic growth. *World Development* 39(4), 506-522. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.08.020>.
- Sutton, M.A. et Bleeker, A. (2013). The shape of nitrogen to come. *Nature* 494(7438), 435-437. <https://doi.org/10.1038/nature11954>.
- Sweeney, J.L. (2016). *Energy Efficiency: Building a Clean, Secure Economy*. Hoover Institution Press. <https://catalogue.nla.gov.au/Record/77296170>.
- Tabata, K. (2005). Population aging, the costs of health care for the elderly and growth. *Journal of Macroeconomics* 27(3), 472-493. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2004.02.008>.
- Talhelm, A.F., Pregitzer, K.S., Kubiske, M.E., Zak, D.R., Campy, C.E., Burton, A.J. et al. (2014). Elevated carbon dioxide and ozone alter productivity and ecosystem carbon content in northern temperate forests. *Global Change Biology* 20(8), 2492-2504. <https://doi.org/10.1111/gcb.12564>.
- Tanaka, K., Bernsten, T., Fuglested, J.S. et Ryppdal, K. (2012). Climate effects of emission standards: The case for gasoline and diesel cars. *Environmental Science & Technology* 46(9), 5205-5213. <https://doi.org/10.1021/es204190w>.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. et Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(50), 20260-20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>.
- Tilman, D. et Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature* 515, 518-522. <https://doi.org/10.1038/nature13959>.
- Tilman, D., Clark, M., Williams, D.R., Kimmel, K., Polasky, S. et Packer, C. (2017). Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature* 546(7656), 73-81. <https://doi.org/10.1038/nature22900>.
- Tuck, S.L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L.A. et Bengtsson, J. (2014). Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: A hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 51(3), 746-755. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12219>.
- Van der Esch, S., ten Brink, B., Stehfest, E., Balkenes, M., Sewell, A., Bouwman, A. et al. (2017). *Exploring Future Changes in Land Use and Land Condition and the Impacts on Food, Water, Climate Change and Biodiversity: Scenarios for the UNCCD Global Land Outlook*. La Haye : Bureau d'évaluation environnementale. <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-exploring-future-changes-in-land-use-and-land-condition-2076b.pdf>.
- van der Zwaan, B.C.C., Rösler, H., Kober, T., Aboumahboub, T., Calvin, K.V., Gernaat, D.E.H.J. et al. (2013). A cross-model comparison of global long-term technology diffusion under a 2 °C climate change control target. *Climate Change Economics* 4(4), 1-24. <https://doi.org/10.1142/S2010007813400137>.
- Van Dingenen, R., Dentener, F., Crippa, M., Leita, J., Marmer, E., Rao, S. et al. (2018). TMS-FASST: A global atmospheric source-receptor model for rapid impact analysis of emission changes on air quality and short-lived climate pollutants. *Atmospheric Chemistry and Physics* 18, 16173-16211. <https://doi.org/10.5194/acp-18-16173-2018>.
- van Puijenbroek, P.J.T.M., Beusen, A.H.W. et Bouwman, A.F. (2019). Global nitrogen and phosphorus in urban waste water based on the Shared Socio-economic Pathways. *Journal of Environmental Management* 231, 446-456. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.048>.
- van Puijenbroek, P.J.T.M., Bouwman, A.F., Beusen, A.H.W. et Lucas, P.L. (2015). Global implementation of two shared socioeconomic pathways for future sanitation and wastewater flows. *Water Science & Technology* 71(2), 227-233. <https://doi.org/10.2166/wst.2014.498>.
- van Ruijven, B.J. (2008). *Energy and Development: A Modelling Approach*. Thèse de doctorat, université d'Utrecht. <https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/31562/ruijven.pdf>.
- van Sluiseveld, M.A.E., Harmsen, J.H.M., Bauer, N., McCollum, D.L., Riahi, K., Tavoni, M. et al. (2015). Comparing future patterns of energy system change in 2 °C scenarios with historically observed rates of change. *Global Environmental Change* 35, 436-449. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.09.019>.
- van Vuuren, D.P., Hof, A.F., van Sluiseveld, M.A.E. et Riahi, K. (2017b). Open discussion of negative emissions is urgently needed. *Nature Energy* 2(12), 902-904. <https://doi.org/10.1038/s41560-017-0055-2>.
- van Vuuren, D.P., Kok, M., Lucas, P.L., Prins, A.G., Alkemade, R., van den Berg, M. et al. (2015). Pathways to achieve a set of ambitious global sustainability objectives by 2050: Explorations using the IMAGE integrated assessment model. *Technological Forecasting and Social Change* 98, 303-323. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.03.005>.
- van Vuuren, D.P., Kok, M.T.J., Girod, B., Lucas, P.L. et de Vries, B. (2012). Scenarios in Global Environmental Assessments: Key characteristics and lessons for future use. *Global Environmental Change* 22(4), 884-895. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.06.001>.
- van Vuuren, D.P., Stehfest, E., Gernaat, D.E.H.J., Doelman, J.C., van den Berg, M., Harmsen, M. et al. (2017a). Energy, land-use and greenhouse gas emissions trajectories under a green growth paradigm. *Global Environmental Change* 42(1), 237-250. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.008>.
- van Vuuren, D.P., Stehfest, E., Gernaat, D.E.H.J., van den Berg, M., Bijl, D.L., de Boer, H.S. et al. (2018). Alternative pathways to the 1.5 °C target reduce the need for negative emission technologies. *Nature Climate Change* 8(5), 391-397. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0119-8>.
- van Vuuren, D.P., van Soest, H., Riahi, K., Clarke, L., Krey, V., Kriegler, E. et al. (2016). Carbon budgets and energy transition pathways. *Environmental Research Letters* 11(7). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/7/075002>.
- van Zanten, H.H.E., Bikker, P., Meerburg, B.G. et de Boer, I.J.M. (2018). Attributional versus consequential life cycle assessment and feed optimization: Alternative protein sources in pig diets. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 23(1), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1299-6>.
- van Zon, A. et Muysken, J. (2003). *Health as a Principal Determinant of Economic Growth*. Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology, université de Maastricht. <http://collections.unu.edu/eserv/UNU:1144/rm2003-021.pdf>.
- Verner, D. (2004). *Education and Its Poverty-Reducing Effects: The Case of Paraíba, Brazil*. Document de travail sur la recherche politique de la Banque mondiale. Washington : Banque mondiale. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/14083/wps3321.pdf>.
- von Stechow, C., Minx, J.C., Riahi, K., Jewell, J., McCollum, D.L., Callaghan, M.W. et al. (2016). 2 °C and SDGs: United they stand, divided they fall? *Environmental Research Letters* 11(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/034022>.
- Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P. et al. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467(7315), 555-561. <https://doi.org/10.1038/nature09440>.
- Wada, Y., Flörke, M., Hanasaki, N., Eisner, S., Fischer, G., Tramberend, S. et al. (2016). Modeling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WfAs) initiative and its approaches. *Geoscientific Model Development* 9(1), 175-222. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-175-2016>.
- Wada, Y., Gleeson, T. et Esnault, L. (2014). Wedge approach to water stress. *Nature Geoscience* 7(9), 615-617. <https://doi.org/10.1038/ngeo2241>.
- Wanner, N., Cafiero, C., Troubat, N. et Conforti, P. (2014). *Refinements to the FAO Methodology for Estimating the Prevalence of Undernourishment Indicator*. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/3/a-i4046e.pdf>.
- Watt, S. et Chamberlain, J. (2011). Water, climate change, and maternal and newborn health. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3(6), 491-496. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.10.008>.
- Weitz, N., Carlsen, H., Nilsson, M. et Skånberg, K. (2018). Towards systemic and contextual priority setting for implementing the 2030 Agenda. *Sustainability Science* 13(2), 531-548. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0470-0>.
- West, P.C., Gerber, J.S., Engstrom, P.M., Mueller, N.D., Brauman, K.A., Carlson, K.M. et al. (2014). Leverage points for improving global food security and the environment. *Science* 345(6194), 325-328. <https://doi.org/10.1126/science.1246067>.
- Wicke, B. (2011). *Bioenergy Production on Degraded and Marginal Land: Assessing Its Potentials, Economic Performance, and Environmental Impacts for Different Settings and Geographical Scales*. Université d'Utrecht. <https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/203772/wicke.pdf>.
- Wolff, S., Schrammeijer, E.A., Schulp, C.J.E. et Verburg, P.H. (2018). Meeting global land restoration and protection targets: What would the world look like in 2050? *Global Environmental Change* 52, 259-272. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.08.002>.
- Wood, S.L.R., Jones, S.K., Johnson, J.A., Brauman, K.A., Chaplin-Kramer, R., Fremier, A. et al. (2018). Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosystem Services* 29, 70-82. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.10.010>.
- Worm, B., Barbier, E.B., Beaumont, N., Duffy, J.E., Folke, C., Halpern, B.S. et al. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314(5800), 787-790. <https://doi.org/10.1126/science.1132294>.
- Xu, Y. et Ramanathan, V. (2017). Well below 2 °C: Mitigation strategies for avoiding dangerous to catastrophic climate changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(39), 10315-10323. <https://doi.org/10.1073/pnas.1618481114>.
- Yamagata, Y., Hanasaki, N., Ito, A., Kinoshita, T., Murakami, D. et Zhou, Q. (2018). Estimating water-food-ecosystem trade-offs for the global negative emission scenario (IPCC-RC2.6). *Sustainability Science* 13(2), 301-313. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0522-5>.
- Yoshikawa, H., Aber, J.L. et Beardslee, W.R. (2012). The effects of poverty on the mental, emotional, and behavioral health of children and youth: Implications for prevention. *American Psychologist* 67(4), 272-284. <https://doi.org/10.1037/a0028015>.
- Zhang, W., Cao, G., Li, X., Zhang, H., Wang, C., Liu, Q. et al. (2016). Closing yield gaps in China by empowering smallholder farmers. *Nature* 537(7622), 671-674. <https://doi.org/10.1038/nature19368>.
- Zhang, X., Davidson, E.A., Mauzerall, D.L., Searchinger, T.D., Dumas, P. et Shen, Y. (2015). Managing nitrogen for sustainable development. *Nature* 528, 51-59. <https://doi.org/10.1038/nature15743>.
- Zhao, Z.Q., Bai, Z.H., Winiwarter, W., Kiesewetter, G., Heyes, C. et Ma, L. (2017). Mitigating ammonia emission from agriculture reduces PM_{2.5} pollution in the Hai River Basin in China. *Science of the Total Environment* 609, 1152-1160. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.240>.
- Zhou, X. et Moinuddin, M. (2017). *Sustainable Development Goals Interlinkages and Network Analysis: A Practical Tool for SDG Integration and Policy Coherence*. Institute for Global Environmental Strategies. Hayama. https://www.iges.or.jp/en/publication_documents/pub/researchreport/en/6026/IGES_Research+Report_SDG+interlinkages_Publication.pdf.
- Zhu, R., Hu, J., Bao, X., He, L., Lai, Y., Zu, L. et al. (2016). Tailpipe emissions from gasoline direct injection (GDI) and port fuel injection (PFI) vehicles at both low and high ambient temperatures. *Environmental Pollution* 216, 223-234. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.066>.
- Zimmerman, N., Wang, J.M., Jeong, C.-H., Wallace, J.S. et Evans, G.J. (2016). Assessing the climate trade-offs of gasoline direct injection engines. *Environmental Science & Technology* 50(15), 8385-8392. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01800>.





Les initiatives ascendantes et les approches participatives



Auteure coordonnatrice : Laura Pereira (Centre des systèmes complexes en transition, université de Stellenbosch)

Auteurs principaux : Ghassem Asrar (Pacific Northwest National Laboratory), Laur Hesse Fisher (Massachusetts Institute of Technology), Angel Hsu (université Yale), Jeanne Nel (université Vrije d'Amsterdam), Nadia Sitas (Conseil pour la recherche scientifique et industrielle, Afrique du Sud), James Ward (université de l'Australie-Méridionale) et Joost Vervoort (université d'Utrecht)

Auteurs collaborateurs : Odirilwe Selomane (Stockholm Resilience Centre, université de Stockholm), Christopher Trisos (National Socio-Environmental Synthesis Center, États-Unis), Thomas Malone (Massachusetts Institute of Technology) et Yaolin Zhang (Yale-NUS College)

Membres honoraires de GEO : Rohan Bhargava (université d'Utrecht), Mandy Angèl van den Ende (université d'Utrecht) et Amy Weinfurter (université Yale)



Le défi du développement durable offre la possibilité de mettre en œuvre des évaluations et des perspectives environnementales fondées sur des approches par scénarios mieux intégrées à l'échelle mondiale et locale, afin de contribuer à la prise de décision concernant l'ensemble des 17 objectifs de développement durable (ODD), et ce à tous les niveaux (local, national, régional et mondial) (établi, mais incomplet). L'adoption d'un point de vue ascendant, fondé sur des pratiques et des scénarios locaux, peut offrir des avantages liés à l'examen de perspectives alternatives, ancrées dans les réalités locales et ayant pour point de départ des mesures concrètes susceptibles d'être déployées à plus grande échelle. En s'appuyant sur une combinaison d'approches descendantes et ascendantes pour élaborer des scénarios à plusieurs niveaux, on ouvre la voie à la prise en compte des processus mondiaux dans les mesures locales et à l'intégration de ces dernières dans les accords internationaux. L'élaboration d'approches en collaboration avec diverses parties prenantes permettra de surmonter les difficultés actuelles liées à l'approfondissement et au déploiement à grande échelle des innovations, et au transfert de enseignements et des résultats les plus pertinents depuis le niveau local vers les niveaux régional et mondial, et inversement. {23.1}

L'approche ascendante met en jeu un large éventail de connaissances, de perspectives et d'opinions scientifiques et tournées vers l'action, relatives à l'instauration d'un monde souhaitable et aux différents moyens d'y parvenir, notamment les trajectoires vers la réalisation d'objectifs de durabilité à long terme (par exemple, les ODD) (établi, mais incomplet). Étant donné qu'il n'existe pas de solution unique pour parvenir à la durabilité, il est essentiel de pouvoir s'appuyer sur des perspectives multiples pour définir les différentes formes que pourrait revêtir un avenir souhaitable. En combinant des plateformes participatives, des ateliers participatifs réalisés dans différentes régions du monde, des analyses des solutions existantes en matière de durabilité et une évaluation des perspectives régionales, il est possible de mettre en œuvre des méthodes novatrices pour établir un lien entre les résultats génériques des modèles mondiaux et les informations et idées complémentaires issues du niveau local. Le résultat de la mise en œuvre d'un tel cadre novateur fournit aux décideurs et aux professionnels des informations et des connaissances utiles et pertinentes, permettant d'éclairer la prise de décisions relatives aux moyens de parvenir à un avenir durable. {23.4, 23.6}

On observe actuellement le déploiement de nombreux efforts ascendants visant la réalisation des ODD et d'autres accords multilatéraux sur l'environnement, ainsi que des actions destinées à soutenir et à faciliter la cohérence entre ces différents instruments (établi, mais incomplet). L'examen des plateformes d'initiatives ascendantes permet de se faire une première idée de la portée et de la nature des idées, des actions et des programmes qui prétendent contribuer à la réalisation des objectifs de développement durable. La grande majorité des plateformes sont d'envergure internationale ; elles s'inspirent d'exemples issus du monde entier et encouragent les interactions à l'échelle mondiale. La plupart de ces plateformes facilitent le partage de connaissances et la recherche de solutions de deux façons. La première consiste à mettre en commun les exemples, les solutions et les bonnes pratiques (par exemple, l'initiative phare Élan pour le changement de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques [CCNUCC], Solutions pour une planète saine de PANORAMA et le Panorama mondial des approches et des

technologies de conservation [WOCAT] ; voir l'annexe 23-1) ; la seconde consiste à créer des forums pour le partage d'outils et de savoir-faire techniques ou régionaux, au service des activités de terrain (par exemple, la plateforme de connaissances Biofin, le ClimateTechWiki). D'autres plateformes font appel à des concours ou à la production participative (*crowdsourcing*) pour générer et synthétiser des solutions à des problèmes difficiles (par exemple, VertMTL et le Climate CoLab du MIT). Ces plateformes soulignent l'importance d'impliquer une plus grande diversité de personnes pour apporter des compléments aux politiques et initiatives gouvernementales. {23.9}

Les évaluations régionales du Rapport GEO mettent en évidence les pressions environnementales mondiales à prendre en compte pour l'avenir, ainsi que les priorités et les solutions régionales qui jouent un rôle essentiel dans les processus décisionnels (bien établi). Le Rapport GEO-Afrique met l'accent sur le développement dit « sans transition » et insiste sur l'importance des infrastructures résilientes et sobres en carbone pour répondre aux besoins dans les domaines de l'alimentation, de l'énergie, de l'eau et du logement, tout en préservant les atouts écologiques du continent. La région Asie-Pacifique a des priorités différentes, mettant notamment l'accent sur la réduction des risques de catastrophe. Les villes intelligentes y sont présentées comme des solutions possibles, compte tenu des tendances démographiques et de l'urbanisation. L'Amérique latine et les Caraïbes s'attachent à dissocier la croissance économique de l'utilisation des ressources naturelles par une gestion durable et une résilience fondée sur les écosystèmes. L'Europe reconnaît la nécessité de modifier les modes de vie et de consommation pour réaliser les objectifs de durabilité. L'Amérique du Nord a procédé à une analyse de scénarios, mais cette dernière met l'accent sur l'innovation technologique et la révolution des données en tant que mécanismes pour la réalisation du développement durable. L'Asie occidentale insiste sur la paix et la sécurité, et sur l'importance de la gestion intégrée pour des ressources naturelles limitées telles que l'eau. Le changement climatique est une force motrice prise en compte dans toutes les régions, mais les trajectoires d'adaptation et d'atténuation s'inscrivent dans des cadres spécifiques. {23.10}

L'analyse ascendante présente des lacunes en matière de données et de connaissances, d'où la nécessité d'élargir les approches participatives à toutes les échelles (non résolu). Les lacunes associées à ces processus ascendants peuvent être regroupées en quatre grandes catégories : 1) Les lacunes relatives aux interconnexions entre régions : la plupart des évaluations régionales omettent de faire ressortir les liens et les relations d'interdépendance entre les différentes régions. 2) Les lacunes relatives aux thèmes transversaux tels que le genre, l'équité et l'inégalité, qui concernent exclusivement les évaluations mises en œuvre par l'Afrique et la région Amérique latine et Caraïbes. Il est plus probable que ces problèmes soient résolus par l'intermédiaire d'une approche ascendante. 3) Les lacunes relatives à certaines ressources : les interventions relatives à l'eau douce et aux océans sont les moins souvent traitées dans les initiatives ascendantes. Les propositions et initiatives du Climate CoLab se concentrent sur les interventions dans le domaine de l'eau douce, et plus particulièrement sur les services d'eau, d'assainissement et d'hygiène. Aucune initiative ascendante ne porte sur la désalinisation ou la réglementation des océans. 4) Les lacunes en matière de bien-être humain : il s'agit notamment des solutions principalement axées sur la réduction de la pauvreté. Une seule proposition, portée par le Climate CoLab, aborde les soins de santé maternelle et infantile. Ces constats font ressortir l'importance des interventions gouvernementales ciblant ces aspects particuliers. {23.9}



Les approches participatives visant à recenser et à évaluer les solutions transformatrices ainsi qu'à envisager des trajectoires vers une durabilité accrue peuvent être utiles aux décideurs en leur offrant une vue d'ensemble sur les initiatives et les solutions synergiques concrètes (*établi, mais incomplet*). La collaboration avec les parties prenantes dans le cadre d'ateliers mondiaux et du Climate CoLab, permettrait au rapport GEO-6 d'obtenir un large éventail de solutions et de visions susceptibles de compléter et, éventuellement, d'enrichir les données quantitatives des modèles d'évaluation intégrée. Ces approches participatives peuvent aider à recentrer le travail consacré aux perspectives en privilégiant la méthode sur l'objet. Par exemple, on a beaucoup mis l'accent sur les systèmes alimentaires en tant que points d'intervention critiques pour l'évolution vers une planète saine et des populations en bonne santé. Le chapitre 22 propose des cibles d'amélioration des rendements et des solutions générales, telles que le changement de régime alimentaire et la réduction de l'utilisation des pesticides. Elles sont complétées par des initiatives issues des ateliers et du Climate CoLab, qui s'appuient sur des campagnes en cours et proposent des moyens de promouvoir le changement de régime alimentaire et l'innovation pour une agriculture durable à rendement plus élevé. On pense par exemple aux applications qui promeuvent l'économie de partage afin de réduire le gaspillage alimentaire dans les villes, à l'agriculture urbaine, à l'aquaculture et aux échanges de savoirs autochtones et locaux. {23.12}

Les transformations vers la durabilité exigent des innovations sociales et techniques ainsi qu'un cadre stratégique favorisant le déploiement de ces idées et ces solutions à grande échelle (*établi, mais incomplet*). Les transformations vers la durabilité renvoient aux changements systémiques nécessaires pour passer des trajectoires actuelles à un avenir plus durable. La transformation se décompose souvent en plusieurs phases et périodes temporelles : le statu quo problématique, une phase de préparation caractérisée par le début du développement des innovations, une phase de navigation ou d'accélération marquée par le développement des innovations et leur intégration au nouveau système, puis une phase d'institutionnalisation qui permet d'inscrire le nouveau système dans une perspective

durable à long terme. Chacune de ces phases exige des conditions de gouvernance très favorables pour que les transformations se produisent efficacement :

Des conditions favorables à la mise à l'échelle appropriée des innovations (créer et soutenir le marché des innovations ; soutenir l'expérimentation et l'apprentissage des innovations ; mobiliser des ressources financières et humaines) ;

Des conditions de rupture permettant d'affaiblir les structures problématiques existantes (politiques contraignantes ; réforme réglementaire ; réduction du soutien au régime existant ; changements au niveau des réseaux, des acteurs clés et de leurs relations). {23.12}

L'analyse combinée des solutions ascendantes et régionales menant à une planète saine pour des populations en bonne santé fait apparaître la nécessité de tenir compte d'un vaste ensemble d'acteurs, de favoriser une justice distributive et de garantir un processus équitable pour l'identification des zones d'intervention (*établi, mais incomplet*). De nombreuses solutions offrent aux pays en développement la possibilité de s'inscrire sans transition dans une trajectoire de développement plus durable et plus équitable. Les technologies de l'information et de la communication (TIC) jouent un rôle majeur en tant qu'outil de changement. En outre, les trajectoires ascendantes permettent d'explicitier le rôle des différents acteurs de la société.

Par exemple, les pouvoirs publics municipaux ont un rôle important à jouer dans de nombreuses initiatives évaluées dans le présent rapport, tout comme les réseaux mondiaux de villes durables ou de coopératives énergétiques, par exemple. Sur la base des expériences du rapport GEO-6, l'amélioration future du travail participatif passe par : i) une collaboration d'envergure mondiale avec des parties prenantes issues d'horizons plus divers ; ii) l'importance accordée à la collecte de données utiles aux politiques, notamment sur le rôle des différents acteurs et les obstacles au changement ; iii) l'amélioration des processus de transformation et la mise en œuvre d'interventions fondées sur une meilleure prise en compte des impacts en matière d'équité. {23.13}



23.1 Introduction

Le rythme rapide et l'ampleur des changements sociétaux et environnementaux qui caractérisent l'Anthropocène, où l'activité humaine domine la plupart des processus de la Terre (Crutzen, 2006 ; Leach *et al.*, 2013 ; Steffen *et al.*, 2015), influent sur la façon de réaliser les évaluations. Les évaluations environnementales mondiales (y compris le rapport GEO-6) délaissent les enjeux relatifs aux tendances actuelles (situation actuelle en matière de biodiversité, etc.) au profit d'une réflexion sur les transformations nécessaires à l'instauration d'un avenir plus durable et sur les moyens d'y parvenir (interventions nécessaires pour maintenir le réchauffement climatique en deçà de 1,5 °C, etc.) (Kowarsch *et al.*, 2017 ; Minx *et al.*, 2017). Les décideurs, les chercheurs et les professionnels réclament une analyse plus approfondie et plus explicite des options d'intervention et des politiques à mettre en œuvre (Jabbour et Flachslund, 2017). Ce changement d'intention et d'orientation est particulièrement pertinent dans le contexte des objectifs de développement durable (ODD), à travers lesquels les nations se sont donné pour ambition de réaliser à l'horizon 2030 un large éventail d'objectifs sociaux, économiques et environnementaux intégrés et reconnus à l'échelle internationale. Toutefois, la prise de décision à moyen et à long terme est compliquée par les incertitudes relatives à l'avenir et par la difficulté à identifier les moyens de transformer les politiques et les pratiques existantes pour obtenir les résultats souhaités (Miller, 2013 ; Miller, Poli et Rossel, 2013 ; Bennett *et al.*, 2016).

Les évaluations environnementales mondiales recueillent, synthétisent et interprètent les informations existantes afin de fournir des données utiles aux décideurs et d'aider les gouvernements à établir un consensus lors de la négociation de traités et d'accords internationaux complexes (par exemple, l'Accord de Paris sur le climat et le Programme des Nations Unies pour le développement durable à l'horizon 2030) (Jabbour et Flachslund, 2017). Toutefois, bien que les évaluations environnementales mondiales s'appuient souvent sur des scénarios quantitatifs à l'échelle mondiale pour évaluer les différentes perspectives d'avenir et se repérer malgré les incertitudes (van Vuuren *et al.*, 2012), elles peinent à intégrer des dynamiques susceptibles de faire le lien entre les niveaux local, régional et mondial (Bennett *et al.*, 2003). De plus, les modèles d'évaluation intégrée comme ceux qui nous ont permis d'élaborer des scénarios quantitatifs mondiaux au chapitre 22 ne sont pas adaptés à la simulation de décisions impliquant plusieurs niveaux de compétence et des acteurs variés. Ils ne peuvent donc pas saisir l'impact des tendances qui émergent dans des contextes géographiques relativement circonscrits. Par conséquent, bien que ces scénarios présentent des perspectives archétypiques et unifiées à l'échelle mondiale, les décideurs ne savent pas toujours comment les exploiter dans leurs politiques nationales ni les adapter aux décisions et aux mesures locales (Biggs *et al.*, 2015 ; Pereira *et al.*, 2018a).

Pour être efficace, une trajectoire de transformation doit reposer sur une bonne compréhension des éléments suivants :

- i) La façon dont les changements transformateurs se produisent aux échelons local, national, régional et mondial ;
- ii) Les acteurs et les technologies de rupture (qui remplacent les technologies existantes et ouvrent de nouveaux marchés) à l'origine de ces changements ;
- iii) Les éventuelles conséquences des mesures transformatrices envisagées sur les interactions entre les différentes échelles géographiques (Cash *et al.*, 2006 ; Feola, 2015 ; Patterson *et al.*, 2017).

C'est ici que la combinaison de scénarios descendants et d'analyses ascendantes revêt une importance cruciale.

Dans le présent chapitre, nous évaluons les processus participatifs et les pratiques locales visant à transformer l'avenir et nous

proposons une illustration concrète des interventions proposées au chapitre 22 en faisant appel à des exemples existants. Les sections ci-après proposent des informations contextuelles relatives aux interactions entre les différentes échelles dans les évaluations inframondiales et aux travaux de recherche portant sur l'agrégation des pratiques locales au service d'une mise en œuvre efficace des ODD. La description de la méthodologie utilisée pour l'analyse ascendante dans le cadre du rapport GEO-6 est suivie d'une présentation des résultats de l'évaluation et des enseignements tirés de l'analyse.

23.2 L'intégration des évaluations mondiales et des analyses ascendantes

L'évaluation des trajectoires de transformation peut être menée de l'échelle mondiale à l'échelle locale, ou de l'échelle locale à l'échelle mondiale. Par exemple, les chapitres 21 et 22 présentent des analyses de scénarios et de trajectoires d'envergure mondiale, qui peuvent également être appliquées aux échelons local et régional. De même, une trajectoire peut être formulée de manière ascendante, en prenant pour point de départ des initiatives existantes dotées d'un potentiel transformateur (Pereira *et al.*, 2018b). Comme nous l'avons décrit au chapitre 22, les scénarios mondiaux intègrent des modèles et des données à l'échelle mondiale pour aboutir à des projections relatives aux trajectoires et aux résultats susceptibles d'advenir. Ces méthodes permettent d'explorer un large éventail d'avenirs possibles (scénarios exploratoires), ainsi que les impacts des différentes solutions ou options stratégiques recommandées (scénarios de recherche de cibles) (van Vuuren *et al.*, 2012 ; Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques [IPBES], 2016). Toutefois, la plupart des approches globales et des modèles d'évaluation intégrée échouent à envisager efficacement : 1) les rôles et le comportement d'acteurs spécifiques et les mécanismes politiques qui soutiennent la transformation à différents niveaux ; 2) les technologies de rupture ; 3) la ventilation géographique.

Au contraire, les approches participatives qui caractérisent les scénarios locaux reposent sur des trames et des initiatives existantes, qui permettent d'anticiper et d'observer le comportement des acteurs, d'envisager des transformations majeures et d'élaborer des trajectoires concrètes, adaptées au contexte local (Merrie *et al.*, 2018). Toutefois, ces scénarios locaux sont confrontés au défi de la mise à l'échelle et du transfert des connaissances et des résultats accumulés à partir de cas individuels, depuis l'échelle locale vers l'échelle régionale et mondiale. En outre, les approches locales n'ont pas la précision des approches modélisées, car elles ne sont souvent que partiellement quantifiées ou agrégées, ce qui limite les possibilités de déploiement à plus grande échelle.

Grâce à ces nouveaux points de départ, il est possible d'élaborer des scénarios descendants et ascendants à différents niveaux. Dans le premier cas, on réduit l'envergure des scénarios mondiaux pour les appliquer aux échelons régional et local ; dans le second, on agrège les scénarios locaux pour compléter les scénarios mondiaux en y intégrant différentes situations locales afin de prendre en compte les biais et les idées préconçues. La réduction d'échelle des scénarios mondiaux a fait l'objet de maintes études et publications (Zurek et Henrichs, 2007 ; Mason-D'Cruz *et al.*, 2016 ; Palazzo *et al.*, 2017). À l'inverse, la création de scénarios mondiaux par l'agrégation d'approches ascendantes ou par d'autres méthodes novatrices de mise à l'échelle des scénarios locaux n'a guère retenu l'attention des chercheurs. Ce domaine de réflexion est pourtant particulièrement intéressant, car il permet d'intégrer aux évaluations environnementales mondiales des perspectives d'avenir plus innovantes, déployées à différentes échelles, et ainsi d'obtenir des informations plus pertinentes pour éclairer les politiques et les décisions (Bennett *et al.*, 2016).



23.3 Les évaluations inframondiales dans un contexte multiniveau

Les évaluations régionales ou inframondiales basées sur des scénarios descendants permettent d'accéder à un point de vue et à des expériences utiles pour la gestion des dynamiques à plusieurs niveaux et transversales. L'élaboration et la mise en relation de scénarios caractérisés par des échelles et des niveaux variés présentent d'importantes difficultés, mais offrent également des opportunités considérables pour le renforcement de la pertinence des politiques. La littérature existante s'appuie sur l'hypothèse principale selon laquelle les scénarios de haut niveau (mondial) peuvent servir de cadre à des scénarios de niveau inférieur (régional, national ou local) de cinq façons (Zurek et Henrichs, 2007, tableau 1, p. 1292) :

- i) Les scénarios applicables aux différents niveaux sont considérés comme étant *équivalents* à tous égards si ce qui est considéré comme vrai à l'échelle mondiale est également vrai à l'échelon local.
- ii) Ces scénarios sont *cohérents* lorsque toutes les hypothèses clés qui sous-tendent les scénarios mondiaux peuvent également servir de cadre aux scénarios locaux. C'est généralement ainsi qu'ont été élaborées les évaluations régionales préalables à la production du rapport GEO-6 (que nous examinons dans le présent chapitre).
- iii) Les scénarios qui entretiennent des liens moins directs sont considérés comme *cohérents* s'ils ont en commun, à tous les échelons, certaines hypothèses de base relatives à l'avenir, les autres hypothèses étant généralement propres à chaque niveau. À titre d'exemple, nous avons un ensemble de scénarios régionaux créés en fonction des préoccupations stratégiques de l'Afrique de l'Ouest, mais rattachés par certaines hypothèses clés aux scénarios mondiaux élaborés

par la communauté du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (voir Palazzo *et al.*, 2017).

- iv) Les ensembles de scénarios *comparables* étudient le même type de sujets et d'enjeux, sans toutefois s'appuyer sur les mêmes hypothèses clés concernant l'avenir. Dans une certaine mesure, les évaluations régionales de l'IPBES suivent ce processus en utilisant des archétypes de scénarios comme outils de comparaison entre les différentes régions (Sitas et Harmáčková, à paraître).
- v) Les scénarios *indépendants* peuvent aller plus loin dans cette voie, avec des préoccupations et des objectifs différents.

La littérature scientifique démontre comment des scénarios de haut niveau peuvent s'intégrer à un ensemble de scénarios plus locaux. La proximité entre scénarios peut aller de la quasi-équivalence (Kok *et al.*, 2015) au simple caractère comparable (Mason-D'Croz *et al.*, 2016). On constate toutefois une importante lacune concernant les études fondées sur l'utilisation de scénarios d'envergure locale et régionale pour éclairer des scénarios mondiaux par une approche ascendante. Il s'agit là d'un nouvel axe majeur pour les perspectives présentées dans le rapport GEO-6.

Le GEO et l'IPBES s'intéressent tous deux aux scénarios prospectifs ascendants (IPBES, 2016 ; Rosa *et al.*, 2017 ; Lundquist *et al.*, 2017). Les évaluations régionales de l'IPBES offrent un point de comparaison important, car elles proposent un examen général des trajectoires et des scénarios inframondiaux (voir l'**encadré 23.1**). Le programme de recherche du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI) sur le changement climatique, l'agriculture et la sécurité alimentaire (Vervoort *et al.*, 2014) est un autre exemple particulièrement pertinent de l'utilité des trajectoires et des scénarios régionaux. Ce programme permet de comprendre les liens directs qu'entretient le développement de trajectoires avec la formulation de politiques dans différentes régions du monde.



Encadré 23.1 : L'IPBES et les processus par scénarios ascendants

L'évaluation méthodologique des scénarios et des modèles réalisée par l'IPBES porte sur les fondements de l'utilisation des scénarios comme outils de prise de décision (IPBES, 2016). À l'instar du GEO, l'IPBES cherche à établir un lien entre la science et les politiques à des échelles variées, par le biais d'évaluations régionales qui servent de base de connaissances scientifiques pour l'élaboration des politiques. En règle générale, l'IPBES se concentre sur l'état de la planète sous l'angle de la biodiversité, des écosystèmes et des apports de la nature aux populations, en se concentrant sur les interactions entre les mondes humain et non humain (Pascual *et al.*, 2017). Les résultats des évaluations régionales montrent que les écosystèmes et, par conséquent, les services qu'ils fournissent se dégradent de plus en plus. C'est pourquoi il est urgent d'étudier les politiques qui s'attaquent à ce problème, de l'échelon local au niveau mondial (IPBES, 2016). L'IPBES entreprend des examens de scénarios de portée mondiale (son rapport mondial est en préparation) et régionale (IPBES, 2018a ; IPBES, 2018b ; IPBES, 2018c ; IPBES, 2018d), ce qui lui permet de se concentrer de façon plus spécifique sur la manière dont les visions prospectives ascendantes peuvent contribuer aux trames mondiales et permettre d'identifier les modalités d'action favorables à un avenir plus souhaitable, au couplage des systèmes humains et naturels et au développement durable (Lundquist *et al.*, 2017).

On observe un consensus croissant dans la littérature sur la possibilité de renforcer l'utilité des scénarios, en particulier dans le cadre du processus IPBES, par un processus d'élaboration plus créatif, fondé sur l'apport d'un grand nombre de parties prenantes, de scénarios ascendants, diversifiés et multiniveaux, qui s'inscriraient de manière cohérente dans le contexte d'un scénario mondial (Kok *et al.*, 2016 ; Rosa *et al.*, 2017). Ce constat est corroboré par certaines conclusions relatives à la nécessité de développer une expertise concernant le rôle des scénarios dans la prise de décision – un constat essentiel qui ressort de certaines évaluations régionales de l'IPBES (voir IPBES, 2018a ; IPBES, 2018b). En réponse à cela, le Groupe d'experts 3c de l'IPBES sur les scénarios et la modélisation a déterminé la marche à suivre pour commencer à combler les lacunes dont souffrent les exercices par scénarios actuels (Rosa *et al.*, 2017).

Le Groupe d'experts dresse trois constats :

1. Les scénarios échouent à prendre en compte les objectifs stratégiques relatifs à la conservation de la nature et aux rétroactions socio-écologiques.
2. Les scénarios ne sont généralement pertinents que pour une seule échelle spatiale.
3. Plutôt que d'occuper une place centrale dans l'analyse, la nature et ses apports aux populations sont traités comme la conséquence des décisions humaines (Lundquist *et al.*, 2017).

Pour régler ces problèmes, le Groupe d'experts a entrepris d'élaborer un ensemble de scénarios prospectifs à multiples échelles consacrés à la nature et fondés sur une vision positive des relations entre les humains et la nature. La première étape de ce processus consistait à organiser un atelier de prospective avec des parties prenantes et des experts multisectoriels (qui a eu lieu du 4 au 8 septembre 2017 à Auckland, en Nouvelle-Zélande ; voir Lundquist *et al.*, 2017). L'atelier, fondé sur une version adaptée de l'approche par scénarios composites de Manoa inspirée de Pereira *et al.* (2018a), a abouti à sept visions prospectives positives de la nature basées sur une approche par scénarios ascendante que le plan de travail du Groupe d'experts permettra d'approfondir. Le processus d'affinement de ces visions en scénarios susceptibles d'intégrer une composante quantitative à des fins de modélisation et pour combler les lacunes impliquera des cycles itératifs de prospective, de consultation des parties prenantes et de modélisation qui s'inscriront dans divers forums (Lundquist *et al.*, 2017).



23.4 Les visions prospectives ascendantes fondées sur les pratiques locales existantes

Les évaluations mondiales reconnaissent officiellement la nécessité de prendre en compte l'apport des initiatives issues de la base. Ce fait démontre à la fois un engagement politique en faveur d'une mise en œuvre ascendante et le potentiel qu'offre celle-ci pour la réalisation d'objectifs environnementaux tels que la décarbonisation à l'horizon 2050. Au chapitre 12 (sur les établissements humains, les infrastructures et l'aménagement du territoire) de son cinquième rapport d'évaluation, le GIEC reconnaît le rôle des acteurs locaux dans l'atténuation des effets mondiaux du changement climatique (Seto *et al.*, 2014). Le rapport de synthèse de *The Emissions Gap Report* publié en 2016 par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) comporte, pour la première fois, une évaluation consacrée aux nombreuses études qui quantifient l'apport supplémentaire des acteurs locaux à l'atténuation (PNUE, 2016). Cette analyse montre que les acteurs infranationaux et non étatiques pourraient réduire les émissions d'équivalent CO₂ de 0,4 à 10 gigatonnes en 2020. À l'horizon 2030, cette baisse des émissions contribuerait à réduire de 12 à 14 gigatonnes l'écart entre les réductions effectivement atteintes par les gouvernements nationaux et les recommandations des scénarios mondiaux pour éviter une élévation de 2 °C des températures mondiales. Toutefois, le dernier rapport du GIEC souligne la nécessité de mobiliser les efforts mondiaux pour atteindre une cible fixée à 1,5 °C (GIEC, 2018). En septembre 2018, le gouverneur de la Californie Jerry Brown et l'ancien maire de New York Michael Bloomberg ont organisé un sommet mondial sur l'action climatique qui a fait ressortir le rôle que pourraient jouer divers acteurs tels que les universités, les organisations de la société civile (OSC), les entreprises et les administrations locales par le biais de processus participatifs et ascendants permettant de faire face au changement climatique (Global Climate Action Summit, 2018). Le rôle essentiel des villes dans l'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ses effets a également été mis en avant dans un rapport de l'Urban Climate Change Research Network, qui décrit des trajectoires menant à des transformations urbaines durables (Rosenzweig *et al.*, 2018).

Plusieurs approches prospectives ascendantes identifient des pratiques locales et des initiatives de durabilité à petite échelle, inscrites dans des contextes géographiques et des secteurs variés. Au niveau mondial, on peut notamment citer le programme Seeds of a Good Anthropocene (« Les germes d'un Anthropocène sain ») et le Climate CoLab. Le projet Seeds of a Good Anthropocene identifie et rassemble diverses initiatives locales, sociales, technologiques, économiques, écologiques et socio-écologiques permettant d'envisager un avenir positif sur le plan environnemental (Bennett *et al.*, 2016). Climate CoLab est une plateforme en ligne sur laquelle tout visiteur peut proposer des solutions au changement climatique et en discuter (Malone *et al.*, 2017). Si le projet Seeds of a Good Anthropocene se concentre sur la recension et l'étude des pratiques issues d'initiatives locales, le Climate CoLab se penche plutôt sur le processus d'identification, d'élaboration et d'évaluation des initiatives par le biais d'un mécanisme de production participative. Le Panorama mondial des approches et des technologies de conservation (WOCAT) offre un exemple de base de données sectorielle d'envergure mondiale. Le réseau WOCAT a été créé en 1992 pour compiler, documenter, évaluer, mettre en commun, diffuser et appliquer des connaissances en vue d'une gestion durable des terres (WOCAT, 2018). Sa reconnaissance de l'importance vitale d'une gestion durable des terres et de l'urgence d'y répondre par la gestion des connaissances en fait un précurseur dans ce domaine. Début 2014, la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) a officiellement reconnu le WOCAT comme étant la principale base de données consacrée aux bonnes pratiques en matière de gestion durable des terres.

À l'échelle régionale, trois projets de l'Union européenne, à savoir les projets TESS, TRANSMANGO et PATHWAYS, ont également regroupé des initiatives locales portant sur divers thèmes environnementaux. Le projet TESS développe une base de données des initiatives européennes d'innovation sociale à petite échelle axées sur le changement climatique (TESS, 2018), tandis que le projet TRANSMANGO met l'accent sur la durabilité alimentaire (TRANSMANGO, 2018). Le projet PATHWAYS, quant à lui, élabore une base de données consacrées aux transitions locales et régionales pour une Europe durable et sobre en carbone (PATHWAYS, 2018).

L'initiative Seeds of a Good Anthropocene préconise des scénarios « germinatifs » dans lesquels les initiatives ascendantes recensées sont approfondies et déployées à grande échelle (Bennett *et al.*, 2016) ; elle a récemment achevé ses premières activités (Lundquist *et al.*, 2017 ; Pereira *et al.*, 2018b). Le Climate CoLab et le projet TESS n'explorent pas les initiatives par le biais de scénarios explicites, mais le Climate CoLab a mené des expériences au cours desquelles il a invité le public à intégrer des propositions locales dans l'élaboration de plans d'action nationaux relatifs au climat, dans plusieurs pays et régions du monde (Malone *et al.*, 2017). Les projets TRANSMANGO et PATHWAYS, quant à eux, ont élaboré des scénarios ascendants. Le projet TRANSMANGO a fondé ses scénarios sur 18 études de cas en vue d'explorer les trajectoires locales futures vers des systèmes alimentaires durables. De son côté, le projet PATHWAYS a fondé l'élaboration et l'analyse des trajectoires de transition sur l'intégration de connaissances issues de sa base de données, mais ne s'est pas appuyé sur des combinaisons d'initiatives. Diverses bases de données consacrées aux initiatives ascendantes peuvent aboutir à l'élaboration de scénarios ascendants ou germinatifs, mais ce type d'approche n'a encore donné lieu à aucun scénario mondial tenant compte de tous les aspects des changements environnementaux. Les méthodologies issues des projets Seeds of a Good Anthropocene et TRANSMANGO (Hebinck *et al.*, 2016 ; Hebinck *et al.*, 2018 ; Pereira *et al.*, 2018a) constituent un point de départ pour l'élaboration de scénarios ascendants d'envergure mondiale. Les études relatives à la planification et à la prise de décision ascendantes (Fraser *et al.*, 2006 ; Reed, Fraser et Dougill, 2006 ; Reed, 2008 ; Kuramochi, Wakiyama et Kuriyama, 2016 ; Nemoto et Biazoti, 2017), et la production participative (Wiggins et Crowston, 2011 ; Gellers, 2015 ; Vasileiadou, Huijben et Raven, 2016) proposent des lignes directrices utiles concernant les méthodes utilisées dans le présent chapitre.

23.5 Justification et approche méthodologiques

La conception du présent chapitre repose en partie sur l'idée selon laquelle les évaluations intégrées mondiales et les processus ascendants fondés sur des pratiques innovantes présentent des avantages complémentaires et leur mise en relation offre des perspectives uniques (**tableau 23.1**). Comme indiqué au chapitre 22, les simulations quantitatives mondiales des trajectoires menant aux ODD ont l'avantage d'offrir un point de vue solide et chiffré sur les changements mondiaux nécessaires à la réalisation de ces objectifs et sur les effets positifs et négatifs inattendus que ces différents processus de transformation pourraient induire. Ces trajectoires mondiales ont également l'avantage d'offrir un cadre permettant la prise en compte des facteurs mondiaux de changement, notamment illustrés dans les scénarios tendanciels présentés au chapitre 21. Dans le présent chapitre, nous évaluons trois modes d'analyse complémentaires qui s'ajoutent à ces évaluations mondiales :

- i) Une évaluation des plateformes qui proposent des initiatives de durabilité ascendantes ;
- ii) L'évaluation de pratiques locales sous la forme d'exemples permettant d'illustrer des approches collaboratives fondées sur la production participative ;

- iii) L'analyse d'interventions inframondiales ou régionales visant un avenir plus durable (figure 23.1).

L'analyse des initiatives locales a pour objectif d'étayer les trajectoires mondiales par des exemples et des mécanismes de changement concrets – en particulier des initiatives déjà mises en œuvre, même au stade du projet pilote ou inscrites dans un créneau spécifique. Les évaluations inframondiales présentent des caractéristiques régionales, tout en proposant un contexte de niveau intermédiaire, généralement applicable aux trajectoires nationales et locales.

23.6 L'examen du paysage général des initiatives ascendantes

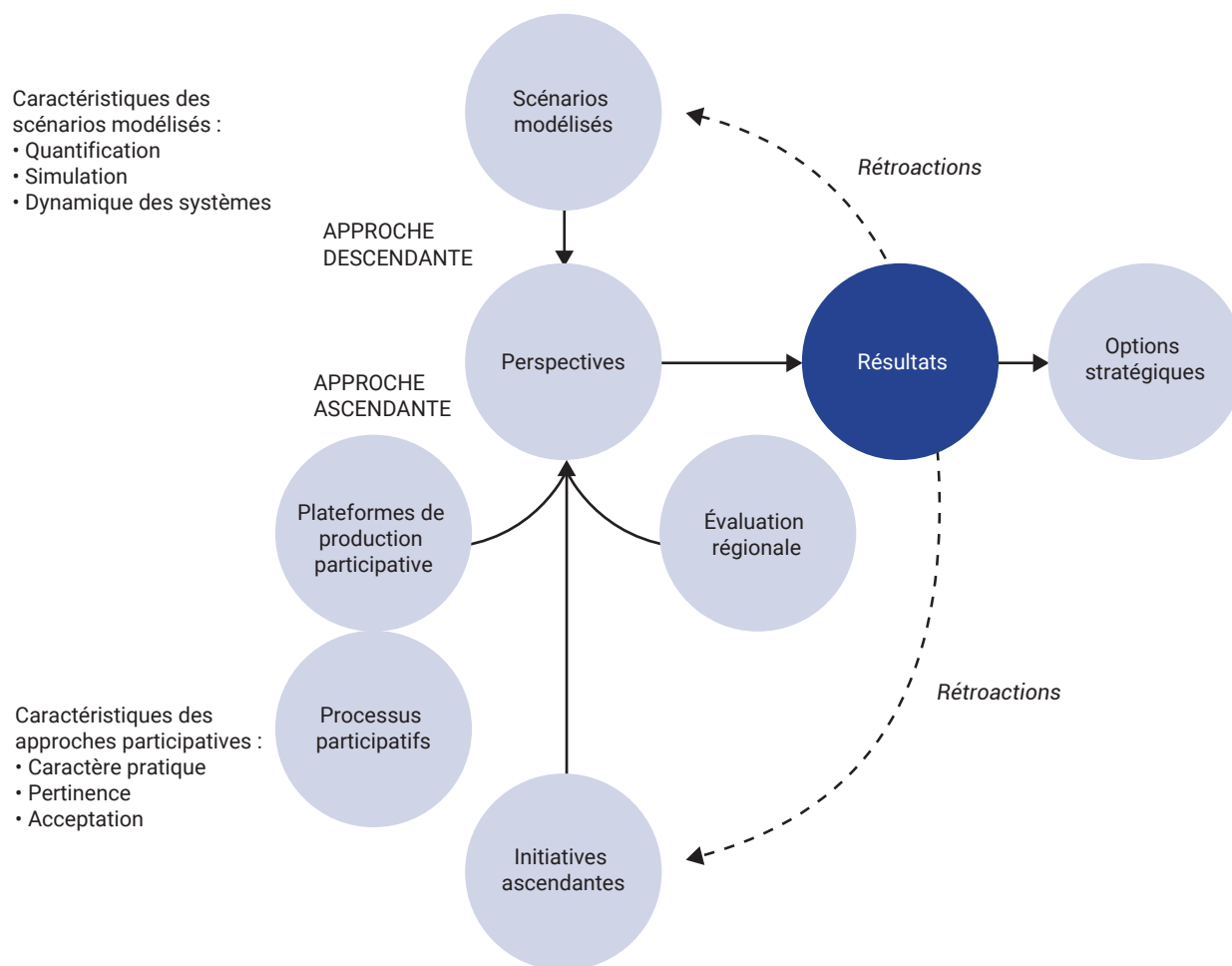
Les initiatives ascendantes non prises en compte par les processus participatifs s'inscrivent dans un paysage général varié, mais les méthodes permettant de cerner cette diversité sont limitées en raison d'un manque de données. Une recherche en ligne a permis de recenser et de classer un ensemble de plateformes regroupant diverses initiatives ascendantes relatives à l'environnement et à la durabilité. Bien que non exhaustive, l'annexe 23-1 présente un échantillon d'une vingtaine de plateformes d'initiatives ascendantes.



Tableau 23.1 : Différents types de modèles d'évaluation

Modèle d'évaluation mondiale intégrée	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Contexte mondial ❖ Intégration des multiples dimensions du changement ❖ Simulation des effets des interventions mondiales ❖ Quantification de l'ampleur des défis à relever
Modèle inframondial	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Contextualisation régionale des interventions : conditions physiques, économiques, politiques et culturelles, défis et perspectives
Synthèse des pratiques locales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Recension des nombreux acteurs et innovations impliqués dans les macro-interventions et qui rendent possibles les trajectoires mondiales et régionales

Figure 23.1 : Schéma de la complémentarité entre les approches ascendantes du présent chapitre et les conclusions descendantes des chapitres 21 et 22, ainsi que des perspectives stratégiques qu'elle offre pour le chapitre 24





Outre les connaissances déjà acquises au sujet de ces initiatives, cette sélection est le fruit de recherches menées sur Internet à l'aide de mots clés tels que *sustainability platform* (plateforme de durabilité) et *bottom-up environmental initiatives* (initiatives environnementales ascendantes). Ces plateformes dirigées par divers acteurs gouvernementaux et non gouvernementaux nous donnent un premier aperçu de l'étendue et de la diversité des idées, des actions et des programmes visant à mettre en œuvre les objectifs de développement durable et à en faciliter la réalisation.

23.7 Les initiatives participatives du rapport GEO-6

Deux processus participatifs ont été mis en place afin de développer des trajectoires ascendantes axées sur des transformations concrètes du système. Ces trajectoires, élaborées pour compléter les modèles mondiaux d'évaluation intégrée, sont fondées sur diverses pratiques et connaissances locales dotées d'un potentiel de transformation. Elles contribuent également à mettre en relation le rapport GEO-6 et les parties prenantes à l'échelle mondiale. Le premier processus participatif a donné lieu à une série d'ateliers organisés à Bangkok, à Guangzhou, à Nairobi et à Singapour, où les parties prenantes locales ont été invitées à envisager des trajectoires de transformation précises basées sur des pratiques locales et inscrites dans les trois catégories de l'étude *Roads from Rio+20* (Bureau d'évaluation environnementale, 2012) : technologie mondiale, solutions décentralisées et changement de mode de vie (PNUE, 2017a ; PNUE, 2017b ; PNUE, 2017c ; PNUE, 2018). Le deuxième processus participatif consistait en un concours en ligne organisé en collaboration avec la plateforme Climate CoLab (voir la **figure 21.9** ; Climate CoLab, 2018). Il s'agissait, pour les participants, de s'appuyer sur les propositions existantes au sein de la plateforme Climate CoLab pour créer des combinaisons innovantes d'actions susceptibles de favoriser la réalisation simultanée d'objectifs climatiques et d'autres ODD.

En tant que composante nouvelle et innovante du rapport GEO-6, le présent chapitre et les initiatives participatives constituent une évaluation illustrative de la capacité de ce type d'initiatives à mobiliser les différents points de vue des parties prenantes et les connaissances issues du terrain au profit de modèles d'évaluation

intégrée. Cette analyse répond donc à un double objectif : 1) établir un lien entre les approches ascendante et descendante du changement transformateur systémique dans la perspective des futurs rapports du GEO ; 2) fournir des indications sur les pratiques existantes susceptibles d'avoir un impact et de favoriser un changement transformateur au profit d'une plus grande durabilité.

Les quatre ateliers et le concours Climate CoLab ont permis de recueillir trois types de données différents : des pratiques et des concepts novateurs (les projets pilotes, ou *seeds* en anglais) ; la combinaison de projets pilotes destinés à former des propositions plus ambitieuses, axées sur des changements systémiques précis ; des propositions du Climate CoLab (résultat d'une combinaison innovante d'idées déjà soumises sur sa plateforme). Les projets pilotes correspondent à des exemples d'initiatives sociales, de nouvelles technologies, d'outils économiques ou de projets socio-écologiques existants, mais minoritaires, ou d'organisations, de mouvements ou de nouveaux comportements qui semblent contribuer de manière substantielle à la création d'un avenir juste, prospère et durable (Pereira *et al.*, 2018a). Les organisateurs des ateliers ont d'abord recueilli des projets pilotes, puis ont demandé aux participants de soumettre leurs propositions pour réaliser le plus grand nombre possible d'ODD en s'appuyant sur diverses combinaisons de projets pilotes et sur leurs éventuelles interactions (PNUE, 2017a ; PNUE, 2017b ; PNUE, 2017c ; PNUE, 2018). Les projets pilotes et les propositions de combinaisons s'inscrivaient systématiquement dans l'une des trois trajectoires de l'étude *Roads from Rio+20* mentionnées ci-dessus (voir Bureau d'évaluation environnementale, 2012 et le chapitre 22). Ces quatre ateliers ont permis de recueillir 156 projets pilotes et 24 propositions spécifiques de transformation des systèmes. Quant au concours du Climate CoLab, il a permis de recueillir 70 propositions, parmi lesquelles les juges ont sélectionné 34 demi-finalistes, 12 finalistes et deux lauréats (l'un sélectionné par le public, l'autre par le jury ; voir la **figure 21.9** et l'**encadré 23.4**).

Pour évaluer les résultats du processus participatif, les projets pilotes et les propositions des demi-finalistes du Climate CoLab ont été classés selon les cinq dimensions résumées dans le **tableau 23.2**. Ces dimensions ont été choisies de manière à mieux refléter la diversité des résultats et à les intégrer au chapitre 22. Étant donné la nature itérative et participative du processus, les projets pilotes et les propositions ont été classés en fonction de la



Encadré 23.2 : Le Climate CoLab

Le Climate CoLab est une plateforme de concours en ligne et une communauté gérée par le Centre for Collective Intelligence du Massachusetts Institute of Technology (MIT), dont l'objectif est d'exploiter l'intelligence collective de milliers de personnes venues du monde entier afin de faire face au changement climatique. Les utilisateurs de la plateforme travaillent ensemble, avec l'appui de plus de 800 spécialistes du changement climatique et d'enjeux connexes, à créer, analyser et sélectionner des propositions détaillées de mesures susceptibles de répondre aux divers aspects du changement climatique. Le site du Climate CoLab compte plus de 100 000 membres inscrits et a reçu plus de 2 500 propositions.

Ce concours, intitulé « Exploration de solutions synergiques pour le développement durable », a commencé à recevoir des propositions le 1^{er} novembre 2017. Tous les participants pouvaient soumettre une proposition en réponse à la question suivante : « Quelles combinaisons de propositions du Climate CoLab pourraient faciliter la réalisation de plusieurs ODD? »

Le concours, départagé par un jury, a été promu dans le monde entier par l'intermédiaire de nombreux réseaux, notamment le PNUE, le MIT et d'autres partenaires institutionnels, ainsi qu'auprès de la communauté du Climate CoLab elle-même. Les juges ont sélectionné 12 finalistes, parmi lesquels ils ont ensuite désigné un gagnant. Le public du monde entier a également été invité à voter pour la proposition la plus méritante parmi les 12 finalistes, afin de lui décerner un prix du public. Les lauréats ont été annoncés le 15 mars 2018 (voir l'**encadré 23.4**).

Statistiques du concours :

- ❖ 73 propositions soumises ;
- ❖ 112 auteurs de propositions (à titre individuel ou en tant que membres d'une équipe) ;
- ❖ 188 commentaires sur les propositions soumis par des spécialistes, des auteurs et d'autres membres ;
- ❖ 3 064 votes valides exprimés.

Les pages Internet consacrées au concours peuvent être consultées à l'adresse suivante : <http://www.climatecolab.org/contests/2017/exploring-synergistic-solutions-for-sustainable-development>.

Source : Climate CoLab (2018).

**Tableau 23.2 : Dimensions ayant servi au classement**

Dimension	Catégories	Description
Avantages de l'initiative	17 ODD	Le classement par ODD permet de discerner les différents avantages de chaque projet pilote ou proposition. Les résultats reflètent la diversité des effets et les synergies potentielles entre les ODD.
Catégorie des mesures mondiales	41 « mesures » ou « interventions » mondiales (selon la formule utilisée dans le présent chapitre pour désigner des initiatives spécifiques), regroupées en cinq domaines systémiques	Les résultats ont été classés en fonction des 32 mesures identifiées au chapitre 22 et de neuf autres interventions, identifiées au cours du processus de classement et ne correspondant pas tout à fait aux 32 mesures de départ. Les domaines Eau douce et Océans ont été regroupés en raison de leur faible représentation dans les résultats.
Théorie du changement	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Nouvelles technologies ❖ Décentralisation ❖ Conception et infrastructures ❖ Suivi et établissement de rapports ❖ Changement des pratiques de production ❖ Changement du mode de vie ❖ Nouvelles organisations/entreprises ❖ Plateforme de connaissances ou de données ❖ Changement de politique ❖ Instruments financiers, mesures incitatives, subventions ❖ Sensibilisation, connaissances, développement des compétences 	La théorie du changement identifie le type de changement ou de solution ciblé par l'initiative. Ces catégories sont basées sur un processus de classement itératif des résultats, afin de mieux cerner leur diversité tout en réduisant au maximum les doublons entre les différentes catégories.
Acteurs	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Organisations internationales ❖ Pouvoirs publics (locaux, régionaux, nationaux) ❖ Entreprises du secteur privé ❖ Société civile ❖ Établissements universitaires et instituts de recherche ❖ Ménages et particuliers 	Le type d'acteur est défini en fonction de son implication dans chacune des initiatives.
Situation géographique (uniquement pour les demi-finalistes du Climate CoLab)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Par pays 	Le ou les pays où l'initiative serait déployée et d'où proviennent les auteurs.

disponibilité et de la qualité des données soumises, de sorte que certains résultats n'ont pas pu être classés au regard de l'ensemble des dimensions. Il convient également de noter que certaines dimensions ont été identifiées par les auteurs des propositions eux-mêmes, tandis que d'autres ont fait l'objet d'un travail spécifique de l'équipe d'auteurs du Rapport GEO.

23.8 Les évaluations régionales du rapport GEO-6

Six évaluations régionales du GEO ont été réalisées en 2016 dans les régions Afrique, Asie-Pacifique, Europe, Amérique latine et Caraïbes, Amérique du Nord et Asie occidentale. On peut les considérer comme un palier intermédiaire entre les évaluations mondiales et locales. Chaque évaluation régionale met en évidence les défis environnementaux propres à la région et les principales interventions visant à relever ces défis. Envisagées dans leur ensemble, ces évaluations offrent un aperçu global des difficultés et des interventions relatives à la poursuite d'un avenir plus durable, tenant compte de certaines priorités régionales. Dans le présent chapitre, nous comparons les principales interventions identifiées dans les six régions concernées avec celles qui ont été recensées dans le cadre de l'examen de la littérature consacrée aux scénarios (chapitre 22) et avec les processus ascendants (**figure 23.15**). Ce faisant, nous entendons déceler les lacunes potentielles des interventions envisagées à l'ensemble des trois niveaux d'évaluation (mondial, régional et local) et tirer des enseignements propres à améliorer la gamme des interventions et des options politiques offertes aux décideurs.

À l'instar des initiatives participatives, les interventions clés présentées dans les chapitres consacrés aux perspectives des

évaluations régionales du GEO ont été classées en fonction des interventions recensées dans l'examen de la littérature sur les scénarios (chapitre 22, **tableau 22.1**). Celles qui ne figuraient pas sur cette liste prédéfinie ont été ajoutées à une version actualisée de la liste d'interventions.

23.9 Les conclusions de l'approche ascendante

23.9.1 Des plateformes ascendantes plus développées et une diversité d'acteurs au service du changement

Les gouvernements nationaux du monde entier commencent à reconnaître qu'une modélisation et une évaluation solides des scénarios climatiques nécessitent l'apport de sources ascendantes (Hsu *et al.*, 2019). Les trajectoires d'émissions mondiales modélisées à partir de modèles d'évaluation intégrée descendants (van Vuuren *et al.*, 2011) ne prennent pas explicitement en compte les données issues des initiatives ascendantes ni les contributions individuelles des administrations, entreprises et OSC locales. Les trajectoires d'émissions descendantes partent du principe que ces efforts d'atténuation s'inscrivent dans les engagements des gouvernements nationaux. Pourtant, les acteurs ascendants prennent des engagements climatiques qui peuvent être considérés comme complémentaires ou extérieurs aux efforts climatiques nationaux. Cette situation complique donc l'évaluation des scénarios relatifs à l'atténuation des effets du changement climatique (Hsu *et al.*, 2015 ; Jordan *et al.*, 2015). Pour ajouter à cette complexité, il est fréquent que des acteurs individuels forment des coalitions hybrides, souvent en coopération avec des gouvernements nationaux, et construisent ainsi des réseaux transnationaux de gouvernance climatique. Ces



partenariats illustrent l'effet cumulatif que peuvent avoir les actions climatiques individuelles ascendantes lorsque les acteurs concernés s'alignent sur des objectifs ciblés et coordonnent leurs efforts (Andonova, Betsill et Bulkeley, 2009).

En décembre 2014, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) a lancé le portail de l'Action climatique mondiale (également connu sous l'acronyme NAZCA, d'après son ancien nom, Non-state Actor Zone for Climate Action) à des fins d'identification et de suivi de la diversité des acteurs et des engagements ascendants impliqués dans l'atténuation, l'adaptation, le financement, le renforcement des capacités et d'autres actions de lutte contre le changement climatique (CCNUCC, 2018 ; voir l'**encadré 23.3**). À l'origine, le portail de l'Action climatique mondiale a été créé pour illustrer une approche fondée sur la mobilisation générale des acteurs (Hale, 2016) en matière de gouvernance climatique. Les analystes et la communauté scientifique s'orientent à présent vers une méthodologie homogène de quantification des apports des acteurs ascendants dans les scénarios mondiaux d'atténuation des effets du changement climatique (Initiative pour la transparence de l'action climatique, 2018 ; Hsu *et al.*, 2019). Cet effort répond à plusieurs objectifs :

- i) La quantification des efforts climatiques ascendants cumulés et de leur impact spécifique dans les scénarios climatiques existants permettra de préciser l'évaluation des trajectoires d'émission et des lacunes existantes.
- ii) L'appréhension du rôle des efforts ascendants dans le processus d'atténuation fournira aux gouvernements nationaux des informations supplémentaires qui leur permettront de proposer une contribution prévue déterminée au niveau national plus ambitieuse dans le cadre du cycle de l'Accord de Paris sur le climat (CCNUCC, 2015). Cette connaissance des impacts décentralisés pourrait également inciter les gouvernements à mieux soutenir et développer les activités concernées et leur donner les moyens de le faire.
- iii) L'intégration d'initiatives ascendantes dans les scénarios climatiques mondiaux permettra d'offrir une reconnaissance aux initiatives les plus modestes et aux apports qualitatifs (par exemple, le renforcement des capacités) qui, bien qu'essentiels pour faire progresser les trajectoires sobres en carbone, restent difficiles à quantifier (Chan, Brandt et Bauer, 2016).

Les résultats de l'analyse des plateformes ascendantes

Plus de 50 000 actions individuelles ascendantes ont été recensées, mais la diversité de leurs structures et de leurs objectifs respectifs a rendu la comparaison difficile. L'évaluation des plateformes, plutôt que des engagements individuels, a permis de faciliter les comparaisons entre les différents types d'actions ascendantes et de faire la lumière sur les structures qui favorisent et soutiennent la croissance et le développement continus de ces initiatives. Les plateformes recensées lors des recherches en ligne vont de la plateforme de coordination et d'information de Visión Amazonía (PID Amazonía), basée en Colombie, qui regroupe plus

de 200 initiatives d'appui aux activités d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES), à Sustainia100, qui a suivi plus de 4 500 solutions durables déployées par 188 entreprises. Les objectifs de ces plateformes varient de la prestation de solutions de production participative à l'établissement d'un répertoire d'options de microfinancement, en passant par la diffusion d'informations facilitant la mise en relation des parties prenantes (**figure 23.2**). Les plateformes s'efforcent généralement de soutenir ou de présenter des initiatives portées par différents types d'acteurs, mais certaines d'entre elles se concentrent sur une seule catégorie, par exemple les entreprises. La quasi-totalité des plateformes se caractérise par une portée mondiale, avec des exemples d'initiatives issus du monde entier. Seules cinq d'entre elles ont une couverture géographique plus restreinte et se concentrent sur des problématiques urbaines (MTLVert), régionales (PID Amazonia, MACBIO-Pacific) et nationales (WorthWild, Greencrowd).

La majorité des plateformes étudiées utilisent deux méthodes pour faciliter le partage des connaissances et la recherche de solutions. L'une d'entre elles consiste à rassembler les exemples, les solutions et les bonnes pratiques (par exemple, l'initiative phare Élan pour le changement de la CCNUCC, PANORAMA – Solutions pour une planète saine) et l'autre, à mettre en place des forums pour le partage d'outils et de savoir-faire techniques ou régionaux, afin de soutenir un large éventail d'activités sur le terrain (par exemple, la plateforme de connaissances BIOFIN, le ClimateTechWiki). D'autres plateformes encore organisent des concours ou font appel à la production participative pour mettre au point et synthétiser des solutions à des problèmes délicats (par exemple, VertMTL, le Climate CoLab). Quelques-unes mettent l'accent sur le suivi des progrès ou des impacts des activités (par exemple, REDDX), ou sur l'aide à la réalisation de projets par la mise en relation avec des fonds ou d'autres formes de soutien technique ou de renforcement des capacités (par exemple, WorthWild, Greencrowd, Divvy, l'initiative LifeWeb).

L'analyse du classement des plateformes révèle qu'une grande diversité d'acteurs travaillent, à toutes les échelles, à la mise en œuvre des ODD (**figure 23.3**). Les plateformes que nous avons recensées sont le plus souvent regroupées, organisées ou dirigées par une palette d'acteurs non gouvernementaux et gouvernementaux, et facilitent principalement le partage des connaissances et la recherche de solutions entre des initiatives ascendantes. Ces espaces peuvent jouer un rôle majeur pour favoriser la montée en charge et le déploiement des solutions, en rassemblant et en diffusant les bonnes pratiques et les solutions innovantes. La création de forums de collaboration et d'échange peut également faciliter l'instauration d'une coordination relativement souple et d'une division du travail qui profite à tous les acteurs concernés. Les travaux de recherche d'Abbott (2012) consacrés aux initiatives transnationales, par exemple, l'amènent à constater que de nombreuses coalitions mènent des activités que les gouvernements nationaux sont peut-être moins aptes à mettre en œuvre, telles que le partage d'informations et le développement de l'expertise.



Encadré 23.3 : Le portail de l'Action climatique mondiale

Le portail de l'Action climatique mondiale, également connu sous l'acronyme NAZCA, est une plateforme en ligne qui compte actuellement plus de 12 000 engagements à lutter contre le changement climatique pris par des administrations, entreprises, OSC, établissements d'enseignement supérieur et investisseurs locaux. Ces engagements vont de l'entreprise qui met en œuvre un programme interne de tarification du carbone pour limiter la croissance de ses émissions à l'administration municipale qui promeut la neutralité carbone. Le portail de l'Action climatique mondiale comprend également des initiatives telles que l'Initiative R4 pour la résilience rurale du Programme alimentaire mondial (Programme alimentaire mondial, 2018), qui vise à accroître la résilience au changement climatique de 100 000 agriculteurs grâce à un système intégré de gestion des risques. Les catégories d'acteurs ascendants les plus représentés sur le portail sont, de loin, les pouvoirs publics infranationaux et locaux. Près des trois quarts des villes participant à la plateforme sont situées en Europe (Hsu *et al.*, 2016). Cette surreprésentation géographique des acteurs ascendants issus de l'hémisphère Nord, liée à un manque de données concernant les autres régions, est l'une des principales limites des efforts déployés pour comprendre la portée de l'action climatique. La grande majorité des engagements en matière de climat sont axés sur des objectifs de réduction des émissions et l'atténuation des effets du changement climatique représente 85 % des efforts infranationaux et près de 40 % des mesures prises par les entreprises. La plupart des interventions présentes sur le portail de l'Action climatique mondiale reconnaissent le rôle des efforts locaux pour promouvoir la production d'énergie propre et modifier les systèmes de consommation responsables du changement climatique.



Figure 23.2 : Nombre d'initiatives couvertes dans un échantillon de plateformes qui présentent des initiatives de durabilité ascendantes (l'annexe 23-1 donne une brève description de ces plateformes)

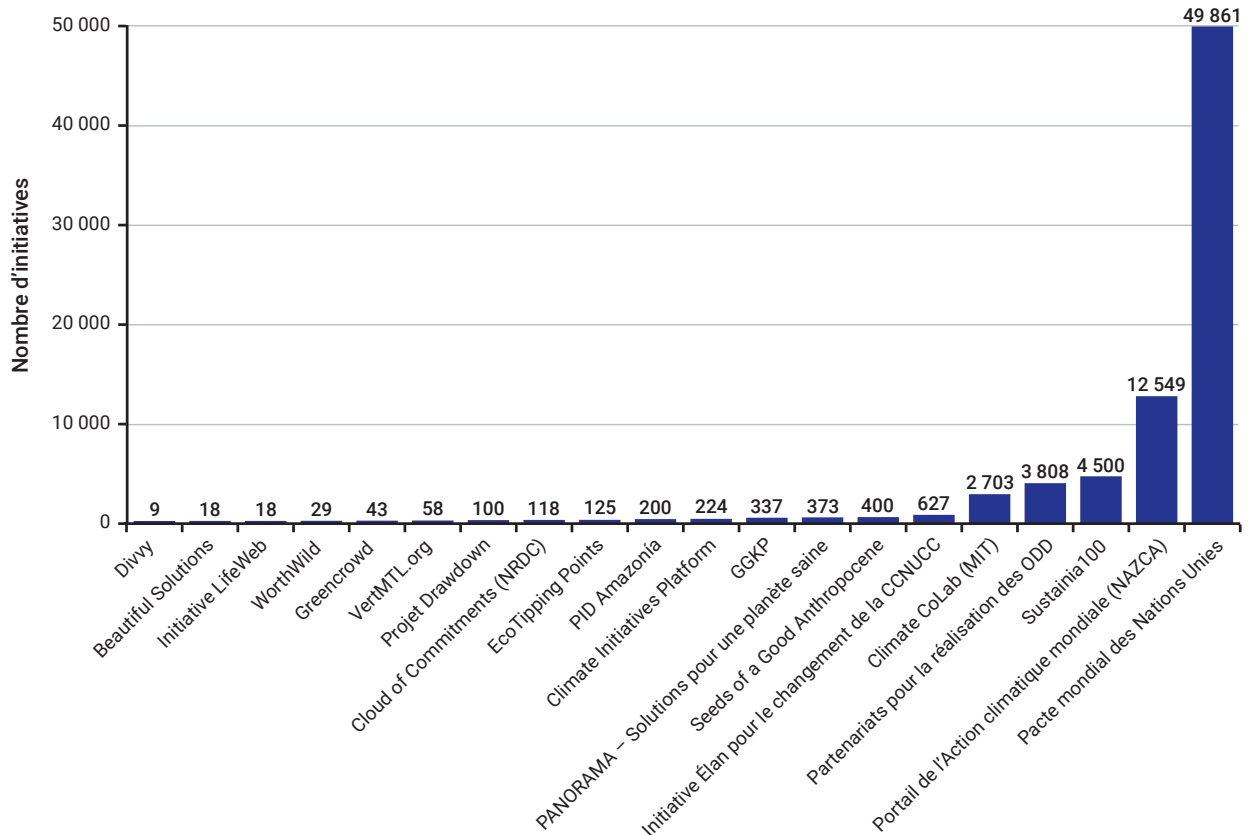
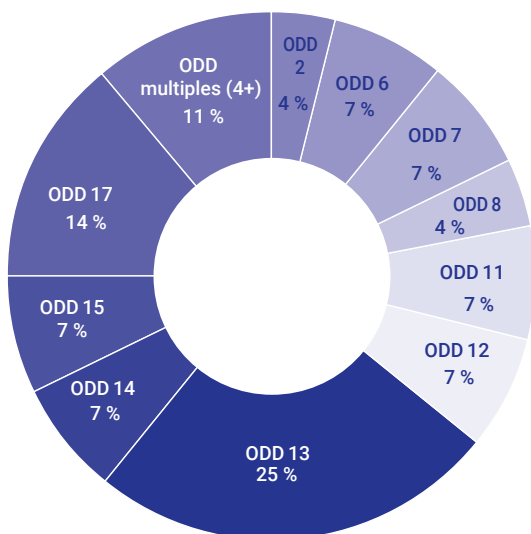


Figure 23.3 : Répartition proportionnelle des ODD selon leur couverture par les plateformes d'initiatives de durabilité ascendantes sélectionnées. Certaines initiatives ont une portée limitée à trois ODD ou moins ; d'autres sont plus diversifiées et englobent un large éventail d'ODD (quatre ou plus) (l'annexe 23-1 donne une brève description de ces plateformes)



Initiatives

23.9.2 Les processus participatifs

Dans la section 23.10, nous présenterons les différentes plateformes qui regroupent déjà des initiatives susceptibles de contribuer à la réalisation du Programme de développement durable à l'horizon 2030. La présente section, quant à elle, se concentre sur les résultats des ateliers participatifs et du processus de production participative du Climate CoLab, qui font davantage ressortir la diversité des solutions observée à l'échelle mondiale. Ces initiatives ont été considérées comme des exemples concrets de solutions caractéristiques des catégories de mesures présentées au chapitre 22. Elles remettent également en question certaines hypothèses sur la façon dont le changement se produit dans les modèles descendants et font ressortir les tendances croisées et les éventuelles synergies en matière d'ODD, ainsi que le rôle des différents acteurs dans la réalisation du Programme de développement durable à l'horizon 2030 – tandis que les modèles descendants permettent de se concentrer davantage sur les arbitrages effectués. Dans la présente section, nous offrons d'abord un aperçu des tendances constatées dans l'ensemble des projets pilotes des ateliers et des propositions du Climate CoLab, avant de ventiler les résultats selon les quatre domaines étudiés au chapitre 22. En outre, l'observation des initiatives ascendantes a conduit à l'identification de solutions qui ne cadreraient pas parfaitement avec les quatre domaines existants. Nous avons donc créé un cinquième domaine regroupant plusieurs catégories de mesures et d'interventions – il en sera question plus en détail à la section 23.10. L'évaluation démontre la capacité des initiatives ascendantes à aider les décideurs et à faciliter les analyses descendantes, mais en raison de la taille limitée de l'échantillon,



elle n'offre pas un aperçu complet de toutes les solutions mises en œuvre sur le terrain à l'échelle mondiale.

Le paysage général des initiatives

Les objectifs de développement durable

Les projets pilotes des ateliers et les propositions du Climate CoLab ciblent les 17 ODD à des degrés divers. La **figure 23.4** illustre la gamme des ODD identifiés au cours de l'analyse. Dans le cas des projets pilotes des ateliers, l'ODD 12 (consommation et production responsables) et l'ODD 11 (villes et communautés durables) sont les mieux représentés. Dans les propositions du Climate CoLab, l'ODD 13 (mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques) est ciblé par plus de 80 % des propositions, suivi de l'ODD 3 (bonne santé et bien-être).

Les acteurs

Les projets pilotes des ateliers portent principalement sur les acteurs gouvernementaux, les entreprises du secteur privé et les ménages et particuliers (**figure 23.5**). Plus de 60 % des projets pilotes des ateliers donnent un rôle à des pouvoirs publics ; les administrations locales sont les plus mentionnées, suivies par les gouvernements nationaux. Les propositions du Climate CoLab soulignent elles aussi le rôle des pouvoirs publics, le plus souvent des gouvernements nationaux. Nous reviendrons plus en détail sur l'importance que revêt l'évaluation des différents acteurs à la section 23.11.

Les considérations géographiques

Sur la plateforme Climate CoLab, les auteurs de propositions étaient invités à désigner jusqu'à cinq pays où leur proposition serait appliquée (**figure 23.6a**).

Les pays les plus souvent cités par les 34 demi-finalistes du Climate CoLab sont le Kenya (11 mentions), l'Inde (8) et la Tanzanie (7). Étant donné qu'il s'agit d'un projet ouvert et mondial de production participative pour la recherche de solutions, l'accent mis sur les pays du Sud correspond aux endroits où le changement est perçu comme nécessaire, mettant ainsi en lumière une inégalité géographique et la nécessité de renforcer l'équité des efforts de transformation entre les différentes régions (il sera question de la justice distributive et des transformations équitables à la section 23.14). Une partie des solutions destinées à être appliquées au Sud émanent du Nord, ce qui tend à étayer ce constat relatif à l'équité. Même si elle n'est pas délibérée, cette tendance peut donner l'impression de renforcer l'idée selon laquelle le Nord pourrait poursuivre sur sa trajectoire actuelle, tandis que le Sud devrait se développer de manière plus durable. De plus, elle néglige le fait que la durabilité et les moyens de l'atteindre peuvent être sujets à interprétation selon le contexte (voir Vercoe et Brinkman, 2009). Toutefois, le nombre élevé de suggestions exprimées par les participants du Sud (**figure 23.6b**) met également en évidence le caractère innovant des réflexions menées dans ces régions du monde, où la réalisation du Programme de développement durable

Figure 23.4 : Objectifs de développement durable ciblés par l'ensemble des projets pilotes des ateliers et des propositions du Climate CoLab

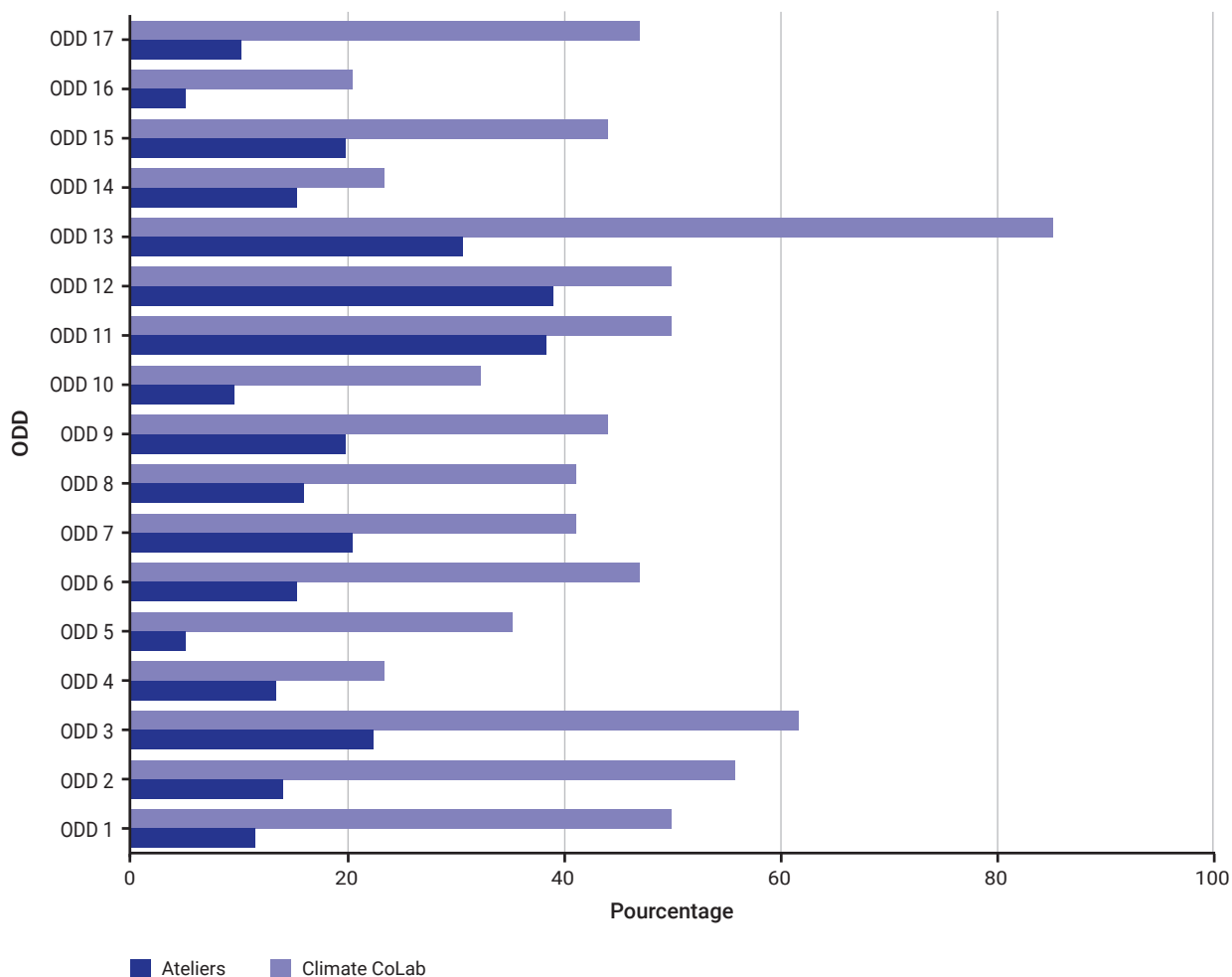
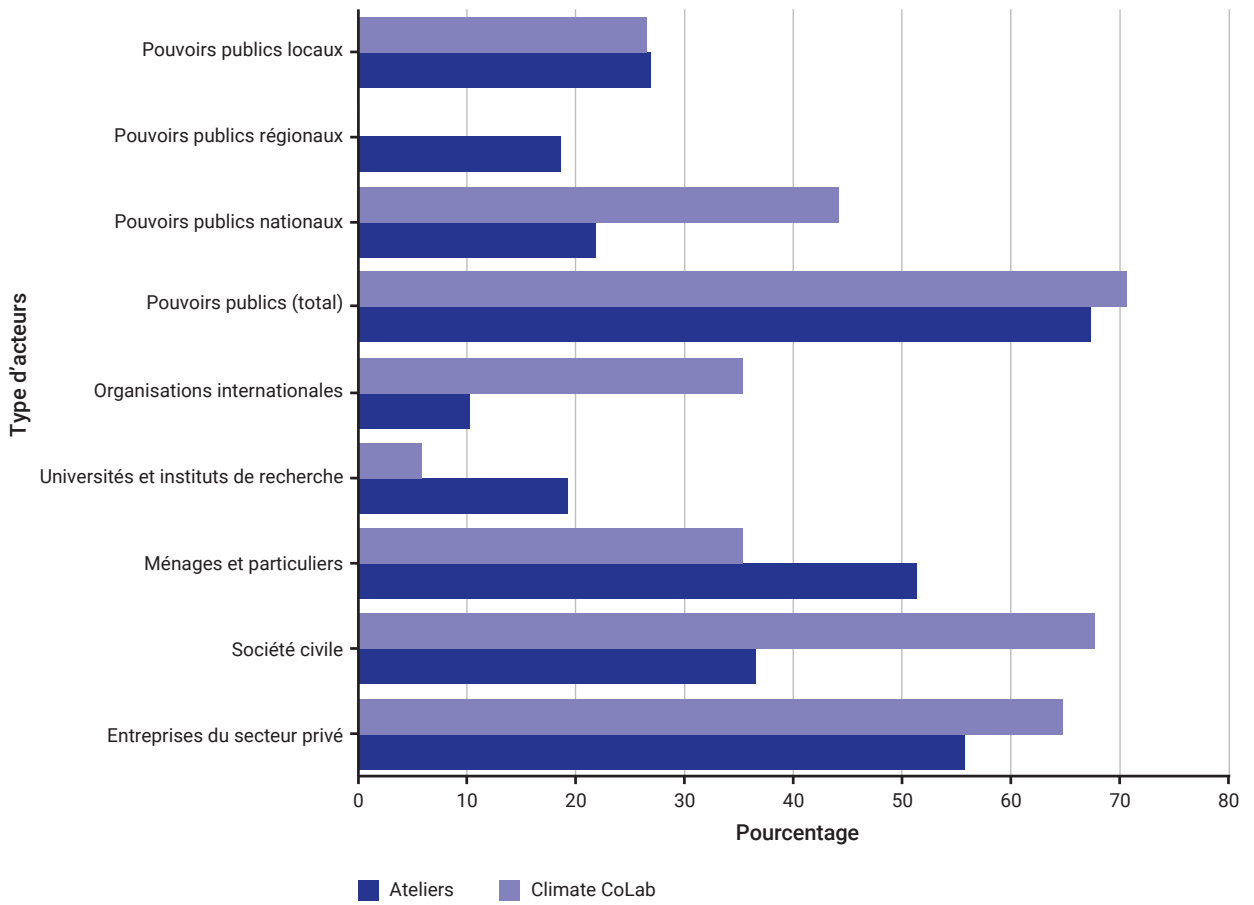




Figure 23.5 : Types d'acteurs représentés par l'ensemble des projets pilotes des ateliers et des propositions du Climate CoLab



23

Figure 23.6a : Régions couvertes par les propositions du Climate CoLab

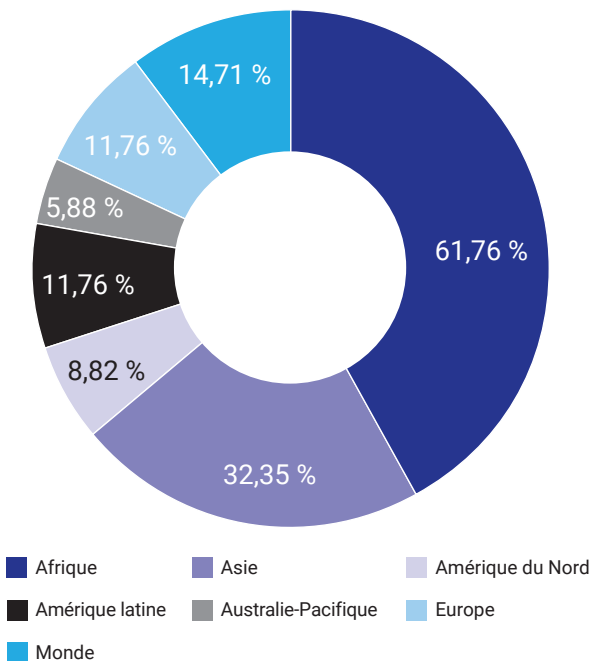
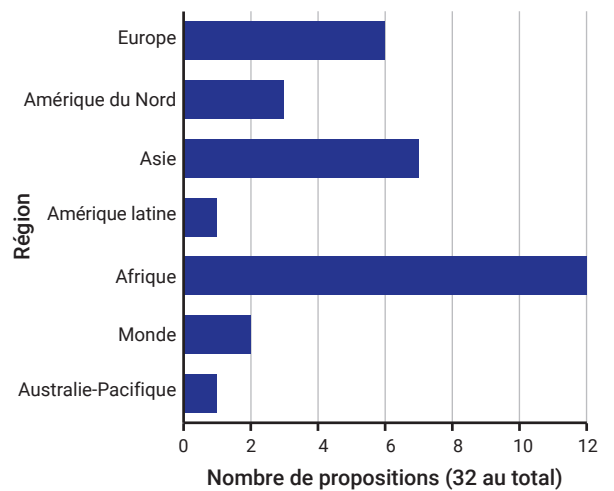


Figure 23.6b : Répartition régionale des propositions du Climate CoLab





à l'horizon 2030 est plus urgente (Nagendra, 2018). En accueillant des propositions venues du monde entier, les processus participatifs du GEO-6 peuvent contribuer à identifier différentes solutions pour parvenir au développement durable sans faire abstraction du contexte.

La théorie du changement

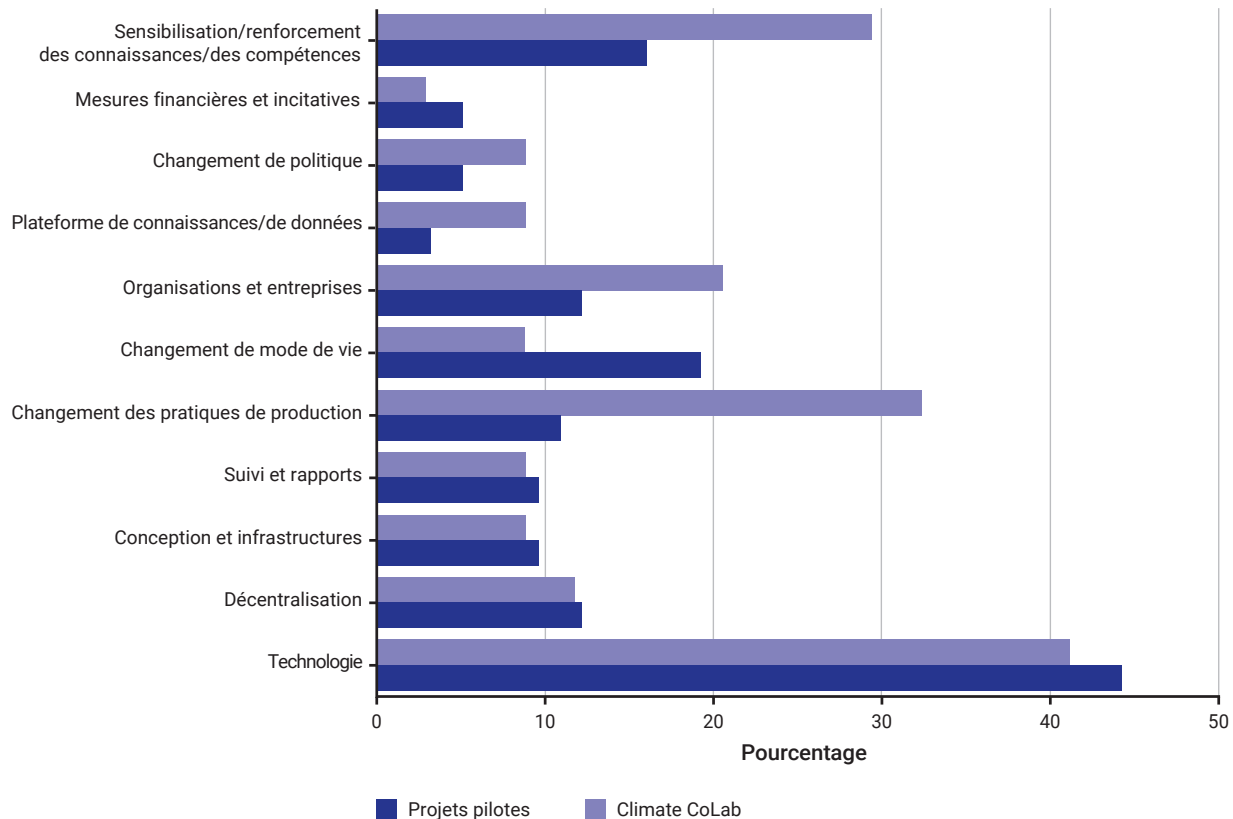
Les projets pilotes des ateliers et les propositions du Climate CoLab comptent très majoritairement sur les nouvelles technologies pour réaliser les objectifs souhaités (figure 23.7). Les propositions du Climate CoLab insistent également sur l'évolution des pratiques de production, afin de renforcer la redevabilité des producteurs et de favoriser les interventions axées sur la durabilité. Quant aux projets pilotes des ateliers, ils se concentrent davantage sur l'évolution du mode de vie et sur la responsabilité des consommateurs, plutôt que des producteurs. Dans la catégorie Technologie, de nombreuses propositions décrivent des solutions fondées sur des applications. Onze projets pilotes et une proposition du Climate CoLab suggèrent la mise en place d'applications, en grande partie pour permettre aux utilisateurs de recueillir et de communiquer des données relatives aux enjeux de durabilité, ou de dialoguer sur ces questions. On peut notamment citer la proposition du Climate CoLab qui permet aux citoyens de rendre compte de la qualité de leur environnement (C'SQUARE) et les projets pilotes fondés sur des applications servant à calculer l'empreinte des déchets plastiques, à signaler la pollution de l'eau aux autorités compétentes, à surveiller sa propre consommation énergétique, à localiser et identifier des plantes, et à participer à l'économie de partage par le covoiturage, l'échange de déchets et le prêt de matériel entre voisins. Les propositions lauréates du Climate CoLab sont axées sur des innovations technologiques : ClimateCoop repose sur la technologie de la

chaîne de blocs, et le Cadre pour le développement communautaire durable intègre des technologies existantes afin de proposer une réponse holistique aux multiples besoins relatifs à la durabilité (voir l'exemple présenté dans l'encadré 23.4).

Les domaines ciblés par les projets pilotes des ateliers et les propositions du Climate CoLab

Les projets pilotes des ateliers et les propositions du Climate CoLab ont été classés en fonction du type d'intervention et du domaine général, parmi les catégories indiquées à la figure 22.2 du chapitre 22. Cette catégorisation permet de compléter et de renforcer l'analyse descendante par des initiatives ascendantes. Étant donné que les approches ascendantes constituent une nouveauté du rapport GEO-6, l'analyse ci-après se veut une illustration des possibilités offertes par ces méthodes complémentaires. Les évaluations futures pourraient compiler un ensemble plus large de données et lier plus explicitement les résultats aux efforts descendants déployés. De même, on peut envisager de renforcer l'analyse descendante en y incluant certaines conclusions tirées de l'analyse ascendante. Le processus de catégorisation a consisté à étudier la description associée aux différents projets pilotes des ateliers et propositions du Climate CoLab, puis à leur attribuer de manière subjective tous les types d'intervention correspondants. Ainsi, il arrive souvent que plusieurs types d'intervention, relevant de plus d'un domaine, soient représentés dans une même proposition. En raison de leur faible représentation, les domaines Eau douce et Océans sont regroupés dans le cadre de l'analyse proposée tout au long du présent chapitre, conformément aux domaines initiaux tels qu'ils sont décrits au chapitre 22. Il est toutefois recommandé de considérer l'eau douce et les océans comme des domaines distincts dans les évaluations futures.

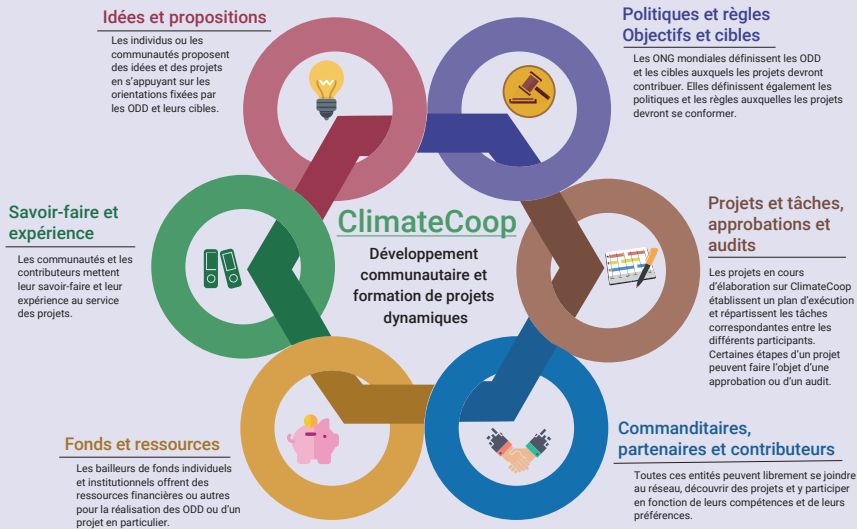
Figure 23.7 : Représentation de chaque théorie du changement dans l'ensemble des projets pilotes et des propositions





ClimateCoop – La chaîne de blocs du Consortium sur le climat (choix du jury)

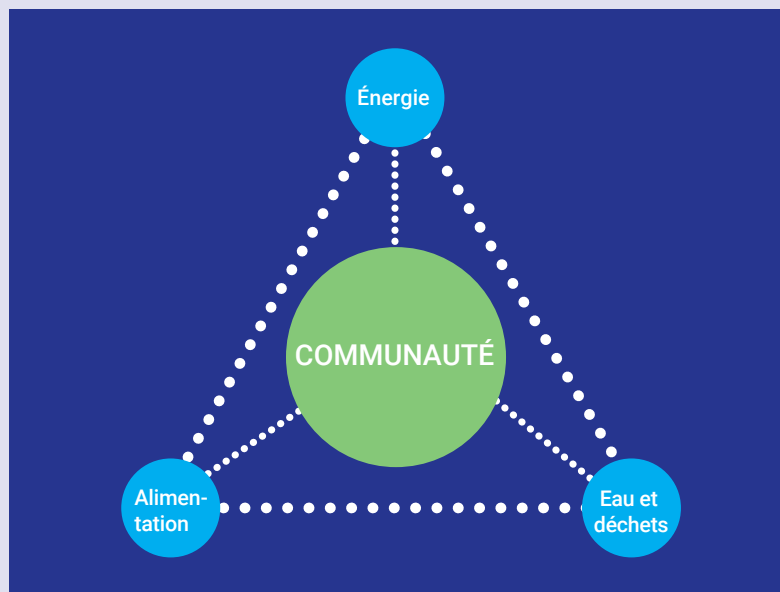
ClimateCoop est une plateforme basée sur la chaîne de blocs et favorisant l'action décentralisée, locale et transparente sur les ODD. Cette plateforme distribuée met en rapport les parties intéressées (particuliers, chercheurs, commanditaires, organisations internationales, gouvernements, entreprises) et facilite la collaboration autour de nouvelles idées et initiatives. Sur la plateforme, les créateurs d'initiatives publient des mises à jour concernant leurs progrès, tandis que les membres accrédités ont la possibilité d'examiner et d'approuver les initiatives à venir. Les développeurs de la plateforme ClimateCoop estiment que leur innovation utilise ce que la technologie numérique distribuée, les modèles sociaux modernes, la gouvernance matricielle décentralisée et les modèles économiques révolutionnaires (telle la production participative) offrent de mieux pour soutenir efficacement des interventions ascendantes relatives au climat et à la durabilité. Leur plateforme favorise la coopération et la collaboration entre les personnes et les institutions..



Source : ClimateCoop (2018).

Le Cadre pour le développement communautaire durable (choix du public)

Le Cadre pour le développement communautaire durable offre aux collectivités une feuille de route complète et intégrée pour la réalisation du développement durable. Cette feuille de route intégrée s'appuie sur les secteurs de l'énergie, de l'eau et des déchets et de l'alimentation pour créer une approche holistique de la durabilité des communautés. En mettant l'accent sur la nature synergique des infrastructures et de la société, cette feuille de route favorise la prise en compte du « facteur humain » dans les efforts de développement durable à venir, garantissant ainsi l'intégration des communautés dans le processus de durabilité environnementale. Les composantes individuelles du Cadre, telles que le développement de la technologie du biogaz, les fermes hydroponiques verticales et la collecte des eaux de pluie, sont conçues pour faciliter leur adaptation à différentes localités.



Source : Wright, Yang et Ma (2018).



La **figure 23.8** montre que les projets pilotes des ateliers affichent une forte représentation du domaine Énergie, air et climat, qui est particulièrement associé aux ODD 7, 11 et 13. Certaines interventions relevant de ce domaine sont détaillées ci-dessous, mais les plus populaires visent des émissions faibles ou nulles, l'évolution des comportements, l'efficacité énergétique ou (dans une moindre mesure) l'accès à l'énergie. Une forte proportion des projets pilotes relèvent de la catégorie « autres » (et ne correspondent donc pas aux domaines définis au chapitre 22), en particulier la sensibilisation et le renforcement des compétences, le suivi et la production de rapports, la réduction des déchets plastiques et de la consommation, et l'économie circulaire. Les liens les plus solides avec les ODD ont trait aux ODD 11 et 12 ; les liens avec les ODD 3 et 13 sont un peu plus ténus. Le domaine Agriculture, alimentation, terres et biodiversité suscite un intérêt modeste, tandis que les interventions les plus importantes ciblent le changement de régime alimentaire et la protection des écosystèmes terrestres. Étant donné que les ateliers participatifs ont eu lieu en ville, beaucoup de propositions sont axées sur la réponse aux ODD dans un contexte urbain. **L'encadré 23.5** présente certaines des principales conclusions qui se dégagent des interventions proposées dans le cadre de ces processus participatifs.



Encadré 23.5 : Les systèmes urbains

Dans le rapport GEO-6, l'urbanisation est considérée comme l'une des cinq principales forces motrices du changement environnemental – à l'origine de changements fondamentaux dans les systèmes naturels et sociaux – et comme l'une des 12 questions transversales nécessitant des réponses urgentes et systémiques (voir les chapitres 2 et 4). Environ 60 % des zones urbaines qui devront accueillir la population urbaine de 2050 restent encore à construire. Par conséquent, il est essentiel que les systèmes urbains conçus aujourd'hui soient aussi durables que possible.

Les résultats des processus participatifs se concentrent dans une large mesure sur l'amélioration de l'environnement urbain. L'ODD 11 (villes et communautés durables), par exemple, est souvent mentionné, avec 38 % des projets pilotes des ateliers et la moitié des propositions du Climate CoLab. L'analyse de ces résultats révèle également diverses synergies entre les ODD, ce qui renforce l'idée selon laquelle l'urbanisation constituerait un enjeu transversal, appelant des solutions susceptibles de présenter de nombreux avantages connexes. Les projets pilotes répondant à l'ODD 11 affichent d'importantes synergies avec les ODD 3, 9, 12 et 13. Les propositions du Climate CoLab présentent également plusieurs synergies avec l'ODD 11, ainsi qu'avec les ODD 3, 12, 13 et 17. Ces caractéristiques, mises en évidence par le processus de catégorisation, apparaissent également dans les descriptions des projets pilotes et des propositions concernés, qui évoquent parfois les avantages connexes des solutions mises en œuvre en milieu urbain.

Les projets pilotes liés aux villes ciblent souvent l'autonomisation des citoyens à l'aide de plateformes en ligne et d'applications pour smartphone. Certaines applications permettent à l'utilisateur de suivre et de signaler sa consommation énergétique ou la pollution de l'air et de l'eau, d'identifier des espèces végétales (biodiversité), etc. En plus d'éduquer leurs utilisateurs, ces applications ont pour caractéristique principale de favoriser l'action fondée sur des données. Une application de suivi de la consommation énergétique a été proposée, accompagnée d'incitations financières à modifier ses habitudes de consommation d'électricité, ainsi qu'une application de surveillance de la qualité de l'eau, directement reliée au service d'eau municipal. Les projets pilotes urbains mettent également l'accent sur les infrastructures, notamment à travers le développement d'une infrastructure verte axée sur les toits végétalisés, les jardins communautaires et, plus globalement, les normes de construction écologiques.

Lors des quatre ateliers, les propositions inspirées des projets pilotes se sont souvent concentrées sur les villes ou communautés durables. Des zones urbaines ont été imaginées, avec des bâtiments équipés de panneaux solaires ou de toits verts, construits dans des matériaux durables et dotés de technologies intelligentes permettant de réduire au minimum la consommation énergétique. Plusieurs trajectoires vers un avenir durable prévoient la protection d'espaces spécifiques et la fourniture d'infrastructures favorisant l'agriculture urbaine, dont les produits peuvent être utilisés pour l'alimentation et pour la production de biens de consommation durable tels que des couverts biodégradables ou comestibles. L'une des propositions présentées concerne une plateforme internationale de villes regroupant des données et des actions environnementales à l'échelle internationale, sur laquelle les citoyens peuvent s'informer des actions communautaires durables dans lesquelles ils pourraient s'engager.



Figure 23.8 : Tableau thermique des projets pilotes des ateliers, illustrant le nombre de correspondances entre les différentes mesures ou interventions et les ODD

Domaine	Catégorie de mesures	Pas de pauvreté (1)	Fair «zéro» (2)	Bonne santé et bien-être (3)	Éducation de qualité (4)	Égalité des sexes (5)	Eau propre et assainissement (6)	Énergie propre et d'un coût abordable (7)	Travail décent et croissance économique (8)	Industrie, innovation et infrastructure (9)	Inégalités réduites (10)	Villes et communautés durables (11)	Consommation et production responsables (12)	Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques (13)	Vie aquatique (14)	Vie terrestre (15)	Paix, justice et institutions efficaces (16)	Partenariats pour la réalisation des objectifs (17)		
Énergie, air et climat	Accès à l'énergie	1	0	0	1	0	0	9	4	3	1	4	1	4	0	0	1	1		
	Changement de comportement (transport et ménages)	1	0	5	1	0	2	6	4	5	1	10	6	10	1	1	0	1		
	Électrification des ménages	0	0	0	0	0	0	5	1	3	0	2	0	4	0	0	0	0		
	Technologies à émissions faibles ou nulles (non fondées sur la biomasse)	1	0	5	1	0	2	18	6	7	1	8	5	10	1	1	0	2		
	Bioénergie (avec ou sans captage et stockage du carbone)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Amélioration de l'efficacité énergétique	0	1	4	0	0	2	5	4	7	0	7	4	7	0	1	0	0	0	
	Technologies à émissions négatives	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	Lutte contre la pollution de l'air	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Réduction des émissions autres que de CO ₂	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	
Agriculture, alimentation, terres et biodiversité	Réduction du gaspillage alimentaire	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	
	Amélioration des rendements	3	4	2	0	1	0	0	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	
	Gestion de la nutrition	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	
	Accès aux aliments	2	5	3	0	1	0	1	2	1	1	2	1	0	0	1	0	1	0	
	Changement de régime alimentaire	0	2	4	1	0	1	1	0	1	0	4	4	3	3	4	0	1	0	
	Gestion de la perte de carbone du sol	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
	Perturbation minimale des terres	1	2	1	0	0	2	2	2	0	0	0	0	1	0	2	0	2	0	
	Propriété des terres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Protection des écosystèmes terrestres	2	2	1	0	0	3	2	3	3	0	3	1	4	2	6	0	1	0	
	Planification de l'utilisation du sol	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	1	0	1	0	0	0	
Gestion des forêts	1	3	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	3	0	4	0	0	0		
Bien-être humain	Réduction de la pauvreté	2	1	2	1	1	0	3	4	3	3	3	3	2	0	1	1	1		
	Soins de santé maternelle et infantile	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Éducation	2	1	2	6	0	1	0	3	0	3	1	0	0	0	1	1	2		
Eau douce et Océans	Utilisation efficace de l'eau	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0		
	Carbone bleu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	EAH	0	1	2	0	0	7	1	0	2	1	3	0	0	1	1	0	0		
	Traitement des eaux usées	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
	Normes de qualité de l'eau	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Dessalement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Gestion intégrée des ressources en eau	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0		
	Pêche durable	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0		
	Réglementation des océans	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Protection des écosystèmes marins	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0		
Autres	Suivi et rapports	3	3	10	3	1	3	3	4	6	3	8	5	3	3	5	2	3		
	Économie circulaire	1	0	1	1	0	2	1	2	4	1	6	14	1	2	1	0	1		
	Économie de partage	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	4	6	1	2	2	0	1		
	Réduction des déchets plastiques et ménagers	1	2	3	1	0	2	1	1	2	0	6	16	8	5	5	0	1		
	Sensibilisation et renforcement des compétences	3	4	8	10	4	5	5	6	6	5	12	12	10	8	7	3	6		
	Égalité des sexes	0	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1		
	Villes intelligentes pour la durabilité	1	0	2	0	0	1	1	2	1	0	6	3	5	1	1	0	0		
	Restauration des écosystèmes	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
Gouvernance efficace	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Les chiffres indiquent le nombre de propositions combinant à la fois l'intervention (ligne) et l'ODD (colonne) concernés. La catégorie « Autres » est décrite en détail à la section 23.11.



Figure 23.9 : Tableau thermique des propositions du Climate CoLab, illustrant le nombre de correspondances entre les différentes mesures ou interventions et les ODD

Domaine	Catégorie de mesures	Pas de pauvreté (1)	Faim «zéro» (2)	Bonne santé et bien-être (3)	Éducation de qualité (4)	Égalité des sexes (5)	Eau propre et assainissement (6)	Énergie propre et d'un coût abordable (7)	Travail décent et croissance économique (8)	Industrie, innovation et infrastructure (9)	Inégalités réduites (10)	Villes et communautés durables (11)	Consommation et production responsables (12)	Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques (13)	Vie aquatique (14)	Vie terrestre (15)	Paix, justice et institutions efficaces (16)	Partenariats pour la réalisation des objectifs (17)
Énergie, air et climat	Accès à l'énergie	2	2	2	1	1	2	4	2	2	1	0	1	4	1	1	0	2
	Changement de comportement (transport et ménages)	3	3	3	1	2	2	4	3	3	2	3	3	5	3	3	2	4
	Électrification des ménages	1	1	1	0	0	2	2	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
	Technologies à émissions faibles ou nulles (non fondées sur la biomasse)	3	4	4	1	2	3	5	4	2	2	2	0	5	1	2	1	3
	Bioénergie (avec ou sans captage et stockage du carbone)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	Amélioration de l'efficacité énergétique	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	0	3	1	1	0	1
	Technologies à émissions négatives	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lutte contre la pollution de l'air	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Réduction des émissions autres que de CO ₂	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
Agriculture, alimentation, terres et biodiversité	Réduction du gaspillage alimentaire	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2
	Amélioration des rendements	3	3	2	0	2	1	0	1	1	1	1	1	3	0	1	0	2
	Gestion de la nutrition	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Accès aux aliments	7	10	10	4	6	4	6	8	3	5	4	6	10	3	6	2	8
	Changement de régime alimentaire	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
	Gestion de la perte de carbone du sol	3	3	2	1	2	3	1	1	1	1	2	1	3	1	1	1	2
	Perturbation minimale des terres	5	8	8	3	6	7	6	7	5	5	4	6	10	4	7	3	6
	Propriété des terres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Protection des écosystèmes terrestres	3	5	5	2	3	5	4	4	3	2	3	5	6	3	5	1	3
	Planification de l'utilisation du sol	1	2	2	1	0	1	0	0	1	0	0	1	2	0	1	0	1
Gestion des forêts	2	3	2	1	1	4	3	2	1	0	1	3	4	2	3	0	1	
Bien-être humain	Soins de santé maternelle et infantile	8	9	9	3	3	5	5	7	4	4	3	5	10	3	5	1	5
	Child/ maternal healthcare	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Éducation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Eau douce et Océans	Utilisation efficace de l'eau	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Carbone bleu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EAH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Traitement des eaux usées	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Normes de qualité de l'eau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dessalement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gestion intégrée des ressources en eau	1	3	3	2	3	2	2	3	0	2	2	0	3	0	1	1	3
	Pêche durable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Réglementation des océans	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Protection des écosystèmes marins	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Autres	Suivi et rapports	1	1	2	1	0	2	1	1	2	1	1	1	2	0	1	2	2
	Économie circulaire	3	3	5	1	3	1	1	1	2	2	4	4	4	1	2	1	2
	Économie de partage	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
	Réduction des déchets plastiques et ménagers	2	1	3	0	2	1	0	0	1	1	4	4	4	1	3	0	2
	Sensibilisation et renforcement des compétences	7	8	8	5	7	7	7	8	5	7	9	7	13	5	7	5	6
	Égalité des sexes	5	6	7	2	7	3	3	5	1	5	6	3	7	1	4	2	6
	Villes intelligentes pour la durabilité	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Restauration des écosystèmes	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	Gouvernance efficace	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1

Les chiffres indiquent le nombre de propositions combinant à la fois l'intervention (ligne) et l'ODD (colonne) concernés. La catégorie « Autres » est décrite en détail à la section 23.11.



La représentation des différents domaines présente de nettes différences entre les projets pilotes des ateliers, d'une part, et les propositions du Climate CoLab, d'autre part. Dans le cas de ces dernières, le domaine Agriculture, alimentation, terres et biodiversité forme un ensemble bien plus important que dans les projets pilotes des ateliers ; plusieurs propositions du Climate CoLab ont trait à l'accès aux aliments et à la perturbation minimale des terres (**figure 23.9**). Les propositions du Climate CoLab sont également fortement axées sur la réduction de la pauvreté. Le type d'intervention « Sensibilisation et renforcement des compétences », qui fait partie des ajouts aux catégories initiales, est fortement représenté dans les projets pilotes des ateliers et dans les propositions du Climate CoLab. Les ODD 1, 2, 3 et 13 semblent étroitement corrélés dans de nombreuses

propositions. Comparativement, peu de propositions du Climate CoLab comportent des interventions relatives au domaine Énergie, air et climat, malgré une forte représentation de l'ODD 13 (mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques). L'égalité des sexes est une intervention beaucoup plus forte dans les propositions du Climate CoLab que dans les projets pilotes, mais cette catégorie n'entretient pas de liens solides avec un ODD. Ni les projets pilotes des ateliers ni le Climate CoLab n'ont produit de propositions dans les domaines combinés Eau douce et Océans, mais cette lacune est partiellement comblée dans l'analyse des évaluations régionales.

La **figure 23.10** présente le nombre de projets pilotes et de propositions relevant de plusieurs domaines. Les propositions

Figure 23.10 : Combinaison des différents domaines dans les projets pilotes des ateliers et dans les propositions du Climate CoLab

Ateliers						Climate CoLab					
Domaine	Agriculture, alimentation, terres et biodiversité	Énergie, air et climat	Eau douce et Océans	Bien-être humain	Autres	Domaine	Agriculture, alimentation, terres et biodiversité	Énergie, air et climat	Eau douce et Océans	Bien-être humain	Autres
Agriculture, alimentation, terres et biodiversité	30	4	4	5	6	Agriculture, alimentation, terres et biodiversité	18	6	5	9	12
Énergie, air et climat	4	43	5	4	13	Énergie, air et climat	6	12	2	7	6
Eau douce et Océans	4	5	17	0	3	Eau douce et Océans	5	2	5	2	4
Bien-être humain	5	4	0	16	4	Bien-être humain	9	7	2	14	9
Autres	6	13	3	4	84	Autres	12	6	4	9	23

Les chiffres indiquent le nombre de projets pilotes ou de propositions comptant au moins une intervention relevant de la combinaison de domaines concernée.



© Shutterstock/ANEX SANGKHAMREE



du Climate CoLab sont les plus susceptibles de relever de plusieurs domaines à la fois, tandis que les projets pilotes ont plutôt tendance à se limiter à un seul domaine. Cela s'explique par le fait qu'un projet pilote est généralement une initiative isolée plutôt qu'une proposition combinant plusieurs interventions. Les projets pilotes affichent une tendance à associer les domaines Énergie, air et climat et Autres, contrairement aux propositions du Climate CoLab, pour lesquelles cette combinaison fait partie des moins courantes. Ces dernières sont beaucoup plus susceptibles d'associer divers domaines à celui du Bien-être humain, étant donné la prévalence de la réduction de la pauvreté dans les propositions concernées. La principale conclusion qui se dégage de cette figure est qu'en observant des exemples concrets, on constate que chaque intervention peut concerner plus d'un domaine. Cela permet donc également d'illustrer de manière très précise les synergies décrites au chapitre 22.

L'agriculture, l'alimentation, les terres et la biodiversité

Les projets pilotes et les propositions du Climate CoLab relevant du domaine Agriculture, alimentation, terres et biodiversité concernent principalement l'accès aux aliments, la protection des écosystèmes terrestres et la perturbation minimale des terres (figure 23.11). Aucune solution ne cible la propriété des terres et deux seulement portent sur la gestion de la nutrition.

Parmi les principales tendances qui se dégagent de ce domaine, on peut notamment citer la décentralisation et la localisation de la production alimentaire (soutien des collectivités à l'agriculture, innovations en matière d'agriculture urbaine, etc.) destinées à

améliorer l'accès aux aliments, à minimiser la perturbation des terres et, éventuellement, à améliorer les rendements. Ce type de solutions a la capacité de compenser les arbitrages identifiés au chapitre 22 entre l'amélioration des rendements et, par exemple, les enjeux du changement climatique et de la rareté de l'eau.

L'énergie, l'air et le climat

Les projets pilotes et les propositions relevant du domaine Énergie, air et climat ont principalement trait à des technologies à émissions faibles ou nulles, à l'évolution des comportements dans l'utilisation des transports et la consommation d'énergie des ménages, à l'accès à l'énergie et à l'amélioration de l'efficacité énergétique (figure 23.12). La bioénergie, les technologies à émissions négatives et la lutte contre la pollution de l'air sont très rarement abordées. L'une des propositions du Climate CoLab, « Adapter l'approche autochtone à l'adaptation aux effets du changement climatique et à leur atténuation », montre clairement l'importance de ne pas se fier uniquement aux solutions technologiques, et de reconnaître également la pertinence des innovations locales qui s'appuient sur des sources de connaissances variées.

L'eau douce et les océans

Les domaines Eau douce et Océans, combinés aux fins de l'analyse, figurent parmi les moins souvent abordés, en particulier dans les propositions du Climate CoLab (figure 23.13). Les projets pilotes relevant de ce double domaine sont majoritairement axés sur l'eau, l'assainissement et l'hygiène (EAH), et aucun projet pilote ou proposition n'aborde le la désalinisation ni la réglementation des océans.

Figure 23.11 : Nombre total de projets pilotes des ateliers et de propositions du Climate CoLab relevant de chacune des catégories de mesures inscrites dans le domaine Agriculture, alimentation, terres et biodiversité (les projets pilotes et les propositions correspondant à plusieurs mesures sont comptés deux fois)

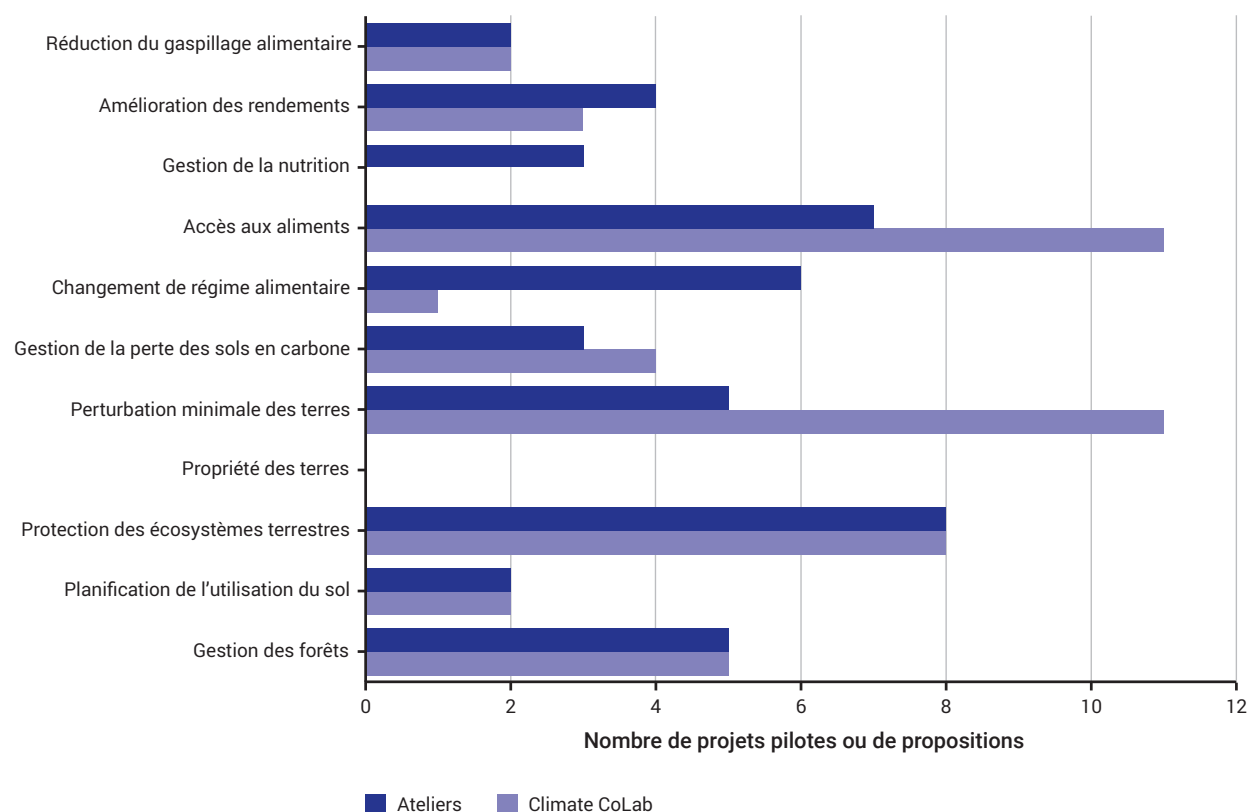




Figure 23.12 : Nombre total de projets pilotes des ateliers et de propositions du Climate CoLab relevant de chacune des catégories de mesures inscrites dans le domaine Énergie, air et climat (les projets pilotes et les propositions correspondant à plusieurs mesures sont comptés deux fois)

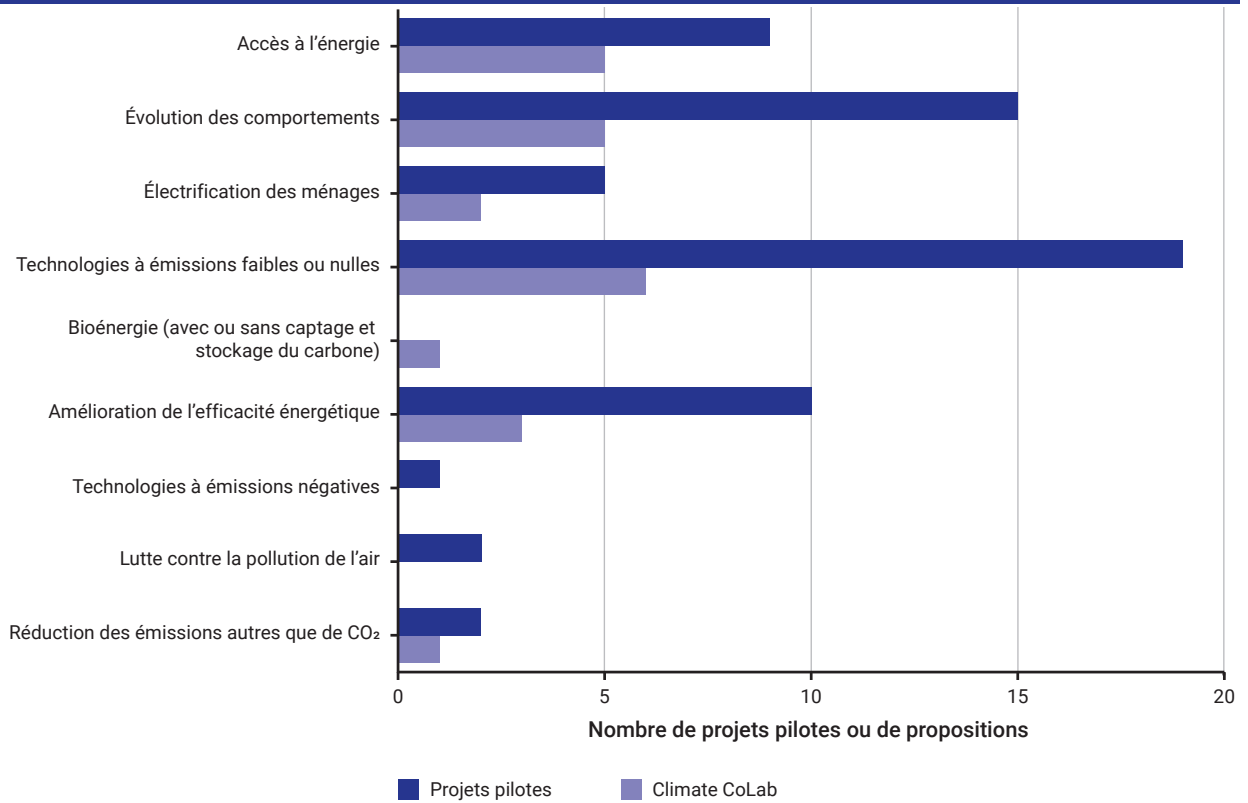
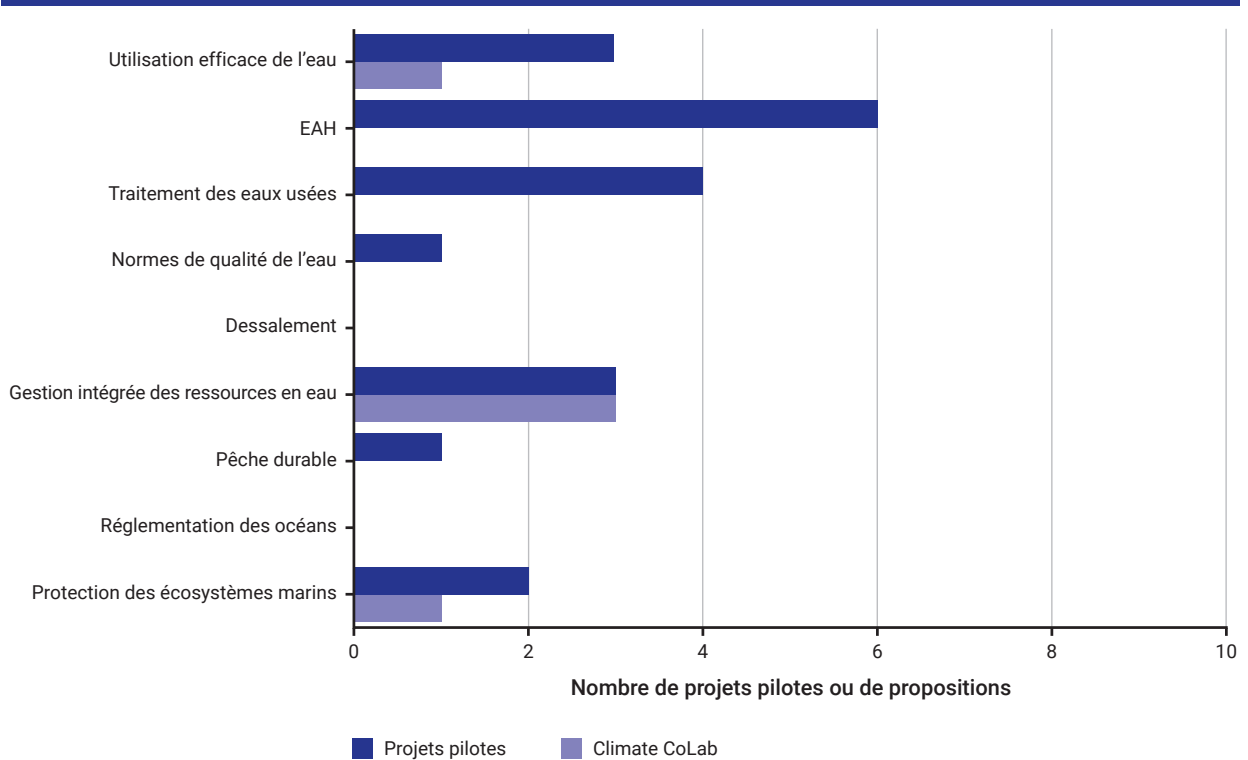


Figure 23.13 : Nombre total de projets pilotes des ateliers et de propositions du Climate CoLab relevant de chacune des catégories de mesures inscrites dans le double domaine Eau douce et Océans (les projets pilotes et les propositions correspondant à plusieurs mesures sont comptés deux fois)





Le bien-être humain

Les solutions relevant du domaine Bien-être humain sont principalement axées sur la réduction de la pauvreté, tandis que les soins de santé maternelle et infantile ne sont abordés que dans une seule proposition du Climate CoLab (**figure 23.14**). Cette tendance peut témoigner de l'importance, pour les pouvoirs publics, de cibler ces aspects particuliers dans leurs interventions.

23.10 Synthèse des évaluations régionales du rapport GEO

Les interventions supplémentaires mises en avant par les évaluations régionales du GEO-6 sont présentées ci-après. Cette description est suivie d'un aperçu des principales orientations régionales pour différents domaines d'intervention et d'une comparaison de ces orientations avec les interventions descendantes et ascendantes dominantes.

23.10.1 La pertinence des interventions supplémentaires pour les différentes régions

Les évaluations régionales ont permis de mettre en avant neuf interventions supplémentaires (la section 23.11 en donne une analyse approfondie). Deux d'entre elles – la gouvernance efficace ainsi que la sensibilisation et le renforcement des compétences – sont considérées comme importantes dans les six évaluations régionales. Les évaluations régionales témoignent de la nécessité d'impliquer un large éventail d'acteurs dans la recherche de solutions transformatrices favorables au développement durable, et chacune d'entre elles met l'accent sur la mise en place de nouvelles collaborations entre les entreprises, les pouvoirs publics et la société civile. Outre ces points communs, les évaluations accordent beaucoup d'importance aux enjeux propres à chaque région, soulignant ainsi la nécessité d'envisager des initiatives ascendantes. En Amérique du Nord, les besoins identifiés en matière de gouvernance et de renforcement des capacités sont axés sur des approches prospectives intégrées mettant à profit les nouvelles technologies et la science citoyenne dans le suivi et les rapports, ce qui, en dernier ressort, permettrait d'internaliser les coûts environnementaux dans l'économie. L'Afrique et la région Amérique latine et Caraïbes mettent l'accent sur l'efficacité de la mise en œuvre et de la réglementation, afin de freiner les pertes d'habitat et la dégradation des terres, en insistant sur les politiques susceptibles de renforcer l'équité de la propriété foncière et l'utilisation durable des ressources naturelles. L'Europe et l'Asie-Pacifique se sont nettement concentrées sur l'intégration des

politiques régionales et la coopération. En Europe, la coordination stratégique est axée sur l'incitation à des modes de vie plus durables, tandis que dans la région Asie-Pacifique, la coordination est davantage considérée comme une modalité d'adaptation dans la perspective d'une réduction des risques de catastrophe. En Asie occidentale, la paix et la sécurité sont au cœur des enjeux de gouvernance. Seules trois évaluations (Afrique, Europe, et Amérique latine et Caraïbes) soulignent la nécessité d'une gouvernance mondiale face aux phénomènes de télécouplage, c'est-à-dire de transfert des impacts de la production et de la consommation d'une région à une autre. Cette prise en compte limitée des impacts interrégionaux, en particulier dans les grandes régions de consommation telles que l'Amérique du Nord et certaines parties de l'Asie-Pacifique, est préoccupante et devrait constituer un critère explicite dans les futures évaluations régionales.

Parmi les autres interventions régionales courantes que l'examen initial de la littérature consacrée aux scénarios n'avait pas permis d'identifier, on peut notamment citer le suivi et les rapports, la réduction des déchets plastiques et ménagers et la restauration des écosystèmes. À l'exception de l'Europe, toutes les régions mettent l'accent sur le suivi et les rapports, et plus particulièrement sur l'utilisation des nouvelles technologies et de la science citoyenne pour surveiller les tendances futures et rendre compte du développement durable. La réduction des déchets plastiques et ménagers est identifiée par la plupart des régions – sauf l'Afrique et la région Amérique latine et Caraïbes – et se traduit principalement par des solutions permettant d'éviter la gestion des déchets solides dans des décharges. L'Europe, l'Amérique du Nord et l'Asie occidentale insistent sur la restauration des écosystèmes, mais ce souci se manifeste différemment d'une région à l'autre. En Amérique du Nord, la restauration des écosystèmes est considérée comme importante pour une bonne gestion de la qualité de l'eau, tandis qu'en Asie occidentale, elle est fortement axée sur les écosystèmes marins côtiers, où elle constitue une stratégie de réduction des risques de catastrophe. En Europe, il s'agit plutôt d'une voie intégrative vers la réalisation d'objectifs multiples relatifs à la conservation de la biodiversité, au réaménagement des terres agricoles abandonnées, à la réduction des émissions d'azote et de GES, et aux avantages de la restauration des infrastructures bleues et vertes pour la santé mentale et physique.

Seules quelques évaluations régionales (**figure 23.15**) citent l'économie circulaire et les villes intelligentes en matière de durabilité parmi leurs interventions. Toutefois, au moins deux régions les considèrent comme des interventions prioritaires et

Figure 23.14 : Nombre total de projets pilotes des ateliers et de propositions du Climate CoLab relevant de chacune des catégories de mesures inscrites dans le domaine Bien-être humain (les projets pilotes et les propositions correspondant à plusieurs mesures sont comptés deux fois)

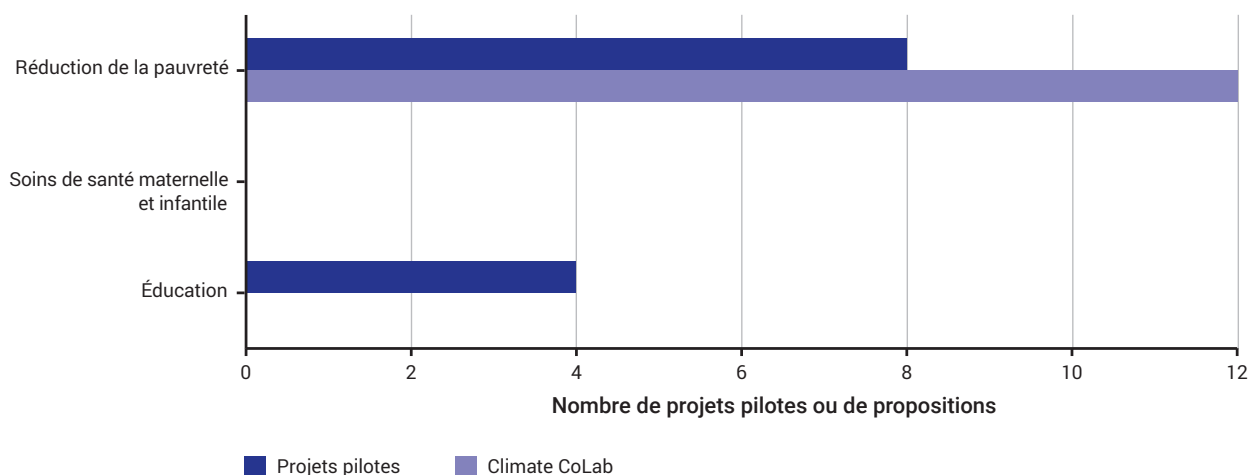




Figure 23.15 : Interventions mises en évidence dans les chapitres sur les perspectives des évaluations régionales du Rapport GEO

Domaine	Catégorie de mesures	Amérique du Nord	Amérique latine et Caraïbes	Afrique	Europe	Asie-Pacifique	Asie occidentale
Énergie, air et climat	Accès à l'énergie						
	Changement de comportement (transport et ménages)						
	Électrification des ménages						
	Technologies à émissions faibles ou nulles (non fondées sur la biomasse)						
	Bioénergie (avec ou sans captage et stockage du carbone)						
	Amélioration de l'efficacité énergétique						
	Technologies à émissions négatives						
	Lutte contre la pollution de l'air						
	Réduction des émissions autres que de CO ₂						
Agriculture, alimentation, terres et biodiversité	Réduction du gaspillage alimentaire						
	Amélioration des rendements						
	Gestion de la nutrition						
	Accès aux aliments						
	Changement de régime alimentaire						
	Gestion de la perte de carbone du sol						
	Perturbation minimale des terres						
	Propriété des terres						
	Protection des écosystèmes terrestres						
	Planification de l'utilisation du sol						
	Gestion des forêts						
	Utilisation efficace de l'eau						
Eau douce et Océans	Carbone bleu						
	EAH						
	Traitement des eaux usées						
	Normes de qualité de l'eau						
	Dessalement						
	Gestion intégrée des ressources en eau						
	Pêche durable						
	Réglementation des océans						
Bien-être humain	Protection des écosystèmes marins						
	Réduction de la pauvreté						
	Soins de santé maternelle et infantile						
Autres interventions régionales et ascendantes	Éducation						
	Gouvernance efficace						
	Sensibilisation et renforcement des compétences						
	Suivi et rapports						
	Réduction des déchets plastiques et ménagers						
	Restauration des écosystèmes						
	Villes intelligentes pour la durabilité						
	Économie circulaire						
	Économie de partage						
Égalité des sexes							

Les cases bleues signalent une catégorie de mesures mise en évidence dans l'évaluation régionale correspondante en tant que composante d'une trajectoire de développement plus durable ; les cases blanches indiquent l'absence de cette catégorie dans l'évaluation régionale concernée. Les interventions sont regroupées de la même façon qu'au chapitre 22. Les interventions qui ne figuraient pas dans les catégories issues de l'analyse de la littérature consacrée aux scénarios (celles du domaine Autres interventions régionales et ascendantes) ont été ajoutées afin de proposer une version actualisée de la liste d'interventions (voir la section 23.8).



les initiatives ascendantes montrent que ce type d'intervention ouvre de nouvelles perspectives à exploiter en matière d'approches intégrées et synergiques favorables à la réalisation d'un avenir durable.

23.10.2 Les orientations régionales relatives aux différents domaines d'interventions

Les interventions les plus fréquentes dans l'ensemble des régions portent sur les technologies à émissions faibles ou nulles, la protection de la biodiversité terrestre, la gouvernance efficace, la sensibilisation et le renforcement des compétences ainsi que le suivi et les rapports. Les évaluations régionales affichent des proportions à peu près équivalentes d'interventions relevant des domaines Énergie, air et climat et Agriculture, alimentation, terres et biodiversité. La prévalence des interventions relevant du double domaine Eau douce et Océans n'est que légèrement plus faible (**figure 23.16**). On note une absence marquée d'interventions relevant directement du domaine Bien-être humain (contrairement aux propositions du Climate CoLab, où ce domaine occupe une place prépondérante).

L'énergie, l'air et le climat

Un constat positif, également souligné au chapitre 22, tient au fait que les énergies renouvelables figurent dans les programmes de toutes les régions. Les six évaluations – qu'il s'agisse principalement d'économies développées ou de pays en développement – mettent l'accent sur les énergies renouvelables dans leurs principales interventions. En Afrique, ce levier est considéré comme un moyen d'améliorer la qualité de l'air et les émissions de GES, mais aussi l'accès aux services de base, grâce à un développement des zones rurales non dépendant des réseaux. En Asie occidentale, les énergies renouvelables sont perçues comme un enjeu fondamental pour la sécurité alimentaire et hydrique. Bien que les émissions de GES de la région Amérique latine et Caraïbes soient actuellement les plus faibles au monde, cette région compte beaucoup sur les énergies renouvelables pour freiner les tendances actuelles et contrer les scénarios fondés sur l'absence d'investissements dans un avenir sobre en carbone, qui prévoient une augmentation spectaculaire des émissions.

Les énergies renouvelables figurent dans les programmes de toutes les régions, mais il existe des lacunes évidentes dans les interventions portant sur la réduction des émissions et l'Europe est la seule région à tirer parti de l'ensemble des interventions relatives à l'énergie, à l'air et au climat. Cette absence de mesures directes pour l'atténuation du changement climatique est préoccupante. En ce qui concerne l'adaptation aux changements climatiques, on constate de nettes fractures régionales : l'Afrique et l'Amérique du Nord accordent de l'importance à la sécurité alimentaire et hydrique ; l'Asie-Pacifique et l'Asie occidentale mettent l'accent sur la réduction des risques de catastrophe ; l'Europe mise sur la qualité de l'air et la santé ; la région Amérique latine et Caraïbes se concentre sur la résilience des écosystèmes et la nécessité de prendre systématiquement en compte les cadres de durabilité alternatifs issus des connaissances autochtones et locales.

L'agriculture, l'alimentation, les terres et la biodiversité

Ce domaine d'intervention a trait à la gestion du système foncier, traditionnellement dominée par des considérations écologiques et biophysiques. La protection des écosystèmes terrestres est toujours surreprésentée dans les interventions relevant de ce domaine, mais il semblerait que les approches conventionnelles s'ouvrent à des initiatives socio-écologiques plus intégrées telles que la réduction des déchets alimentaires, l'amélioration des rendements, l'agrobiodiversité et la gestion des forêts et des terres (**figure 23.16**). En Afrique et dans la région Amérique latine et Caraïbes, ce passage d'une approche axée sur la protection à une gestion plus durable des terres est illustré par le concept d'infrastructures écologiques et par les avantages qu'il présente

pour les infrastructures bâties. Dans toutes les régions, cependant, la gestion de la nutrition et le changement de régime alimentaire sont absents des interventions mises en évidence par les évaluations régionales, ce qui constitue une lacune notable et indique que les aspects plus comportementaux du spectre socio-écologique ne sont pas encore bien intégrés à ce domaine d'intervention à l'échelle des régions. On constate de nombreuses lacunes similaires dans les interventions socio-économiques relevant du domaine Bien-être humain.

Les interventions relevant du domaine Agriculture, alimentation, terres et biodiversité reflètent également les problèmes environnementaux propres à chaque région. L'Afrique et la région Amérique latine et Caraïbes mettent l'accent sur la protection des écosystèmes terrestres et la gestion durable des terres, ce qui est lié à la conversion massive des terres à des fins agricoles dans ces régions, aux pressions considérables que cette conversion induit et à la nécessité d'y faire face. L'Afrique, dans sa volonté de passer rapidement à un développement plus durable, illustre également la capacité des investissements dans l'intensification agricole à renforcer l'efficacité et, par la même occasion, les rendements agricoles, réduisant ainsi au minimum toute perte d'habitat. L'Europe et l'Amérique du Nord comptent fortement sur l'amélioration des rendements et la réduction du gaspillage alimentaire ; l'Europe mise également sur l'abandon des terres et leur retour à l'état sauvage. L'accès aux aliments, autre intervention sociale mise en évidence et relevant de ce domaine, consiste à offrir de meilleures perspectives aux petits exploitants agricoles d'Afrique et d'Asie occidentale.

L'eau douce et les océans

De même que les projets pilotes des ateliers et les propositions du Climate CoLab, les évaluations régionales affichent une proportion plus faible d'interventions relevant du double domaine Eau douce et Océans que des deux domaines évoqués ci-dessus. Les perspectives de l'Europe et de la région Amérique latine et Caraïbes ne font pas ressortir d'interventions relevant de ce domaine. Ces deux régions affichent des signes d'amélioration au regard des principales difficultés qu'elles rencontrent en matière d'eau douce (amélioration de la qualité de l'eau en Europe ; amélioration des services EAH pour l'Amérique latine et les Caraïbes), de sorte que des défis régionaux plus importants peuvent se poser, tels que l'évolution de la production et de la consommation en Europe, et la gestion durable des terres dans la région Amérique latine et Caraïbes.

Les catégories d'interventions les plus fréquemment mises en avant dans le domaine Eau douce sont la gestion intégrée des ressources en eau, l'utilisation efficace de l'eau et l'EAH. Les deux premières sont souvent regroupées, avec un discours prédominant relatif à la gestion intégrée des ressources en eau pour résoudre les problèmes de pénurie et de distribution de l'eau. L'Afrique, l'Asie-Pacifique et l'Amérique du Nord (sous l'effet de récentes sécheresses et de projections relatives au changement climatique pour cette dernière) insistent sur ce point. Il est intéressant de noter que l'Asie occidentale s'intéresse moins à la pénurie d'eau en elle-même qu'aux coûts d'investissement relatifs à l'extraction des eaux souterraines et à la désalinisation pour l'approvisionnement continu en eau et l'assainissement des villes en expansion rapide. Ainsi, au moins une région compte explicitement sur la diversification des sources d'eau comme moyen concret de relever les défis relatifs à l'approvisionnement en eau. Les questions touchant la qualité de l'eau – le traitement sûr des eaux usées et la qualité de l'approvisionnement – sont abordées séparément de la gestion intégrée des ressources en eau. Les interventions relatives à la qualité de l'eau sont mises en évidence dans les perspectives présentées pour l'Amérique du Nord et l'Asie occidentale, qui mettent en avant les problèmes liés au traitement des eaux usées et aux contaminants chimiques.



Figure 23.16 : Nombre de régions mettant l'accent sur les interventions des domaines décrits au chapitre 22

		0	1	2	3	4	5	6	7
Énergie, air et climat	Accès à l'énergie	1							
	Changement de comportement (transport et ménages)	1	1	1	1				
	Électrification des ménages	1							
	Technologies à émissions faibles ou nulles (non fondées sur la biomasse)	1	1	1	1	1	1		
	Bioénergie (avec ou sans captage et stockage du carbone)	1	1	1					
	Amélioration de l'efficacité énergétique	1	1	1					
	Technologies à émissions négatives	1							
	Lutte contre la pollution de l'air	1	1						
	Réduction des émissions autres que de CO ₂	1							
Agriculture, alimentation, terres et biodiversité	Réduction du gaspillage alimentaire	1	1	1					
	Amélioration des rendements	1	1	1					
	Gestion de la nutrition								
	Accès aux aliments	1	1						
	Changement de régime alimentaire								
	Gestion de la perte de carbone du sol	1	1						
	Perturbation minimale des terres			1	1				
	Propriété des terres	1							
	Protection des écosystèmes terrestres	1	1	1	1	1			
	Planification de l'utilisation du sol	1	1	1					
Gestion des forêts	1	1	1						
Bien-être humain	Réduction de la pauvreté								
	Santé maternelle et infantile	1							
	Éducation	1							
Eau douce et Océans	Utilisation efficace de l'eau	1	1	1					
	Carbone bleu								
	EAH	1	1	1					
	Traitement des eaux usées	1							
	Normes de qualité de l'eau	1	1						
	Dessalement	1							
	Gestion intégrée des ressources en eau	1	1	1					
	Pêche durable	1	1						
	Réglementation des océans	1							
	Protection des écosystèmes marins	1	1						
Autres	Suivi et rapports	1	1	1	1	1			
	Économie circulaire	1	1	1					
	Économie de partage								
	Réduction des déchets plastiques et ménagers	1	1	1	1				
	Sensibilisation et renforcement des compétences	1	1	1	1	1	1		
	Égalité des sexes								
	Villes intelligentes pour la durabilité	1	1						
	Restauration des écosystèmes	1	1	1					
	Gouvernance efficace	1	1	1	1	1	1		

Domaines décrits au chapitre 22 (0 = aucune région, 6 = toutes les régions)



L'Afrique et l'Asie-Pacifique sont les seules régions à mettre en avant des interventions en faveur des océans dans leurs perspectives régionales. Pour l'Afrique, il s'agit principalement de protéger les écosystèmes marins pour une pêche durable. En Asie-Pacifique, la protection des écosystèmes marins est considérée à la fois comme une stratégie de gestion durable des pêches et de réduction des risques de catastrophe, notamment en ce qui concerne la protection et la restauration des mangroves.

Le bien-être humain

Les interventions relevant du domaine Bien-être humain sont clairement négligées. Seule la région Amérique latine et Caraïbes identifie, dans ses perspectives, une intervention clé (l'éducation) relevant de ce domaine pour la transformation vers un avenir durable. Les interventions relevant d'autres domaines et caractérisées par une orientation plus sociale sont rarement mentionnées (l'accès à l'énergie, l'accès aux aliments, les villes intelligentes en matière de durabilité), voire jamais (la gestion de la nutrition, le changement de régime alimentaire, la réduction de la pauvreté, l'économie de partage, l'égalité des sexes). Pour autant, les interventions en faveur du bien-être humain ne sont pas totalement absentes des évaluations régionales, ni même du chapitre consacré aux perspectives. En effet, plusieurs régions examinent, parfois en détail, les synergies avec des ODD liés au bien-être humain (notamment les régions Afrique et Amérique latine et Caraïbes). Toutefois, l'accent n'est pas mis sur les interventions elles-mêmes. En effet, plutôt que de planifier explicitement la réalisation synergique des cibles, les évaluations régionales considèrent les interventions relevant de ce domaine comme les effets positifs d'une bonne gestion des trois domaines précédents. Les futures évaluations régionales pourraient s'efforcer d'élaborer des stratégies plus intégratives en abordant et en planifiant explicitement ce domaine d'intervention.

23.11 Les interventions et les initiatives ascendantes des perspectives régionales

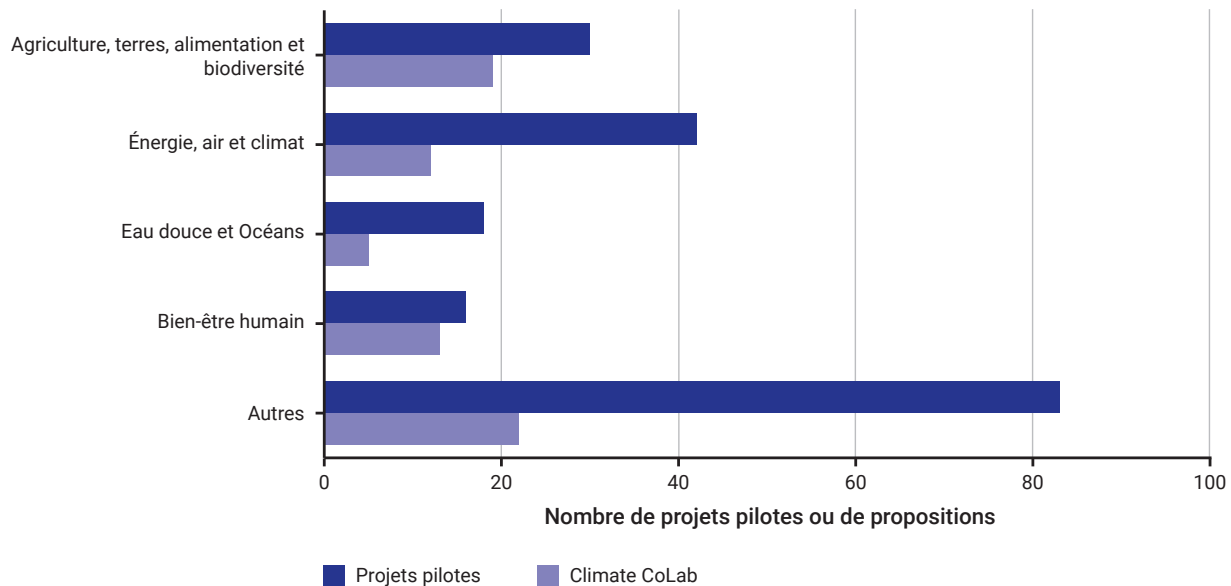
23.11.1 Autres catégories d'intervention

Pour une bonne part, les solutions proposées lors de la collecte et de l'évaluation des projets pilotes et des propositions, et dans le cadre de l'examen des interventions régionales mises en avant, ne s'inscrivent pas parfaitement dans l'une des catégories de mesures décrites au chapitre 22 (voir le domaine Autres aux figures 23.15 et 23.16).

Par conséquent, neuf nouvelles catégories ont été élaborées et utilisées dans le cadre de l'analyse :

- ❖ **Suivi et rapports** : les innovations, notamment les initiatives relevant de la science citoyenne, visant à améliorer le suivi et la production de rapports relatifs aux conditions environnementales.
- ❖ **Économie circulaire** : les innovations fondées sur la recherche d'une meilleure efficacité dans l'utilisation des ressources, en particulier grâce à de nouveaux modèles économiques permettant d'optimiser le traitement des déchets issus d'autres processus de production (voir Ghisellini, Cialani et Ulgiati, 2016).
- ❖ **Économie de partage** : les innovations liées au partage de biens et de services entre pairs, principalement par le biais de plateformes de technologies de l'information et de la communication (TIC) (voir Hamari, Sköklint et Ukkonen, 2016).
- ❖ **Réduction des déchets plastiques et solides** : les innovations qui contribuent à réduire la production de déchets plastiques et solides.
- ❖ **Sensibilisation et renforcement des compétences** : les projets éducatifs liés à la durabilité et aux questions environnementales, et visant à sensibiliser le public et à développer des compétences utiles.
- ❖ **Égalité des sexes** : les solutions favorisant le traitement équitable de tous les genres, notamment par l'autonomisation des femmes et la prise en compte de l'équité entre les sexes.
- ❖ **Villes intelligentes en matière de durabilité** : les villes intelligentes se servent de technologies numériques modernes, telles que les applications pour smartphones, pour impliquer et mettre en relation les citoyens en vue de résoudre leurs principaux problèmes de durabilité, notamment en ce qui concerne les transports urbains, les modes de consommation, l'énergie, la nutrition, l'eau et les déchets.
- ❖ **Restauration des écosystèmes** : le processus consistant à aider au rétablissement d'un écosystème dégradé, endommagé ou détruit. Bien que cette catégorie s'inscrive parfaitement dans le domaine Agriculture, alimentation, terres et biodiversité, elle est considérée ici comme une catégorie à part entière en raison de l'importance accordée à ce type d'intervention dans les rapports. Dans les évaluations futures, cette catégorie pourrait être adaptée afin d'englober les solutions fondées sur la nature, notamment les innovations

Figure 23.17 : Projets pilotes des ateliers et propositions du Climate CoLab, par domaine



utiles qui s'appuient sur les connaissances autochtones et les infrastructures écologiques.

- ❖ **Gouvernance efficace** : les solutions propres à améliorer la coopération régionale et l'harmonisation à différentes échelles, notamment concernant la gestion des interactions et du télécouplage entre les systèmes en vue de réduire les inégalités interrégionales.

Soixante des 157 projets pilotes des ateliers et sept des 34 propositions du Climate CoLab ont été exclusivement catégorisés selon les interventions issues de ce nouvel ensemble de catégories regroupées dans le domaine Autres (figure 23.18). Malgré l'éroitesse des échantillons, les projets pilotes et les propositions dont les mesures ont été classées à la fois dans le domaine Autres et dans au moins l'un des quatre domaines principaux font apparaître de premières tendances. En ce qui concerne les projets pilotes, le domaine Énergie, air et climat est le plus souvent associé au domaine Autres, et plus précisément aux catégories Suivi et rapports, Villes intelligentes et Sensibilisation et renforcement des compétences. La question de l'égalité des sexes n'a été identifiée que dans deux projets pilotes, dont aucun n'a été classé dans l'un des quatre domaines principaux. En revanche, dans les propositions du Climate CoLab, les catégories d'intervention Égalité des sexes et Sensibilisation et renforcement des compétences se sont révélées les plus importantes, puisqu'elles figurent dans diverses propositions également associées à l'un ou l'autre des quatre domaines principaux. Les suggestions mises en avant dans ces propositions vont du réseau de mentorat à destination des femmes à l'autonomisation économique des femmes dans le contexte d'activités telles que l'apiculture. Le domaine Agriculture, alimentation, terres et biodiversité est le plus souvent associé aux interventions classées « autres ». Quant à la catégorie de mesures Suivi et rapports, fortement représentée dans les projets pilotes, elle est nettement moins prédominante dans les propositions du Climate CoLab.



© Shutterstock/Khlong Wangchao

Figure 23.18 : Nombre de correspondances entre les mesures relevant du domaine Autres et au moins une intervention relevant de l'un des domaines principaux

Ateliers					Climate CoLab				
Domaine Autres	Agriculture, alimentation, terres et biodiversité	Énergie, air et climat	Eau douce et Océans	Bien-être humain	Domaine Autres	Agriculture, terres, alimentation et biodiversité	Énergie, air et climat	Eau douce et Océans	Bien-être humain
Économie circulaire	2	1	2	2	Économie circulaire	3	0	1	2
Économie de partage	0	0	0	0	Économie de partage	2	1	0	1
Réduction des déchets plastiques et ménagers	2	1	0	2	Réduction des déchets plastiques et ménagers	2	1	0	0
Sensibilisation et renforcement des compétences	1	3	0	0	Sensibilisation et renforcement des compétences	5	5	2	4
Égalité des sexes	0	0	0	0	Égalité des sexes	6	3	3	2
Villes intelligentes pour la durabilité	0	4	0	0	Villes intelligentes pour la durabilité	0	0	0	0
Restauration des écosystèmes	0	0	1	0	Restauration des écosystèmes	1	0	0	1
Gouvernance efficace	0	0	0	0	Gouvernance efficace	0	1	0	0



Deux catégories d'interventions mises en évidence dans les plateformes d'initiatives ascendantes ne sont pas incluses dans l'évaluation mondiale : l'économie de partage et l'économie circulaire. Leurs innovations pourraient renforcer le domaine Énergie, air et climat, en plus de contribuer à relever les défis relatifs à la production et à la consommation dans le domaine Agriculture, alimentation, terres et biodiversité (voir l'**encadré 23.6**).

23.11.2 Les implications pour les évaluations futures

L'examen de la littérature mondiale consacrée aux scénarios donne une vue d'ensemble utile pour synthétiser la gamme des interventions susceptibles de favoriser l'instauration d'un avenir plus durable. En outre, avec des exemples concrets, il est possible d'analyser les synergies et les arbitrages possibles entre ces différentes interventions. Toutefois, les neuf interventions additionnelles découvertes dans le cadre de l'analyse ascendante devraient être prises en compte dans les futures éditions de *L'avenir de l'environnement mondial* (**figure 23.18**). Les perspectives régionales, par exemple, considèrent les villes intelligentes comme un moyen d'offrir une réponse intégrée aux besoins de durabilité en rassemblant diverses interventions susceptibles d'aboutir à un changement transformateur. Compte tenu des tendances actuelles en matière de croissance démographique et d'urbanisation, l'examen de ces possibilités offertes par les villes et du rôle qu'elles jouent dans la dynamique entre zones urbaines et zones rurales devrait être au centre des évaluations mondiales. Dans les initiatives ascendantes, l'économie de partage et l'économie circulaire ressortent comme des interventions émergentes, caractérisées par une évolution rapide et propres à chaque région. Les futures évaluations mondiales devraient prendre en compte l'impact de ces interventions dans leurs perspectives. Le rôle majeur des savoirs autochtones et locaux dans les innovations relatives à la durabilité ne constitue pas une catégorie additionnelle distincte, mais il a été pris en compte comme un aspect important dans des processus participatifs similaires entrepris par l'IPBES (voir Lundquist, 2017 ; IPBES, 2018e) et pourrait être mis en évidence dans la prochaine itération des évaluations.

L'importance accordée à une intervention ou à un domaine d'intervention donné peut varier considérablement d'une région à l'autre et au sein de chaque région. La collecte, l'expérimentation et le déploiement d'un ensemble diversifié d'initiatives ascendantes adaptées au contexte local peuvent donc être très utiles aux décideurs et leur servir d'exemples concrets de trajectoires génériques. Parmi les interventions mises en avant par toutes les évaluations régionales, on peut notamment citer l'efficacité de la gouvernance et la sensibilisation et le renforcement des compétences. En comparant les interventions identifiées dans les chapitres consacrés aux perspectives des évaluations régionales à celles identifiées lors de l'examen de la littérature sur les scénarios, nous avons constaté plusieurs lacunes qu'il convient de noter et de prendre explicitement en compte dans les évaluations régionales futures. Les plus notables ont trait au domaine Bien-être humain et à l'inclusion d'interventions à caractère social et comportemental dans les autres domaines (par exemple, la gestion de la nutrition, le changement de régime alimentaire, l'accès à l'énergie).

L'examen de la littérature mondiale consacrée aux scénarios montre clairement que certaines interventions en faveur du développement durable sont propices à une synergie entre des cibles multiples, tandis que d'autres peuvent appeler des arbitrages entre des cibles spécifiques. Le **tableau 22.1** présente un modèle pour comprendre quelles combinaisons d'interventions nécessitent des arbitrages et lesquelles, au contraire, produisent des avantages connexes. Cette prise en compte systématique des synergies et des arbitrages entre les différentes interventions peut permettre de garantir une approche intégrant les visions descendante et ascendante.

23.12 Les conditions favorables aux transformations

Certains auteurs soutiennent que les transformations en faveur de la durabilité nécessitent des innovations technologiques et institutionnelles (Olsson *et al.*, 2017). La relation entre les politiques et l'instauration d'un changement transformateur favorable à



Encadré 23.6 : Étude de cas – Les systèmes alimentaires

Le rapport GEO-6 considère le système alimentaire comme une question transversale clé en raison de ses impacts environnementaux de grande envergure (sur l'eau, les terres et les émissions de GES) (voir les chapitres 4, 8 et 17). Sur l'ensemble des initiatives axées sur l'implication des parties prenantes et la production participative incluses dans le processus GEO-6, 27 des 156 projets pilotes des ateliers et 11 des 34 propositions des finalistes du Climate CoLab ont un lien direct avec l'alimentation. Les participants ont manifesté une volonté d'adopter un système alimentaire plus durable en présentant une grande diversité de propositions touchant notamment au changement de régime alimentaire (par exemple, consommer moins de viande), à la réduction des déchets dans le système de distribution alimentaire et aux nouveaux systèmes de production. Les propositions reçues lors des ateliers et ciblant le gaspillage alimentaire n'abordent pas explicitement ses impacts environnementaux. Néanmoins, on estime que le gaspillage occasionne la perte du tiers des aliments produits dans le monde (voir le chapitre 8) et sa réduction favoriserait donc une utilisation plus efficace des ressources naturelles consommées par la production agricole.

Plusieurs propositions issues des projets pilotes des ateliers ont trait au changement de régime alimentaire ; elles préconisent plus particulièrement l'adoption d'un régime alimentaire végétarien ou végétalien et le soutien à ce type de régime. Il est largement admis que ces régimes nécessitent moins de terre, d'eau et d'énergie que les régimes à base de viande (Pimentel et Pimentel, 2003), bien que l'élevage du bétail sur les pâturages, lorsqu'il est adapté à la région concernée, puisse s'avérer durable (Eisler *et al.*, 2014). D'autres propositions ont trait à des méthodes agricoles non conventionnelles (par exemple, l'agriculture urbaine, les fermes sur les toits, l'agroforesterie) qui pourraient avoir un impact positif sur la sécurité alimentaire, tout en réduisant la dépendance aux ressources foncières ou hydriques. Les propositions du Climate CoLab sont plus détaillées que les projets pilotes recueillis au cours des ateliers en présentiel avec les parties prenantes. Naturellement, ces propositions sont principalement axées sur le changement climatique, mais environ un tiers d'entre elles sont en lien avec le système alimentaire. Les solutions proposées vont des interventions mondiales de très grande envergure, telles qu'un réseau de promotion de la durabilité impliquant « des dizaines de milliers de forêts vivrières », à des interventions plus ciblées telles que l'amélioration de la capacité de rétention de l'humidité des terres agricoles dans les régions d'Afrique touchées par la sécheresse. Malgré les difficultés à démontrer l'efficacité de ces interventions, les scénarios ascendants affichent une volonté claire d'accepter des changements dans le système alimentaire, ce qui laisse penser que les populations sont relativement sensibles aux changements identifiés comme nécessaires dans les trajectoires modélisées au chapitre 22.

Certaines des interventions proposées au cours des ateliers et sur la plateforme Climate CoLab pourraient constituer des facteurs décisifs et, sous réserve d'un examen approfondi et rigoureux, modifier fondamentalement la façon dont les scénarios modélisés relatifs à la production alimentaire seront élaborés à l'avenir. Les liens qu'entretiennent, selon les modélisations, la population, la consommation de viande, les rendements agricoles moyens et l'utilisation des terres qui en résulte pourraient être sensiblement modifiés à la faveur, par exemple, d'une réutilisation généralisée des déchets alimentaires pour la récupération des nutriments (Cordell *et al.*, 2011), combinée à des systèmes agricoles régénératifs, écologiques et multifonctionnels susceptibles d'accroître et de diversifier les rendements (Horlings et Marsden, 2011). En outre, on trouve dans la littérature des modèles radicaux de régimes hypothétiques optimisés (Schramski *et al.*, 2011 ; Ward *et al.*, 2014), qui pourraient contribuer à faire évoluer le point de vue qui prévaut dans les scénarios actuels, fondé sur une relation rigide entre les êtres humains et l'utilisation des terres.



des objectifs spécifiques est décrite en détail au chapitre 24. Le présent chapitre se termine par une discussion relative aux conditions nécessaires pour permettre aux initiatives ascendantes de se déployer à plus grande échelle et d'aboutir à un changement potentiellement transformateur. De nombreuses initiatives en place ou en développement visent à réaliser les ODD et d'autres accords multilatéraux mondiaux relatifs à l'environnement. Ces initiatives peuvent constituer des bases essentielles pour l'instauration d'un avenir plus souhaitable pour les populations et pour la planète, mais leur déploiement passe nécessairement par des conditions de gouvernance habilitantes à un échelon plus élevé (Moore, Riddell et Vocisano, 2015).

Les transformations favorables à la durabilité font l'objet d'une littérature abondante, qui fournit un cadre utile pour comprendre les conditions de gouvernance nécessaires à la réforme des systèmes non durables et au déploiement à plus grande échelle des innovations mentionnées dans les projets pilotes des ateliers et les propositions du Climate CoLab. Les transformations favorables à la durabilité se composent souvent de plusieurs phases : le statu quo problématique ; la phase de préparation, au cours de laquelle débute le développement d'innovations ; la phase de navigation ou d'accélération, marquée par le développement des innovations et leur intégration à un nouveau système ; la phase d'institutionnalisation, où un système plus souhaitable est pérennisé (Olsson *et al.*, 2006 ; Moore *et al.*, 2014 ; Pereira *et al.*, 2018a). Pour garantir le succès des transformations, chacune de ces phases doit bénéficier de conditions de gouvernance

particulièrement favorables. Parmi ces conditions, on peut distinguer les conditions de soutien à l'élargissement de la portée des innovations et les conditions de rupture, qui concourent à affaiblir les structures problématiques existantes.

Pour relier la théorie aux résultats ascendants, le **tableau 23.3** présente les conditions favorables et les conditions de rupture qui caractérisent les transformations identifiées dans la littérature et certains exemples tirés des projets pilotes des ateliers et des propositions du Climate CoLab.

23.13 Messages clés

L'analyse des solutions ascendantes et régionales susceptibles de favoriser l'instauration d'une planète saine pour des populations en bonne santé fait ressortir la nécessité :

1. D'intégrer les approches descendante et ascendante dans l'élaboration des scénarios ;
2. De prendre en compte l'ensemble des acteurs impliqués dans la réalisation de la durabilité ;
3. De reconnaître la nécessité de la justice distributive au moment de déterminer les lieux d'intervention.

Les efforts actuels visant à intégrer l'impact de l'action climatique ascendante dans les scénarios climatiques existants illustrent la manière dont l'inclusion d'activités ascendantes peut permettre :

Tableau 23.3 : Résumé des conditions favorables et des conditions de rupture pour l'approfondissement et le déploiement à plus grande échelle d'innovations potentiellement transformatrices

Condition et description (adapté de Kivimaa et Kern, 2016)	Lien avec les projets pilotes des ateliers et les propositions du Climate CoLab
CONDITIONS FAVORABLES	
<p>Établir et soutenir des marchés favorables aux innovations <i>La gouvernance des transformations doit impliquer la création et le soutien à de nouveaux marchés favorables aux innovations. Il s'agit d'instaurer des politiques de réglementation, d'exonération fiscale, de subvention au déploiement et d'étiquetage.</i></p>	<p>Certains projets pilotes et propositions mentionnent la création et l'expansion de marchés tels qu'une industrie de la mode conforme à l'éthique. Beaucoup d'autres se penchent sur des innovations liées à des marchés nouveaux et en plein essor au sein d'une économie circulaire et de partage. Ces changements peuvent nécessiter des politiques de soutien aux marchés, telles que l'étiquetage des projets de haute couture respectueux de certaines normes, et des subventions destinées à rendre les innovations de niche (en matière de réutilisation des déchets, par exemple) plus abordables pour les consommateurs. Plus généralement, les décideurs et les parties prenantes doivent constamment explorer les différents moyens de soutenir des marchés plus durables liés aux innovations concernées, afin qu'ils deviennent la norme.</p>
<p>Soutenir l'expérimentation des innovations et l'apprentissage <i>Le soutien à l'apprentissage et à l'expérimentation comprend le soutien à la recherche et au développement, au déploiement et à la démonstration des innovations, aux politiques visant à stimuler l'esprit d'entreprise, aux incubateurs, aux prêts à faible taux d'intérêt, au capital-risque et aux conditions réglementaires favorables.</i></p>	<p>Peu de projets pilotes et de propositions portent spécifiquement sur le soutien à l'expérimentation et à l'apprentissage. Le projet pilote le plus pertinent est un laboratoire axé sur les innovations durables à l'échelon local. Toutefois, étant donné que les projets pilotes et les propositions constituent eux-mêmes des innovations, principalement au stade du prototype ou du développement initial, il est nécessaire de soutenir l'expérimentation et l'apprentissage de l'innovation pour assurer une croissance continue. La gouvernance encadrant l'ensemble des projets pilotes et des propositions doit viser une amélioration continue afin de rendre les solutions viables à long terme.</p>
<p>Mobilisation des ressources financières <i>L'appui aux ressources financières consiste à mobiliser des capitaux financiers par le biais de mécanismes de financement, de prêts à faible taux d'intérêt et de capital-risque.</i></p>	<p>Un grand nombre de projets pilotes des ateliers et de propositions du Climate CoLab mentionnent la nécessité de mobiliser davantage de ressources financières, y compris des fonds nationaux ; la proposition de la Fondation Inga nécessite un appui international au financement de ses projets ; l'écovillage de Govardhan propose un fonds d'innovation verte ; enfin, le Cadre pour le développement communautaire durable mentionne la nécessité de transférer les ressources financières (et l'expertise technologique) des pays développés aux pays en développement.</p> <p>L'accent mis sur les subventions et les incitations visant à soutenir l'innovation est lié au soutien aux marchés, à l'appui à l'expérimentation et à l'apprentissage, et à la mobilisation des ressources financières. Les trajectoires des ateliers, en particulier celles qui ont été élaborées lors de l'atelier de Singapour, insistent sur le besoin de subventions pour promouvoir le développement des énergies renouvelables, des infrastructures urbaines vertes et de l'agriculture durable. Les propositions du Climate CoLab sont plus approfondies. La proposition « Protection du climat par les personnes âgées » appelle à la mise en place de mesures incitatives pour le travail des personnes âgées et le développement des puits de carbone, ainsi que de subventions à l'éducation pour les enfants participant au programme. Dans l'une de ses propositions, l'écovillage de Govardhan suggère de subventionner les exploitants agricoles qui pratiquent l'agriculture biologique. Un autre exemple, à savoir le « Plan d'affaires pour la production et la commercialisation de compost à partir de déchets solides urbains », propose des mesures incitatives et des subventions pour les particuliers, les coopératives, les entreprises, etc.</p>



Condition et description (adapté de Kivimaa et Kern, 2016)	Lien avec les projets pilotes des ateliers et les propositions du Climate CoLab
<p>Mobilisation des ressources humaines <i>L'appui aux ressources humaines consiste à mobiliser le capital humain par le biais des politiques relatives à l'éducation et au travail.</i></p>	<p>La mobilisation des ressources humaines est un thème récurrent des projets pilotes et des propositions, en particulier le rôle de l'éducation et de la mobilisation des populations sur les questions environnementales. Un grand nombre de solutions portent sur la sensibilisation et le développement des connaissances et des compétences, autant d'aspects qui contribuent à mobiliser les populations en faveur des transformations. De même, dans les visions élaborées à partir des projets pilotes issus des quatre ateliers, la sensibilisation du public est une composante clé pour la réalisation de l'avenir durable imaginé par les participants. Parmi les exemples uniques et stimulants de mobilisation des ressources humaines, on peut notamment citer l'éducation des jeunes pour les amener à s'attaquer aux enjeux climatiques, citée dans des propositions du Climate CoLab telles que « Jeunes leaders dans le domaine de l'action climatique » et « Les jeunes informent les communautés sur l'adaptation au changement climatique par la construction d'habitations », ainsi que plusieurs solutions basées sur des applications facilitant la mobilisation en faveur de l'environnement. De façon plus générale, pour assurer un déploiement significatif des solutions, les politiques relatives au travail devront promouvoir et respecter les priorités mises en avant par les solutions en matière de développement. Étant donné que de nombreux projets pilotes font référence au développement de l'énergie solaire, il sera nécessaire de mettre au point des politiques relatives à la main-d'œuvre et à la formation dans ce domaine, notamment pour aider à promouvoir l'éducation et le renforcement des compétences, et ainsi faciliter le déploiement à grande échelle des solutions.</p>
CONDITIONS DE RUPTURE	
<p>Politiques contraignantes <i>Les politiques contraignantes désignent des taxes, des restrictions commerciales et des règlements que peuvent instituer les acteurs gouvernementaux pour rendre les processus existants moins rentables ou plus durables.</i></p>	<p>Les projets pilotes et les propositions relatifs aux politiques contraignantes comprennent la limitation de l'utilisation du plastique, la réduction de la place de la viande rouge dans les régimes alimentaires, ainsi que des interdictions et des taxes sur les emballages plastiques. Les politiques contraignantes telles que les restrictions et les taxes visant à internaliser des coûts sociaux et environnementaux, figurent moins souvent dans les initiatives ascendantes que bien d'autres conditions favorables, car elles se rapportent à des structures existantes plutôt qu'à de nouvelles solutions innovantes. Il importe de reconnaître que, dans l'ensemble des projets pilotes et des propositions, les transformations font généralement des gagnants et des perdants (Meadowcroft, 2011 ; Geels, 2014). Ainsi, chaque innovation entraîne des changements qu'il est possible d'accompagner grâce à des politiques contraignantes (et qui doivent être envisagés), mais ces politiques doivent également tenir compte des conséquences plus globales de tels changements, susceptibles d'entraîner des effets indésirables.</p>
<p>Réforme des règles en vigueur <i>La réforme des règles en vigueur consiste en des réformes politiques radicales et des changements dans les structures réglementaires générales.</i></p>	<p>Quelques projets pilotes et propositions suggèrent une réglementation entièrement nouvelle pour promouvoir la durabilité, notamment par l'adoption du concept d'économie du bien-être. Il s'agit notamment d'abaisser l'âge des décideurs (par exemple, pour le droit de vote) et des responsables politiques, de mettre en place un nouveau système financier intégrant la valeur de l'environnement et d'étendre l'économie circulaire en élargissant la responsabilité des producteurs.</p>
<p>Réduction de l'appui au régime existant <i>Il s'agit d'éliminer les conditions favorables qui entretiennent la pérennité des structures problématiques existantes.</i></p>	<p>Les solutions ayant trait aux conditions favorables aux systèmes existants visent principalement à informer et à mobiliser le public quant aux aspects problématiques des structures existantes et à l'existence de solutions alternatives. Par exemple, plusieurs projets d'applications ont pour objet de sensibiliser les utilisateurs aux incidences de leur mode de vie sur l'environnement et aux moyens de l'améliorer, tandis que des programmes tels que « Les mardis sans paille » remettent en question l'utilisation excessive des pailles et de l'ensemble des plastiques. Ces initiatives peuvent aller jusqu'à l'élimination des subventions préjudiciables à l'environnement et à la société.</p>
<p>Changements au niveau des réseaux et des acteurs clés <i>Il s'agit de remplacer des acteurs en place et de démanteler de puissantes structures composées d'acteurs et de réseaux spécifiques, au profit d'acteurs et de réseaux nouveaux, plus favorables aux transformations souhaitées.</i></p>	<p>Plusieurs des trajectoires des ateliers et des finalistes du Climate CoLab abordent l'évolution des relations entre les acteurs, en particulier par la création d'environnements de collaboration et de nouveaux réseaux de parties prenantes. La décentralisation du pouvoir et l'inscription de l'action dans de vastes réseaux sont une composante clé de plusieurs projets pilotes. C'SQUARE, l'une des propositions du Climate CoLab, tient compte de la tendance observée dans les trajectoires des ateliers et fait valoir la nécessité de responsabiliser et de mobiliser les citoyens, afin de recueillir leur point de vue sur les moyens d'améliorer les zones urbaines. Son succès dépend de la robustesse de ses partenaires et collaborateurs. Deux autres propositions du Climate CoLab, le Fonds monétaire biologique et le Cadre pour le développement communautaire durable, mettent l'accent sur la mobilisation des parties prenantes à tous les échelons, y compris les gouvernements nationaux, les organisations internationales, les communautés locales et les spécialistes concernés.</p>

- ❖ De préciser l'appréhension des trajectoires de durabilité et des lacunes actuelles ;
- ❖ D'aider les gouvernements nationaux à soutenir et à prendre en compte les activités ascendantes dans leurs propres plans d'action ;
- ❖ De recenser les initiatives à petite échelle susceptibles d'assurer des fonctions difficilement quantifiables (renforcement des capacités, expérimentation de solutions innovantes, etc.), mais potentiellement essentielles pour réaliser la transition vers une société sobre en carbone (Chan, Brandt et Bauer, 2016). La concentration des propositions du Climate CoLab sur les pays du Sud donne à penser que ces activités pourraient, par exemple, combler une grave lacune

des données relatives aux innovations en matière de durabilité, qui tendent actuellement à négliger les initiatives extérieures aux pays du Nord.

23.13.1 Leçons méthodologiques

Cette absence de perspectives d'avenir ascendantes en matière de durabilité est très problématique. Sur le plan de la légitimité, les grandes visions mondiales ou régionales qui ne représentent pas toute la diversité des expériences vécues, des points de vue sur le monde et des discours risquent de ne pas faire suffisamment de place aux préoccupations et aux besoins des différents acteurs de la société. Il est difficile d'imaginer un changement transformateur



lorsque les perspectives qui prétendent garantir la durabilité à grande échelle ne s'appuient pas sur les idées et les points de vue exprimés aux échelons local et national, ni sur l'intégration de systèmes de connaissances diversifiés, notamment ceux des populations autochtones. Il existe aujourd'hui de nombreux embryons d'un avenir meilleur qui se développent en marge des systèmes en place, c'est-à-dire localement, même s'ils sont parfois organisés par des réseaux translocaux (Bennett *et al.*, 2016). Cette tendance caractérise des initiatives pouvant contribuer à un avenir plus souhaitable, notamment des pratiques, des technologies et des formes de gouvernance susceptibles d'avoir un impact mondial. Elle est également représentative des menaces et des risques émergents qui pourraient avoir une incidence sur les défis qui se succéderont au cours de l'Anthropocène, tels que les conflits, les crises liées aux ressources naturelles, les maladies et les technologies problématiques (Steffen *et al.*, 2015). En outre, l'absence d'apports ascendants à une vision mondiale axée sur la durabilité a également des conséquences sur l'exploitation des scénarios et des visions correspondants. Si la prospective mondiale n'entretient pas de liens avec les réalités du terrain, elle risque d'être considérée comme trop théorique et générique pour éclairer la prise de décision. Dans ce type de démarche, la définition descendante des défis à relever à l'échelon local risque de limiter la prise en compte de certains facteurs et d'affaiblir la légitimité de ceux qui contribuent à cette définition de l'avenir (Vervoort *et al.*, 2014).

Les scénarios descendants fondés sur des modèles d'évaluation intégrés et les initiatives ascendantes fondées sur l'apport des participants présentent tous des forces et des faiblesses en tant qu'outils pour une meilleure durabilité. Bien utilisées, cependant, ces deux approches peuvent se compléter et se renforcer mutuellement, comme le montre le **figure 23.19**.

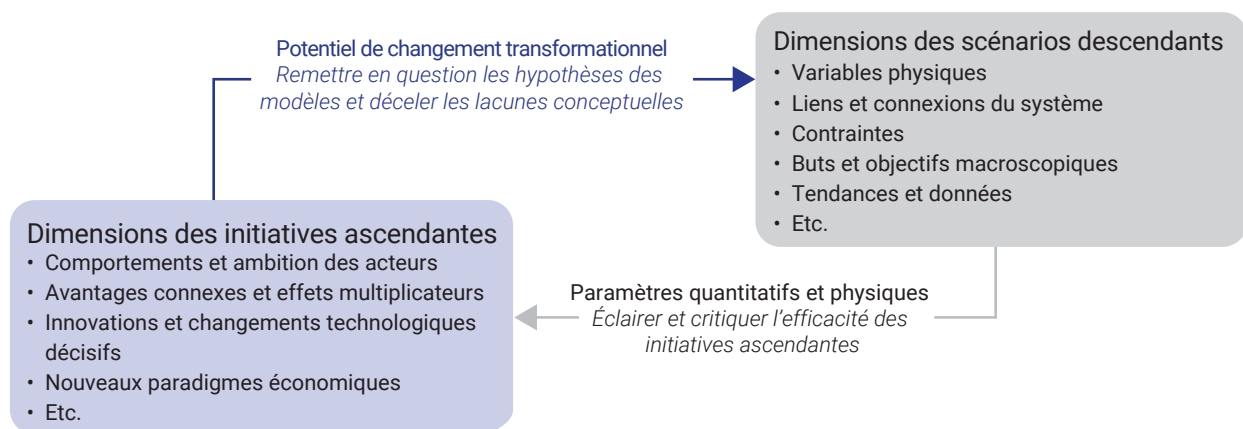
Les projets pilotes des ateliers et les propositions du Climate CoLab constituent un échantillon restreint, mais montrent que certaines solutions peuvent s'avérer particulièrement synergiques sur le plan des ODD traités, extrêmement diversifiées quant à leur portée et que leur caractère multidimensionnel interdit de les catégoriser sous un seul angle. Ces initiatives visent l'ensemble des ODD, mais la plupart d'entre elles sont principalement axées sur les ODD 2, 3, 11, 12 et 13. Les domaines abordés par les initiatives sont variés et, au-delà de l'importance naturelle accordée au changement climatique dans les propositions du Climate CoLab, ces dernières, comme les projets pilotes des ateliers, portent un regard transversal sur les secteurs de l'alimentation, de l'énergie, de l'eau et des déchets, et sur leurs interactions. Les projets pilotes des ateliers et les propositions du Climate CoLab envisagent de changer des systèmes, en grande partie à l'aide de nouvelles technologies, mais également de susciter une

évolution des modes de vie, grâce à une sensibilisation écologique facilitée par l'éducation, le renforcement des compétences et la production de connaissances. Les propositions du Climate CoLab sont légèrement différentes, en ce qu'elles portent sur l'évolution des pratiques de production et proposent la création d'organisations et d'entreprises nouvelles, et le développement de la sensibilisation, des connaissances et des compétences. Enfin, l'examen des propositions du Climate CoLab révèle une volonté largement partagée de trouver des solutions pour le Sud, et plus particulièrement pour des pays d'Afrique et d'Asie.

De même que les approches quantitatives et descendantes peuvent éclairer et renforcer la base physique des initiatives ascendantes, ces dernières peuvent à leur tour remettre en question les hypothèses trop rigides ou dépassées des modèles descendants. Les approches ascendantes permettent de déceler des concepts qui changent la donne et restructurent fondamentalement notre façon d'envisager les scénarios prospectifs. On en trouve un exemple concret dans le développement de systèmes d'énergies renouvelables décentralisés et à petite échelle. Le rythme rapide du développement technologique et la baisse des prix qui en découle – notamment pour le solaire photovoltaïque et le stockage sur batterie –, associés aux TIC, ouvrent de nouvelles perspectives pour les microréseaux dans les régions non encore desservies par l'électricité conventionnelle produite à partir de combustibles fossiles. Cette pratique est déjà devenue une réalité au Kenya depuis la création du système de paiement mobile M-KOPA pour les systèmes solaires domestiques en 2013. Ces technologies – et la demande issue de leur adoption par le public – impliquent une rupture possible entre les transitions énergétiques caractérisant le passé (du charbon au pétrole, du pétrole au gaz, du gaz aux énergies renouvelables à grande échelle) et le développement rapide qui caractérisera l'approvisionnement en énergie à l'avenir.

Les trajectoires à grande échelle décrites au chapitre 22 et les interventions ascendantes qui font l'objet du présent chapitre présentent plusieurs similitudes. Toutes ces interventions produisent d'importants avantages connexes pour plusieurs ODD. Ces deux analyses font ressortir l'importance d'agir sur la durabilité urbaine, le gaspillage alimentaire et le changement de régime alimentaire (voir les **encadrés 23.5** et **23.6**), et révèlent une complémentarité cruciale. En effet, les trajectoires à grande échelle présentes dans les modèles mondiaux favorisent l'analyse intégrative d'un vaste ensemble de forces motrices et d'interventions contextuelles, tandis que les trajectoires ascendantes contiennent des informations relatives aux théories du changement qui sous-tendent les modalités de déploiement des pratiques ayant un fort potentiel au regard de la réalisation des ODD. Les perspectives complémentaires fournies par les analyses

Figure 23.19 : Cadre conceptuel pour des rétroactions mutuellement bénéfiques entre les approches descendante et ascendante de la production de scénarios durables





des trajectoires ascendantes et des trajectoires à grande échelle révèlent l'important potentiel d'une intégration plus poussée de ces approches. Par exemple, les résultats de la modélisation mondiale peuvent fournir des contextes d'application mondiaux et directs aux parties prenantes chargées d'élaborer des trajectoires ascendantes, et ces dernières peuvent à leur tour orienter les futures extensions des modèles.

Les plateformes mises au point dans le cadre du rapport GEO-6 – si elles sont adoptées dans les évaluations futures – peuvent permettre à la communauté responsable de l'élaboration de scénarios descendants de bénéficier de rétroactions relatives à l'acceptation par le public des diverses interventions adoptées et des arbitrages correspondants. Pour satisfaire à l'exigence d'accroître l'offre de produits alimentaires, par exemple, les trajectoires passent par l'expansion des terres agricoles consacrées à l'agriculture pluviale (au détriment de la biodiversité) ou l'utilisation accrue de l'épandage d'engrais et de l'irrigation pour améliorer les rendements des terres déjà utilisées (au détriment des ressources en eau et au prix d'une augmentation de la pollution). En consultant les parties prenantes, on obtiendrait un aperçu du niveau d'acceptation relatif pour chaque option, ce qui permettrait de déceler, dans l'approche par modèles, d'éventuels angles morts, lorsque des solutions plus synergiques auraient pu être envisagées. Cette consultation permettrait également de mettre au jour des lacunes dans les interventions mises en œuvre pour favoriser la réalisation des cibles des ODD – notamment les interventions ciblant des forces motrices spécifiques, comme la croissance démographique, qui constituent un défi important en matière de durabilité, comme on l'a vu au chapitre 22 et dans les chapitres de la partie A.

Les possibilités d'intégration à plus long terme comprennent l'agrégation quantitative des scénarios locaux et des initiatives issues de la base, directement raccordée aux intrants et aux extrants du modèle, ainsi que l'intégration du modèle à la production participative en ligne d'éléments d'une trajectoire ascendante.

23.14 Les interventions essentielles et la nécessité absolue de reconnaître la justice distributive dans le contexte mondial des inégalités et des injustices

L'analyse des propositions du Climate CoLab, qui mettent principalement l'accent sur des solutions destinées aux pays du Sud, en particulier aux pays d'Afrique et d'Asie, fait ressortir les inégalités existantes quant à la détermination des lieux d'intervention à privilégier pour la transformation, et des acteurs à mobiliser. Certes, notre analyse porte sur un petit sous-ensemble d'études, mais si elle est révélatrice de points de vue plus répandus, le fait que les pays du Sud doivent porter le fardeau de la transformation et de la mise en œuvre des initiatives ou des solutions de développement exacerbe les inégalités de pouvoir qui caractérisent les structures actuelles de la gouvernance mondiale (Nagendra, 2018 ; Newell 2005 ; Parks et Roberts, 2008 ; Institut de recherche des Nations Unies pour le développement social, 2016). Ce déséquilibre risque de voiler ou de masquer le rôle des pays du Nord dans les trajectoires de développement actuelles (par exemple, le fait de penser exclusivement à réduire la pauvreté, sans envisager la redistribution des richesses). Si l'évaluation régionale du GEO pour l'Europe met bien en évidence les arbitrages et les tensions associés au télécouplage, la faible importance accordée au télécouplage en général est préoccupante et exige un effort concerté (on parle de télécouplage lorsque les modes de consommation propres à une région donnée entraînent des problèmes environnementaux liés à la production des biens de consommation correspondants dans une autre région) (Liu *et al.*, 2013 ; Seaquist, Johansson et Nicholas, 2014). Ici, la prise en compte des principes de la justice distributive – des principes normatifs qui guident la répartition des avantages et des charges de l'activité économique sur la base d'une distribution équitable (Lamont et Favor, 2008) – peut aider à construire un programme de

développement fondé sur les principes de l'équité et de l'égalité. Un tel cadre fondé sur l'égalité et axé sur l'équité peut favoriser la prise en compte des différences qui caractérisent les pays du Sud et les pays du Nord en matière de conditions de développement (Rosales, 2008 ; Pelletier, 2010 ; Nagendra *et al.*, 2018). Ce processus permet de déterminer de manière plus équitable où et comment mettre en œuvre les solutions les plus susceptibles de favoriser un développement durable, par exemple la réforme des modes de consommation et de production ou la création de mécanismes de marché tels que les systèmes de plafonnement et d'échange des droits d'émission, les taxes carbone et les modèles d'atténuation. S'attaquer à ces inégalités mondiales est un moyen de réaliser l'objectif mondial en faveur de l'égalité.

De nombreuses solutions décrites dans le présent chapitre offrent bel et bien aux pays en développement la possibilité de s'engager dans des trajectoires de développement plus durables et plus équitables. Le recours aux TIC joue un rôle majeur dans la conduite du changement dans les trajectoires ascendantes – résultat d'un accent plus marqué sur les théories du changement et sur la façon dont les processus de changement sont rendus possibles. On trouve déjà plusieurs exemples pertinents de la façon d'en tirer parti pour changer les choses dans les pays du Sud (Karpouzoglou, Pereira et Doshi, 2017 ; Ockwell *et al.*, 2018). Le rôle des différents acteurs de la société et des divers systèmes de connaissances est explicité dans les trajectoires ascendantes. De nombreuses propositions, par exemple, accordent un rôle majeur à l'administration municipale. De même, certaines propositions font appel à des réseaux mondiaux de villes durables ou de coopératives énergétiques. De plus, diverses conditions habitantes à grande échelle, notamment les accords internationaux, sont elles aussi examinées en lien avec des acteurs individuels dans les trajectoires ascendantes et les initiatives issues de la base (voir Byrne *et al.*, 2018 pour une analyse relative à l'utilité des accords internationaux pour ouvrir divers créneaux d'action en matière d'ambitions énergétiques et climatiques mondiales).

Au chapitre 22, nous avons identifié les arbitrages associés à l'équilibre entre l'amélioration des rendements et un ensemble d'objectifs humains et environnementaux, notamment la prévention de la pollution par les nutriments, la limitation du changement climatique, l'amélioration de la santé des enfants, l'accès universel aux services d'eau et d'assainissement et la neutralisation de la dégradation des sols. Dans le présent chapitre, nous avons proposé quelques solutions pour réduire ces arbitrages défavorables au minimum et maximiser les synergies. On a beaucoup insisté sur le fait que les systèmes alimentaires sont un point d'intervention critique pour parvenir à une planète saine pour des populations en bonne santé. De nombreux projets pilotes et propositions abordant les défis actuels du système alimentaire font référence à des exemples actuels d'agriculture urbaine, d'aquaculture, d'initiatives de changement de régime alimentaire et d'échanges de connaissances autochtones et locales (voir l'annexe 23-1).

Au chapitre 22, nous avons également mentionné la difficulté de promouvoir le développement économique tout en réduisant les émissions. Les nombreuses initiatives relevant de l'économie de partage et de l'économie circulaire observées dans les trajectoires ascendantes contribuent à un changement transformateur vers une économie du bien-être dépourvue d'arbitrages défavorables. Ces trajectoires offrent des méthodes bien ancrées permettant de s'attaquer aux arbitrages défavorables à l'échelle mondiale.

Cette analyse met en évidence les interventions spécifiques que les pouvoirs publics peuvent soutenir dans le cadre de la transition vers une planète saine pour des populations en bonne santé. Elle souligne également le fait que ces interventions diffèrent d'un lieu à un autre. Enfin, elle propose quelques exemples précis des lieux où le changement commence à s'opérer et des méthodes employées pour y parvenir. Ces exemples feront l'objet d'une étude plus approfondie au chapitre 24.

Références



- Abbott, K.W. (2012). The transnational regime complex for climate change. *Environment & Planning C: Government & Policy* 30(4), 571-590. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1813198>.
- Andonova, L.B., Betsill, M.M. et Bulkeley, H. (2009). Transnational climate governance. *Global Environmental Politics* 9(2), 52-73. <https://doi.org/10.1162/glep.2009.9.2.52>.
- Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Peterson, G.D., Cumming, G.S., Zurek, M. et Pingali, P. (2003). Why global scenarios need ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1(6), 322-329. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2003\)0010322:WGSNEJ2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)0010322:WGSNEJ2.0.CO;2).
- Bennett, E.M., Solan, M., Biggs, R., McPhearson, T., Norström, A.V., Olsson, P. et al. (2016). Bright spots: Seeds of a good Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14(8), 441-448. <https://doi.org/10.1002/fee.1309>.
- Biggs, R., Raudsepp-Hearne, C., Atkinson-Palombo, C., Bohensky, E., Boyd, E., Cundill, G. et al. (2007). Linking futures across scales: A dialog on multiscale scenarios. *Ecology and Society* 12(1), 17. <https://doi.org/10.5751/ES-02051-120117>.
- Bureau d'évaluation environnementale (Pays-Bas) (2012). *Roads from Rio+20: Pathways to Achieve Global Sustainability Goals by 2050*. La Haye. <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2012-roads-from-rio-pathways-to-achieve-global-sustainability-goals-by-2050.pdf>.
- Byrne, R., Mbeva, K. et Ockwell, D. (2018). A political economy of niche-building: Neoliberal-developmental encounters in photovoltaic electrification in Kenya. *Energy Research & Social Science* 44, 6-16. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.03.028>.
- Cash, D.W., Adger, W.N., Berkes, F., Garden, P., Lebel, L., Olsson, P. et al. (2006). Scale and cross-scale dynamics: Governance and information in a multilevel world. *Ecology and Society* 11(2), 8. <https://doi.org/10.5751/ES-01759-110208>.
- Chan, S., Brandt, C. et Bauer, S. (2016). Aligning transnational climate action with international climate governance: The road from Paris. *Review of European, Comparative & International Environmental Law* 25(2), 238-247. <https://doi.org/10.1111/reel.12168>.
- Climate CoLab (2018). *Exploring Synergistic Solutions for Sustainable Development 2018*. MIT Center for Collective Intelligence. <https://www.climatecolab.org/contests/2017/exploring-synergistic-solutions-for-sustainable-development> (consulté le 8 octobre 2018).
- ClimateCoop (2018). *ClimateCoop – The Climate Consortium Blockchain*. MIT Center for Collective Intelligence. <https://www.climatecolab.org/contests/2017/exploring-synergistic-solutions-for-sustainable-development/c/proposal/1334268> (consulté le 27 décembre 2018).
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (2015). *Accord de Paris*. https://unfccc.int/sites/default/files/french_paris_agreement.pdf.
- Cordell, D., Rosemarin, A., Schröder, J.J. et Smit, A.L. (2011). Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere* 84(6), 747-758. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.032>.
- Crutzen, P.J. (2006). The « Anthropocene ». Dans Ehlers, E. et Krafft, T. (dir.), *Earth System Science in the Anthropocene*. Berlin : Springer. 13-18. https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-26590-2_3.
- Eisler, M.C., Lee, M.R.F., Tarlton, J.F., Martin, G.B., Beddington, J., Dungaït, J.A.J. et al. (2014). Agriculture: Steps to sustainable livestock. *Nature* 507(7490), 32-34. <https://doi.org/10.1038/507032a>.
- Feola, G. (2015). Societal transformation in response to global environmental change: A review of emerging concepts. *Ambio* 44(5), 376-390. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0582-z>.
- Fraser, E.D.G., Dougill, A.J., Mabee, W.E., Reed, M. et McAlpine, P. (2006). Bottom up and top down: Analysis of participatory processes for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management. *Journal of Environmental Management* 78(2), 114-127. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.04.009>.
- Geels, F.W. (2014). Regime resistance against low-carbon transitions: Introducing politics and power into the multi-level perspective. *Theory, Culture & Society* 31(5), 21-40. <https://doi.org/10.1177/107263276414531627>.
- Gellers, J.C. (2015). *Crowdsourcing Sustainable Development Goals from Global Civil Society: A Content Analysis*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2562122.
- Ghisellini, P., Cialani, C. et Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production* 114, 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.
- Global Climate Action Summit (2018). *Global Climate Action Summit 2018*. <https://www.worldwildlife.org/pages/global-climate-action-summit-2018>.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2018). *Global Warming of 1.5 °C: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>.
- Hale, T. (2016). « All hands on deck »: The Paris agreement and nonstate climate action. *Global Environmental Politics* 16(3), 12-22. https://doi.org/10.1162/glep_a.00362.
- Hamari, J., Sjöklint, M. et Ukkonen, A. (2016). The sharing economy: Why people participate in collaborative consumption. *Journal of the Association for Information Science and Technology* 67(9), 2047-2059. <https://doi.org/10.1002/asi.23552>.
- Hebinck, A., Vervoort, J.M., Hebinck, P., Rutting, L. et Galli, F. (2018). Imagining transformative futures: Participatory foresight for food systems change. *Ecology and Society* 23(2). <https://doi.org/10.5751/ES-10054-230216>.
- Hebinck, A., Villarreal, G., Oostindie, H., Hebinck, P., Zwart, T.A., Vervoort, J. et al. (2016). *Urban Agriculture Policy-Making: Proeftuin040. Workshop Report The Netherlands*. Wageningen University. <https://transmango.files.wordpress.com/2018/04/hebinck-et-al-2016-ua-policy-making-proeftuin040-workshop-report.pdf>.
- Horlings, L.G. et Marsden, T.K. (2011). Towards the real green revolution? Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could « feed the world ». *Global Environmental Change* 21(2), 441-452. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.004>.
- Hsu, A., Cheng, Y., Weinfurter, A., Xu, K. et Yick, C. (2016). Track climate pledges of cities and companies. *Nature* 532(7599), 303-306. <https://doi.org/10.1038/532303a>.
- Hsu, A., Höhne, N., Kuramochi, T., Roelfsema, M., Weinfurter, A., Xie, Y. et al. (2019). A research roadmap for quantifying non-state and subnational climate action. *Nature Climate Change* 9, 11-17. <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0338-z>.
- Hsu, A., Moffat, A.S., Weinfurter, A.J. et Schwartz, J.D. (2015). Towards a new climate diplomacy. *Nature Climate Change* 5(6), 501-503. <https://doi.org/10.1038/nclimate2594>.
- Initiative pour la transparence de l'action climatique (2018). *Non-State and Subnational Action Guidance*. <https://climateactiontransparency.org/wp-content/uploads/2018/08/CAT-Non-State-and-Subnational-Action-Guidance-July-2018.pdf>.
- Institut de recherche des Nations Unies pour le développement social (2016). *Policy Innovations for Transformative Change: Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Genève. [http://www.unrisd.org/80256842004CC77?\(\(httpInFiles\)/D9986E61A43A7E87C125804F003285F5/Slide/Flagship2016_FullReport.pdf](http://www.unrisd.org/80256842004CC77?((httpInFiles)/D9986E61A43A7E87C125804F003285F5/Slide/Flagship2016_FullReport.pdf).
- Jabbour, J. et Flachsland, C. (2017). 40 years of global environmental assessments: A retrospective analysis. *Environmental Science & Policy* 77, 193-202. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.001>.
- Jordan, A.J., Huitema, D., Hildén, M., van Asselt, H., Rayner, T.J., Schoenefeld, J.J. et al. (2015). Emergence of polycentric climate governance and its future prospects. *Nature Climate Change* 5(11), 977-982. <https://doi.org/10.1038/nclimate2725>.
- Karpouzoglou, T., Pereira, L.M. et Doshi, S. (2018). Bridging ICTs with governance capabilities for food-energy-water sustainability. Dans Pereira, L.M., McElroy, C.A., Littaye, A. et Girard, A.M. *Food, Energy and Water Sustainability: Emergent Governance Strategies*. Chapitre 12, 222-238. https://doi.org/10.9774/gli/FAF9781315696522_13.
- Kivimaa, P. et Kern, F. (2016). Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions. *Research Policy* 45(1), 205-217. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.09.008>.
- Kok, K., Pedde, S., Jäger, J. et Harrison, P. (2015). *European Shared Socioeconomic Pathways*. Wageningen : Wageningen University and Research. http://www.impressions-project.eu/getatt.php?filename=attachme_13773.t.
- Kok, M.T.J., Kok, K., Peterson, G.D., Hill, R., Agard, J. et Carpenter, S.R. (2016). Biodiversity and ecosystem services require IPBES to take novel approach to scenarios. *Sustainability Science* 12(1), 177-181. <https://doi.org/10.1007/s11625-016-0354-8>.
- Kowarsch, M., Jabbour, J., Flachsland, C., Kok, M.T.J., Watson, R., Haas, P.M. et al. (2017). A road map for global environmental assessments. *Nature Climate Change* 7, 379-382. <https://doi.org/10.1038/nclimate3307>.
- Kuramochi, T., Asuka, J., Fekete, H., Tamura, K. et Höhne, N. (2016). Comparative assessment of Japan's long-term carbon budget under different effort-sharing principles. *Climate Policy* 16(8), 1029-1047. <https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1064344>.
- Lamont, J. et Favor, C. (2008). Distributive Justice. Dans Zalta, E. (dir.), *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Stanford. <https://philpapers.org/rec/LAMDJ>.
- Leach, M., Raworth, K. et Rockström, J. (2013). Between social and planetary boundaries: Navigating pathways in the safe and just space for humanity. Dans *World Social Science Report 2013: Changing Global Environments*. Paris : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. Chapitre 6, 84-90. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264203419-en.pdf>.
- Liu, J., Hull, V., Batistella, M., DeFries, R., Dietz, T., Fu, F. et al. (2013). Framing Sustainability in a Telecoupled World. *Ecology and Society* 18(2). <https://doi.org/10.5751/ES-05873-180226>.
- Lundquist, C.J., Pereira, H.M., Alkemade, R., den Belder, E., Carvalho Ribeiro, S., Davies, K. et al. (2017). *Visions for Nature and Nature's Contributions to People for the 21st Century*. NIWA Science and Technology Series. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Auckland. https://www.niwa.co.nz/files/IPBES-Nature-Futures-report_2017_ExecSum.pdf.
- Malone, T.W., Nickerson, J.V., Laubacher, R.J., Fisher, L.H., de Boer, P., Han, Y. et al. (2017). Putting the pieces back together again: Contest webs for large-scale problem solving. *Proceedings of the 2017 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing*. 1661-1674. <https://doi.org/10.1145/2998181.2998343>.
- Mason-D'Croz, D., Vervoort, J., Palazzo, A., Islam, S., Lord, S., Helfgott, A. et al. (2016). Multi-factor, multi-model scenarios: Exploring food and climate futures for Southeast Asia. *Environmental Modelling & Software* 83, 255-270. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.05.008>.
- Meadowcroft, J. (2011). Engaging with the politics of sustainability transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1(1), 70-75. <https://doi.org/10.1016/j.eis1.2011.02.003>.
- Merrie, A., Keys, P., Metian, M. et Österblom, H. (2018). Radical ocean futures-scenario development using science fiction prototyping. *Futures* 95, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.09.005>.
- Miller, R. (2013). Changing the conditions of change by learning to use the future differently. Dans *World Social Science Report 2013: Changing Global Environments*. Paris : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. Chapitre 10, 107-112. https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/world-social-science-report-2013_9789264203419-en.
- Miller, R., Poli, R. et Rosset, P. (2013). *The Discipline of Anticipation: Exploring Key Issues*. Prospective de l'UNESCO. Paris : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. https://www.academia.edu/3523348/The_Discipline_of_Anticipation_Miller_Poli_Rosset_DRAFT.
- Minx, J.C., Lamb, W.F., Callaghan, M.W., Bornmann, L. et Fuss, S. (2017). Fast growing research on negative emissions. *Environmental Research Letters* 12(3), 035007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5ee5>.
- Moore, M.-L., Riddell, D. et Vocisano, D. (2015). Scaling out, scaling up, scaling deep: Strategies for non-profits in advancing systemic social innovation. *The Journal of Corporate Citizenship* (58), 67-84. <https://app.dimensions.ai/details/publication/pub.1026396534>.
- Moore, M.-L., Tjornbo, O., Enfors, E., Knapp, C., Hodbod, J., Baggio, J.A. et al. (2014). Studying the complexity of change: Toward an analytical framework for understanding deliberate social-ecological transformations. *Ecology and Society* 19(4), 54. <https://doi.org/10.5751/ES-06966-190454>.
- Nagendra, H. (2018). The global south is rich in sustainability lessons that students deserve to hear. *Nature* 557, 485-488. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-05210-0>.
- Nagendra, H., Bai, X., Brondizio, E.S. et Lwasa, S. (2018). The urban south and the predicament of global sustainability. *Nature Sustainability* 1(7), 341-349. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0101-5>.
- Nemoto, E.H. et Biazoti, A.R. (2017). Urban agriculture: How bottom-up initiatives are impacting space and policies in São Paulo. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society* 5(3), 21-34. <https://kobra.uni-kassel.de/bitstream/handle/123456789/2017101153670/fofjVol5No3S21.pdf>.
- Newell, P. (2005). Race, class and the global politics of environmental inequality. *Global Environmental Politics* 5(3), 70-94. <https://doi.org/10.1162/1526380054794835>.
- Ockwell, D., Byrne, R., Hansen, U.E., Haselip, J. et Nygaard, I. (2018). The uptake and diffusion of solar power in Africa: Socio-cultural and political insights on a rapidly emerging socio-technical transition. *Energy Research & Social Science* 44, 122-129. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.04.033>.
- Olsson, P., Gunderson, L.H., Carpenter, S.R., Ryan, P., Lebel, L., Folke, C. et al. (2006). Shooting the rapids: Navigating transitions to adaptive governance of social-ecological systems. *Ecology and Society* 11(1). <https://doi.org/10.5751/ES-01595-110118>.



Palazzo, A., Vervoort, J.M., Mason-D'Croz, D., Rutting, L., Havlik, P., Islam, S. et al. (2017). Linking regional stakeholder scenarios and shared socioeconomic pathways: Quantified West African food and climate futures in a global context. *Global Environmental Change* 45, 227-242. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.12.002>.

Panorama mondial des approches et des technologies de conservation (2018). *Welcome to WOCAT – The World Overview of Conservation Approaches and Technologies*. <https://www.wocat.net/en/> (consulté le 8 octobre 2018).

Parks, B.C. et Roberts, J.T. (2008). Inequality and the global climate regime: Breaking the North-South impasse. *Cambridge Review of International Affairs* 21(4), 621-648. <https://doi.org/10.1080/09557570802452979>.

Pascual, U., Balvanera, P., Diaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M. et al. (2017). Valuing nature's contributions to people: The IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27, 7-16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006>.

PATHWAYS (2018). *Participation to Healthy Workplaces and Inclusive Strategies in the Work Sector: Welcome to PATHWAYS Project*. Neurological Institute Carlo Besta, IRCCS Foundation.

Patterson, J., Schulz, K., Vervoort, J., van der Hel, S., Widerberg, O., Adler, C. et al. (2017). Exploring the governance and politics of transformations towards sustainability. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 24, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.09.001>.

Pelletier, N. (2010). Environmental sustainability as the first principle of distributive justice: Towards an ecological communitarian normative foundation for ecological economics. *Ecological Economics* 69(10), 1887-1894. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.04.001>.

Pereira, L.M., Bennett, E., Biggs, R.O., Peterson, G., McPhearson, T., Norström, A. et al. (2018b). Seeds of the future in the present: Exploring pathways for navigating towards « good » Anthropocenes. Dans Elmqvist, T., Bai, X., Frantzeskaki, N., Griffith, C., Maddox, D., McPhearson, T. et al. (dir.), *Urban Planet: Knowledge towards Sustainable Cities*. Cambridge : Cambridge University Press. 327-350. http://openaccess.city.ac.uk/19567/1/seeds_of_the_future_in_the_present.pdf.

Pereira, L.M., Hichert, T., Hamann, M., Preiser, R. et Biggs, R. (2018a). Using futures methods to create transformative spaces: Visions of a good Anthropocene in southern Africa. *Ecology and Society* 23(1). <https://doi.org/10.5751/ES-09907-230119>.

Pimentel, D. et Pimentel, M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *The American Journal of Clinical Nutrition* 78(3), 660S-663S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.660S>.

Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2016). *The Methodological Assessment Report on Scenarios and Models of Biodiversity and Ecosystem Services*. Ferrier, S., Ninan, K.N., Leadley, P., Alkemade, R., Acosta, L.A., Akçakaya, H.R. et al. (dir.). Bonn : Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques. https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/pdf/2016.methodological_assessment_report_scenarios_models.pdf.

Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2018a). *Chapters of the Regional and Subregional Assessment of Biodiversity and Ecosystem Services for Africa*. Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/ipbes_6_inf_3_rev_1_final.pdf.

Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2018b). *Chapters of the Regional and Subregional Assessment of Biodiversity and Ecosystem Services for the Americas*. Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/ipbes_6_inf_4_rev_1.pdf.

Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2018c). *Chapters of the Regional and Subregional Assessment of Biodiversity and Ecosystem Services for Asia and the Pacific*. Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/ipbes_6_inf_5_rev_1_1.pdf.

Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2018d). *Chapters of the Regional and Subregional Assessment of Biodiversity and Ecosystem Services for Europe and Central Asia*. Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/ipbes_6_inf_6_rev_1.pdf.

Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2018e). *The Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Africa: Summary for Policymakers*. Archer, E., Dziba, L.E., Mulongoy, K.J., Maela, M.A., Walters, M., Biggs, R. et al. (dir.). Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_africa_2018_digital.pdf.

Programme alimentaire mondial (2018). *The R4 Rural Resilience Initiative*. <http://www1.wfp.org/r4-rural-resilience-initiative> (consulté le 8 octobre 2018).

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2016). *The Emissions Gap Report 2016: A UNEP Synthesis Report*. Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10016/emission_gap_report_2016.pdf.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2017a). *First GEO-6 Innovative Scenarios and Policy Pathways Stakeholder Visioning Workshop*. Bangkok, 22-26 mai 2017. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21463/Outlooks_Meeting_First_GEO-6_Workshop%20Report_v5_final.pdf.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2017b). *Second GEO-6 Innovative Scenarios and Policy Pathways Stakeholder Visioning Workshop*. Guangzhou, 9-14 octobre 2017.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2017c). *Fourth GEO-6 Innovative Scenarios and Policy Pathways Stakeholder Visioning Workshop*. Singapour, 19-23 février 2018. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25512/Summary_Scenarios%20and%20Policy%20Pathways%20Stakeholder%20Visioning%20Workshop_Final.pdf.

Reed, M.S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation* 141(10), 2417-2431. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014>.

Reed, M.S., Fraser, E.D.G. et Dougill, A.J. (2006). An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. *Ecological Economics* 59(4), 406-418. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.008>.

Rosa, I.M.D., Pereira, H.M., Ferrier, S., Alkemade, R., Acosta, L.A., Resit Akcakaya, H.R. et al. (2017). Multiscale scenarios for nature futures. *Nature Ecology & Evolution* 1, 1416-1419. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0273-9>.

Rosales, J. (2008). The politics of equity: Precedent for post-Kyoto per capita schemes. Dans Grover, V.I. (dir.), *Global Warming and Climate Change: Ten Years after Kyoto and Still Counting*. Springer Publishers, Enfield. 87-106. <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781439843444/chapters/10.1201%2Fb11007-9>.

Rosenzweig, C., Solecki, W., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., Bowman, T. et al. (2018). Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. Summary for City Leaders. Dans Rosenzweig, C., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., Ali Ibrahim, S. et Solecki, W.D. (dir.), *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*. Cambridge : Cambridge University Press. xvii-xlii. <https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-and-cities/climate-change-and-cities-second-assessment-report-of-the-urban-climate-change-research-network/BF242A59BFA99C3DB5F663BAF5FD480F>.

Schramm, J.R., Rutz, Z.J., Gattie, D.K. et Li, K. (2011). Tropically balanced sustainable agriculture. *Ecological Economics* 72, 88-96. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.08.017>.

Seaquist, J.W., Johansson, E.L. et Nicholas, K.A. (2014). Architecture of the global land acquisition system: Applying the tools of network science to identify key vulnerabilities. *Environmental Research Letters* 9(11), 114006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/11/114006>.

Seto, K.C., Dhakal, S., Bigio, A., Blanco, H., Delgado, G.C., Dewar, D. et al. (2014). Human settlements, infrastructure, and spatial planning. Dans Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. et al. (dir.), *Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge : Cambridge University Press. Chapitre 12. 923-1000. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter12.pdf.

Sitas, N. et Harnáčková, Z. (à paraître). *Exploring the Utility of Scenario Archetypes in Science-Policy Processes: A Cross-Regional Comparison from the Intergovernmental Science-Policy Platform for Biodiversity and Ecosystem Services*. Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O. et Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The great acceleration. *The Anthropocene Review* 2(1), 81-98. <https://doi.org/10.1177/2053019614564785>.

TRANSMANGO (2018). *The Transmango Game Jam Tour*. <https://transmango.wordpress.com/>.

van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K. et al. (2011). The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change* 109(5). <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>.

van Vuuren, D.P., Kok, M.T.J., Girod, B., Lucas, P.L. et de Vries, B. (2012). Scenarios in global environmental assessments: Key characteristics and lessons for future use. *Global Environmental Change* 22(4), 884-895. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.06.001>.

Vasileiadou, E., Huijben, J.C.C.M. et Raven, R.P.J.M. (2016). Three is a crowd? Exploring the potential of crowdfunding for renewable energy in the Netherlands. *Journal of Cleaner Production* 128, 142-155. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.028>.

Vercoe, R. et Brinkmann, R. (2012). A tale of two sustainabilities: Comparing sustainability in the global north and south to uncover meaning for educators. *The Journal of Sustainability Education*. http://www.susted.com/wordpress/content/a-tale-of-two-sustainabilities-comparing-sustainability-in-the-global-north-and-south-to-uncover-meaning-for-educators_2012_03/.

Vervoort, J.M., Thornton, P.K., Kristjansson, P., Förch, W., Ericksen, P.J., Kok, K. et al. (2014). Challenges to scenario-guided adaptive action on food security under climate change. *Global Environmental Change* 28, 383-394. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.03.001>.

Ward, J.D., Ward, P.J., Mantzioris, E. et Saint, C. (2014). Optimising diet decisions and urban agriculture using linear programming. *Food Security* 6(5), 701-718. <https://doi.org/10.1007/s12571-014-0374-0>.

Wiggins, A. et Crowston, K. (2011). From conservation to crowdsourcing: A typology of citizen science. *44th Hawaii International Conference on System Sciences*. Kauai, 4-7 janvier. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5718708>.

Wright, C., Yang, C. et Ma, D. (2018). Framework for community-based sustainable development. MIT Center for Collective Intelligence. <https://www.climatecolab.org/contests/2017/exploring-synergistic-solutions-for-sustainable-development/c/proposal/1334291>.

Zurek, M.B. et Henrichs, T. (2007). Linking scenarios across geographical scales in international environmental assessments. *Technological Forecasting and Social Change* 74(8), 1282-1295. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.11.005>.





Chapitre 24



La voie à suivre



Auteurs coordonnateurs : Mikiko Kainuma (Institute for Global Environmental Strategies [IGES]), Diana Mangalagu (université d'Oxford et Neoma Business School), Ghassem R. Asrar (Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) et Klaus Jacob (université libre de Berlin)

Auteurs principaux : Laura Pereira (Centre for Complex Systems in Transition, université de Stellenbosch), Alexis Rocamora (Institute for Global Environmental Strategies), Detlef van Vuuren (Bureau d'évaluation environnementale [Pays-Bas]), Fintan Hurley (Institute of Occupational Medicine), Steve Hedden (Frederick S. Pardee Center for International Futures, université de Denver), Paul Lucas (Bureau d'évaluation environnementale [Pays-Bas]) et Peter King (Institute for Global Environmental Strategies)

Auteurs collaborateurs : Kei Gomi (National Institute for Environmental Studies [NIES]) et Robyn Lucas (Centre national d'épidémiologie et de santé des populations – université nationale d'Australie)

Membre honoraire de GEO : Mandy Angèl van den Ende (université d'Utrecht)



Synthèse

Les politiques, technologies et pratiques sociales systémiques et transformatrices peuvent – si on les combine selon une logique holistique – favoriser la réalisation des objectifs de développement durable (ODD) et d'autres accords multilatéraux sur l'environnement (AME) (établi, mais incomplet). La transformation est un processus de rupture qui, au-delà de la simple amélioration graduelle des technologies et des pratiques existantes, entend répondre aux besoins humains de façon innovante. La technologie, les politiques ou les normes et pratiques sociales peuvent être les facteurs catalyseurs, mais pour être transformateur, le processus se doit d'être globalisant (holistique). En effet, les transformations ne résultent pas nécessairement d'approches descendantes. Elles sont le fruit de l'évolution conjointe de multiples facteurs interdépendants et de la collaboration active entre diverses parties prenantes. {24.2}

Les trajectoires de transformation menant au développement durable passent par : 1) des visions qui inscrivent l'innovation systémique dans une perspective de durabilité ; 2) l'innovation sociale et stratégique ; 3) l'élimination progressive des pratiques non durables ; 4) l'expérimentation des politiques ; et 5) la participation et l'habilitation des acteurs et des parties prenantes (établi, mais incomplet). Des solutions innovantes sont nécessaires pour établir des liens entre les politiques et les ODD, promouvoir des modèles économiques viables, financer le soutien et la gestion des risques d'investissement, favoriser la coopération internationale, répondre aux préoccupations des citoyens et des parties prenantes et assurer leur participation active à l'ensemble du processus. {24.3}

La promotion de l'innovation systémique est la clé du développement socio-économique (établi, mais incomplet). Il est difficile pour beaucoup de pays de développer, d'adopter et de diffuser des technologies innovantes, en raison de leur coût – perçu comme onéreux –, et dans certains cas, des obstacles techniques ou réglementaires à leur mise en œuvre. Dans certains pays, par exemple, les industries n'adoptent des technologies sobres en carbone que dans la mesure où elles renforcent leur position concurrentielle sur les marchés. L'élaboration de politiques et la gouvernance – les mécanismes financiers, l'innovation stratégique, les ressources humaines compétentes – aux échelons local, infranational et national, pour créer un terreau fertile, sont un préalable essentiel à la diffusion à grande échelle de ces technologies. {24.3.1}

Les politiques environnementales transformatrices ont le potentiel de compléter les politiques existantes (établi, mais incomplet). Nous n'avons pas encore mis à profit, loin s'en faut, tout le potentiel que recèlent les politiques environnementales élaborées et mises en place au cours des dernières décennies. La mise en œuvre de certaines politiques environnementales d'importance stratégique – portant sur les technologies, la réduction des émissions et l'amélioration de la mise en valeur des ressources – pêche par son inefficacité. Par exemple, les politiques sectorielles tiennent trop rarement compte des préoccupations environnementales. Les politiques transformatrices ont cette capacité à dépasser les attentes, mais il est moins certain que l'innovation expérimentale et systémique portera ses fruits à court terme. Par conséquent, il y a lieu de mener de front les deux approches en les axant sur une mise en œuvre plus efficace des politiques existantes et transformatrices d'importance stratégique. {24.1, 24.4}

Une planète saine est un pilier irremplaçable, garant de l'épanouissement de toutes les formes de vie et du bien-être humain. La viabilité du système qui permet la vie sur Terre en est la condition *sine qua non* (bien établi). Le principe « Une planète saine pour des populations en bonne santé » reconnaît que les activités humaines ont transformé les mécanismes naturels et perturbé les phénomènes d'autorégulation ainsi que l'ensemble du système permettant la vie sur Terre. La croissance économique s'est faite au détriment de la santé des écosystèmes. La dégradation de l'environnement qui en résulte accroît la charge de morbidité par l'exposition à des polluants nocifs ainsi que par un accès réduit aux services écosystémiques (par exemple, l'air pur, la biodiversité des écosystèmes, les aliments sains, les océans propres, les terres et l'eau douce). L'approche « Une planète saine pour des populations en bonne santé » sera au cœur des efforts mondiaux visant à promouvoir la saine gestion des ressources – qu'il s'agisse de l'air, de l'eau douce, de la biodiversité, des terres ou encore des océans – en faveur du bien-être humain et de la durabilité du système terrestre. On estime ainsi que les économies réalisées mondialement dans le domaine de la santé en réduisant la pollution atmosphérique sont de 1,4 à 2,5 fois supérieures aux coûts de l'atténuation des effets du changement climatique. La stratégie proposée pour réaliser l'objectif de réchauffement de moins de 2 °C d'ici à la fin de ce siècle devrait présenter le rapport avantages-coûts le plus élevé : on estime que les économies réalisées mondialement dans le domaine de la santé (54,1 billions de dollars des États-Unis) dépassent le double du coût mondial des politiques (22,1 billions de dollars É.-U.). {24.4}



24.1 Les approches stratégique et transformatrice de la politique environnementale

Le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et une série d'accords multilatéraux sur l'environnement (AME) dessinent une vision à long terme ambitieuse en vue de la réalisation universelle du développement durable par la transformation des économies, des sociétés, de l'environnement et des institutions (chapitre 20). Malgré les progrès réalisés dans la gestion de certains problèmes environnementaux (par exemple, l'appauvrissement en ozone, les pluies acides), les accords mondiaux globaux et les politiques associées n'ont pas réussi à infléchir la trajectoire non viable que nous avons empruntée. En l'absence de politiques nouvelles et de mesures efficaces, la vision ambitieuse du développement durable ne pourra être concrétisée (chapitre 21).

Certes, il existe des pistes qui permettent d'infléchir les tendances actuelles. Pour s'engager sur la voie de la durabilité, il faut un savant mélange d'innovations technologiques, de changements de mode de vie et de solutions locales, régionales, mondiales et décentralisées, le tout bénéficiant de la collaboration des parties prenantes, à un rythme de transformation sans précédent (chapitres 22 et 23). Nous sommes loin d'avoir exploité pleinement le potentiel des gains d'efficacité et de la réduction des émissions, mais en raison des effets de rebond et de croissance, il est fort à parier qu'un réajustement en la matière ne sera pas suffisant. Des changements plus radicaux et plus transformateurs, y compris de nouvelles pratiques sociales, semblent nécessaires. Le présent chapitre examine des approches novatrices prometteuses et des politiques efficaces et transformatrices qui aideront à atteindre l'objectif d'une planète saine pour des populations en bonne santé.

Les données probantes exposées à la partie A du présent rapport attestent que le rythme actuel des changements est insuffisant pour inverser les dommages que subit déjà notre environnement. À défaut d'une réorientation fondamentale, la dégradation se poursuivra dans la plupart des domaines environnementaux, mettant en péril les progrès économiques et sociaux réalisés à ce jour et le sort des multiples espèces qui se partagent la planète Terre. La partie B conclut que, malgré la multiplication des politiques innovantes, on n'observe souvent que des solutions de second ordre et à petite échelle, qui vont rarement au-delà des ajustements technologiques. Qui plus est, les politiques environnementales potentiellement efficaces et ambitieuses ne prennent pas leur essor. Les projections et les trajectoires possibles présentées dans la partie C laissent penser que de nouvelles

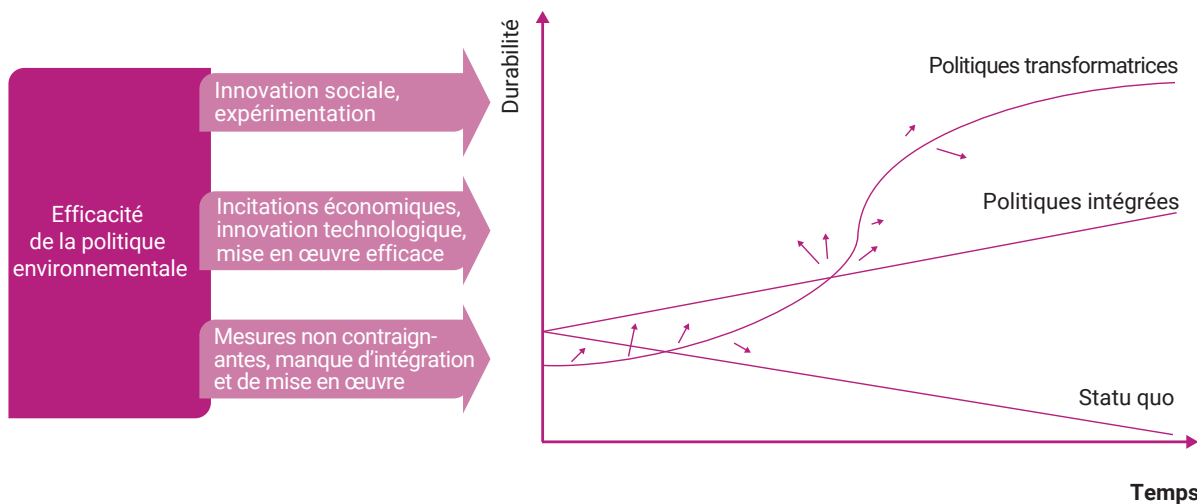
politiques et des interventions mesurables sont nécessaires à tous les échelons (local, national, régional et mondial) pour espérer réaliser les ODD et atteindre les cibles connexes à l'horizon 2030 et au-delà. L'analyse montre que pour la plupart des objectifs environnementaux, les projections vont dans le sens d'une détérioration des conditions. Par exemple :

- ❖ un nombre croissant de personnes vivront dans des zones de stress hydrique (Hejazi *et al.*, 2014) ;
- ❖ l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre entraînera un dépassement important de la cible « bien en deçà de 2 °C » de l'Accord de Paris sur le climat (Iyer *et al.*, 2015 ; Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques [CCNUCC], 2015) ;
- ❖ le déclin rapide de la biodiversité se poursuivra (Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques [IPBES], 2018) ;
- ❖ la fragilité des systèmes alimentaires continuera d'occasionner une malnutrition persistante, influant à la fois sur le bien-être humain et sur la santé de la planète (Whitmee *et al.*, 2015).

Certaines trajectoires de changement sont évaluées dans divers scénarios sur la durabilité au chapitre 22 et à l'aune de signes prometteurs au chapitre 23. L'enjeu de la durabilité exigera de nouvelles stratégies qui repousseront les limites de l'imagination collective et mettront les acteurs au défi d'aller au-delà des connaissances et champs d'action actuels. Les mesures graduelles seront insuffisantes.

La **figure 24.1** illustre les trajectoires de durabilité des approches intégrées et transformatrices comparativement au maintien du statu quo. Le statu quo, qui se reflète dans des politiques environnementales peu ambitieuses, pêche par son manque d'efficacité sur le plan de la mise en œuvre et d'intégration holistique dans les autres politiques sectorielles ; il ne contribuera donc pas à la sauvegarde de l'environnement et à la réalisation des ODD. Des politiques environnementales plus affirmées, notamment celles qui incluent des incitations économiques à réduire les émissions et à rationaliser l'utilisation des ressources, présentent en revanche un potentiel considérable. Une approche transformatrice, fondée sur l'expérimentation et la prise en compte des pratiques sociales, a certes des débouchés plus incertains, s'avère plus difficile à manœuvrer et ne saurait garantir des résultats systématiques. Elle renferme cependant la capacité de générer un impact tangible et de concrétiser les objectifs de durabilité. Ces deux approches stratégiques pourraient être menées de concert afin de maximiser les chances de succès à court et long terme.

Figure 24.1 : Différentes approches stratégiques





24.2 Le changement transformateur

Nos besoins en matière de nutrition, de santé, d'énergie, de logement ou de mobilité – pour ne citer qu'eux – sont satisfaits par l'intermédiaire d'un ensemble de systèmes socio-écologiques, sociotechniques et socio-économiques (Folke *et al.*, 2011 ; Geels et Schot, 2017 ; Díaz *et al.*, 2018). Ces systèmes se mettent au service de la société, non pas en proposant une technologie ou un service unique, mais en s'intégrant aux infrastructures, aux marchés, aux institutions et aux pratiques sociales, y compris les normes et les valeurs environnantes (Grieffhammer et Brohmann, 2015). Les différents éléments de ces systèmes se renforcent et se stabilisent mutuellement ; pourtant, ils sont considérés de façon relativement isolée, de sorte qu'il est difficile pour les politiques environnementales de changer fondamentalement la structure des systèmes et des organisations concernés, sans parler de leurs liens et interactions réciproques.

Les politiques environnementales font émerger des innovations dans de nombreux secteurs, dans le cadre de stratégies et d'interventions telles que la modernisation écologique, l'économie verte et l'évaluation des services écosystémiques. La marge de progression technologique est par ailleurs immense. Il est fort probable de voir la productivité des ressources se multiplier par un facteur de quatre à dix (c'est-à-dire d'être en capacité de produire de quatre à dix fois plus de biens par unité de ressources) (Schmidt-Bleek, 2008 ; von Weizsäcker *et al.*, 2009). Il est essentiel d'accroître la productivité des ressources, mais cela ne saurait suffire à créer les conditions pour reconfigurer les systèmes sous-jacents – un impératif si l'on souhaite réaliser la transformation nécessaire à l'instauration d'une société durable. Il est donc nécessaire de procéder à une réorganisation fondamentale des systèmes sociétaux, notamment au niveau des modèles et processus mentaux, des institutions, des normes et des valeurs (Westley *et al.*, 2013 ; Olsson, Galaz et Boonstra, 2014 ; Bennett *et al.*, 2016). Ces transformations ne résultent pas nécessairement d'approches descendantes. Elles sont le fruit de l'évolution simultanée de multiples facteurs interdépendants et d'une collaboration active entre diverses parties prenantes (chapitre 23). Il importe de coordonner les acteurs et les ressources, tout en nourrissant l'espoir d'un avenir radicalement différent.

Favoriser la capacité de transformation pourrait ouvrir la voie à de nouvelles trajectoires de développement pour des systèmes socio-écologiques plus durables et plus ouverts à l'innovation dynamique (Folke *et al.*, 2010 ; Jacob *et al.*, 2018). Les transformations se font par palier, en commençant par de petits espaces protégés, propices au développement de pratiques nouvelles, de sorte que le changement se propage du niveau local aux échelons régional et mondial (Loorbach et Raak, 2006 ; Olsson *et al.*, 2006 ; Jänicke et Rennings, 2011 ; Olsson, Galaz et Boonstra, 2014). Lorsque les mécanismes de rétroaction atteignent une masse critique, le changement transformateur peut alors être plus franc et s'accompagner d'une délégitimation des technologies existantes ainsi que des infrastructures, des connaissances, du capital et des institutions qui les soutiennent, et à terme, se fonde dans les normes et pratiques préexistantes (Arthur, 2011).

Les transformations historiques ont suivi ce schéma marqué par des innovations dans certains créneaux, par une remise en question des pratiques dominantes et par un caractère coévolutif et émergent (Diamond, 1997 ; Arthur, 2011 ; Westley, McGowan et Tjörnbo, 2017). Dans bien des cas, ces transformations sont des processus non guidés qui entraînent une augmentation de la consommation des ressources, des émissions et de la dégradation de l'environnement, plutôt qu'une utilisation et une gestion saine et durable des ressources et de l'environnement. Il est donc nécessaire de faire preuve de flexibilité et de réorienter les transformations vers des trajectoires optimales (Olsson *et al.*, 2006 ; Jacob *et al.*, 2018).

Les approches transformatrices peuvent varier d'un pays à l'autre. En outre, même si les politiques actuelles ne peuvent résoudre à elles seules les problèmes environnementaux, elles doivent être maintenues, notamment en ce qui concerne la lutte contre la pollution, l'amélioration de l'efficacité ou encore la prise en compte des considérations environnementales dans la planification. Certains pays pourraient réaliser des changements transformateurs en adoptant de bonnes pratiques sans passer par une phase transitoire, tandis que d'autres devront plutôt apporter des changements progressifs dans leurs politiques et leurs pratiques avant de parvenir aux stades transformateurs. Le déploiement d'instruments tels que les incitations économiques à l'innovation et la modification des cadres économiques existants, notamment l'internalisation des coûts externes, la suppression des subventions environnementales, la promotion de l'évaluation des services écosystémiques et la réforme budgétaire pour des investissements verts, pourraient jouer un rôle essentiel dans l'impulsion des changements transformateurs.

Il n'existe pas de recette universelle pour opérer un changement transformateur vers la durabilité, mais les innovations méthodologiques récentes font ressortir la nécessité pour les différents acteurs de se regrouper pour expérimenter des initiatives novatrices, susceptibles de favoriser une transformation systémique (Frantzeskaki, Wittmayer et Loorbach, 2014 ; Pereira *et al.*, 2015). Ces « processus de laboratoire » concrets qui concourent à la transformation se caractérisent par des méthodes expérimentales, par un mode de recherche transdisciplinaire, par l'extensibilité et la transférabilité des résultats, mais aussi par l'apprentissage et la réflexivité scientifiques et sociétaux (Schapke *et al.*, 2018). On trouve ainsi des laboratoires d'innovation sociale (Westley *et al.*, 2012), de résilience (Frantzeskaki *et al.*, 2018) et de transformation (Charli-Joseph *et al.*, 2018 ; Zgambo, 2018 ; van Zwanenberg *et al.*, 2018), des laboratoires vivants (Budweg *et al.*, 2011 ; Hooli *et al.*, 2016) – notamment en milieu urbain (Cosgrave *et al.*, 2013 ; Voytenko *et al.*, 2016). Mentionnons enfin les sphères de transition (Loorbach, 2010). D'autres processus connexes s'appuient sur des domaines tels que la prospective, une approche qui couvre un large éventail de méthodes d'étude systématique de l'avenir ayant trait aux systèmes alimentaires (Hebinck *et al.*, 2018), urbains (Potjer, Hajer et Pelzer, 2018) ou encore énergétiques (Hajer et Pelzer, 2018), parmi d'autres. Certains processus s'appuient sur de nouvelles méthodes réflexives pour envisager le changement, que ce soit par une introspection individuelle faisant remonter à la surface l'expérience intérieure (Nilsson et Paddock, 2014), par un cheminement collectif selon la « théorie du U » (Scharmer, 2007), ou en s'appuyant sur des récits et des expériences vécues pour créer des liens concrets avec les populations et leur futur environnement (Galafassi *et al.*, 2018). Ces interventions systémiques sont définies comme des espaces de transformation, des environnements de collaboration sûrs où l'on peut expérimenter de nouvelles configurations de systèmes socio-écologiques – un aspect crucial de toute approche transformatrice (voir Charli-Joseph *et al.*, 2018 ; Drimie *et al.*, 2018 ; Dye, 2018 ; Galafassi *et al.*, 2018 ; Hebinck *et al.*, 2018 ; Marshall *et al.*, 2018 ; Moore *et al.*, 2018 ; Pereira *et al.*, 2018 ; van Zwanenberg *et al.*, 2018). Ces approches constituent potentiellement une étape importante en vue de l'adoption d'une trajectoire durable.

24.3 Les jalons sur la voie de la transformation

On distingue cinq grandes approches qui guident, façonnent et favorisent la transformation :

- i) des visions pour accompagner l'innovation systémique sur le chemin de la durabilité ;
- ii) l'innovation sociale et politique ;
- iii) l'élimination progressive des pratiques non durables ;
- iv) l'expérimentation de politiques ;
- v) la participation et l'autonomisation des acteurs et des parties prenantes.

Ces dimensions essentielles sont analysées et illustrées par des exemples dans les sections ci-après.

24.3.1 Des visions pour guider l'innovation systémique vers la durabilité

De plus en plus de gouvernements, de villes, d'entreprises et de communautés préconisent avec force un avenir plus durable et partagent leurs stratégies et leurs plans de réalisation pour y parvenir. Dans bien des cas, ils constatent aussi que leur vision doit être étayée par de nouvelles façons de mesurer les progrès accomplis (Midgley et Lindhult, 2017).

En 1999, le Bhoutan a intégré à sa stratégie de développement durable le concept de bonheur national brut (BNB), comme substitut aux indicateurs pécuniaires, pour mesurer le progrès social (Niestroy, Schmidt et Esche, 2013 ; Jacob, Kannen et Niestroy, 2014). Depuis lors, ce concept est la pierre angulaire dictant les missions gouvernementales et les activités économiques du Bhoutan. Les politiques et les investissements sont évalués à l'aune de leur contribution à l'amélioration du BNB plutôt que de leurs coûts et avantages monétaires. Le BNB est une composante essentielle des plans quinquennaux du Bhoutan ; il est même inscrit dans sa Constitution. Une commission du BNB est chargée de surveiller la mise en œuvre desdits plans. Le BNB repose sur quatre piliers :

- i) le développement socio-économique équitable (l'équité entre les individus, les communautés et les régions, afin d'assurer l'harmonie et la stabilité sociales) ;
- ii) la conservation de l'environnement ;
- iii) la préservation et la promotion de la culture (la valorisation du patrimoine culturel national et la préservation des valeurs spirituelles et affectives) ;
- iv) la défense de la bonne gouvernance (le développement des institutions et des ressources humaines et la promotion des processus participatifs).

Après une longue période malheureusement marquée par la déforestation et la dégradation écologiques (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2016), le Costa Rica privilégie désormais une vision de la modernité où la viabilité de l'environnement occupe une place de choix (Silva, 2002; Johnson 2016). La Constitution adoptée par le pays en 1994 prévoit « le droit à un environnement sain et écologiquement équilibré » (Assemblée générale des Nations Unies [AGNU], 2014). Au nombre des mesures récentes visant à concrétiser cette vision figurent le paiement des services écosystémiques, l'obtention de crédits carbone pour la préservation des forêts, les certificats de crédit forestier, la protection juridique et la préservation des espèces emblématiques, l'interdiction de l'exploitation minière à ciel ouvert et, plus récemment, l'engagement à atteindre la carboneutralité d'ici à 2021. Même si bien des défis restent à relever en ce qui concerne la qualité de l'eau et la protection des milieux marins, cette vision globale a donné lieu à des améliorations environnementales notables. À titre d'exemple, le couvert forestier est passé de 26 % dans les années 1980 à 52 % en 2010 (AGNU, 2014).

De plus en plus de villes, de communautés et de régions dans le monde aspirent à réduire leur empreinte carbone et affichent des objectifs de zéro émission ou de carboneutralité (Yamanoshita et Amano, 2012). Une définition précise de la portée des émissions municipales (émissions internes produites à l'intérieur des limites géographiques, émissions externes directement induites par les activités urbaines, etc.) visées par ces objectifs est en cours d'élaboration à l'échelle mondiale (Kennedy et Sgoridis, 2011 ; Straatman *et al.*, 2018). Dix-neuf villes du monde se sont engagées à faire des bâtiments et des infrastructures sans émission nette de carbone un élément central de leur stratégie d'investissement à l'horizon 2030. Elles s'obligent également à revoir les politiques et règlements de planification qui s'appliquent

à l'infrastructure immobilière existante, afin de rendre celle-ci carboneutre à l'horizon 2050 (C40 Cities, 2018). Des prototypes de villes sans émission nette de carbone ont été expérimentés en faisant appel aux énergies renouvelables, à des technologies de pointe, à un urbanisme novateur et à une stratégie de réutilisation totale (Premalatha *et al.*, 2013). D'autres initiatives (par exemple, le Conseil mondial des entreprises pour le développement durable, 2017) visent à aider les villes à s'engager sur la voie de la carboneutralité grâce à la collaboration entre les municipalités et les entreprises, en vue de réduire conjointement les émissions de CO₂ tout en se concentrant sur les priorités liées à la durabilité (Zadek, 2004 ; Moore, Riddell et Vocisano, 2015).

Le partenariat ProjectZero (2016), qui a élu domicile dans la région de Sønderborg (77 000 habitants) au sud du Danemark, affiche l'ambition de devenir carboneutre d'ici à 2029, en faisant fond sur une croissance durable, créatrice de nouveaux emplois verts. Le projet se matérialise dans le cadre d'un partenariat public-privé impliquant la municipalité et les grandes entreprises de la région. Le cap des 25 % de réduction des émissions de CO₂ en 2015 a même été dépassé (jusqu'à 35 %) (Conseil pour l'avenir du monde, 2016). Les initiatives technologiques menées dans des villes et des régions du monde entier – expansion des réseaux de chauffage urbain, conversion des approvisionnements en sources carboneutres et installation d'éoliennes et de centrales photovoltaïques terrestres – sont associées à des programmes qui mobilisent à la fois les citoyens et les industries, à l'instar des initiatives ZEROhousing et ZEROcompany (Bulkeley et Betsill, 2005 ; Betsill et Bulkeley, 2006 ; Frantzeskaki, Wittmayer et Loorbach, 2014 ; Fujino et Asakawa, 2017 ; Ville de Melbourne, 2018).

L'Iskandar Regional Development Authority (IRDA), l'organisme fédéral qui supervise le développement économique et physique de la Malaisie, a formulé une vision connue sous le nom de *Low Carbon Society Blueprint 2025* (« projet de société sobre en carbone à l'horizon 2025 »). L'IRDA a élaboré un manuel regroupant des directives sur l'économie verte (*Green Economy Guideline Manual*) afin de concrétiser cette vision avec la participation active des acteurs commerciaux de la région, où sont réalisés d'importants investissements nationaux et étrangers (Ho *et al.*, 2013 ; IRDA, 2014).

24.3.2 L'innovation sociale et politique

Il n'existe pas de formule universelle pour réaliser ces visions, car chacune d'elles est ancrée, socialement et écologiquement, dans un contexte national et local, une évolution historique, des normes et des valeurs culturelles spécifiques. En conséquence, la transformation est porteuse d'innovations sociales et stratégiques à un haut degré, sans que l'on puisse prévoir pour autant celles qui s'avèreront fructueuses et reproductibles dans d'autres domaines à l'avenir. Parmi les approches émergentes qui trouvent le plus d'applications sur le terrain, citons l'économie de partage (renvoyant notamment au partage de logements et de moyens de transport), qui aide les sociétés à sortir du schéma privilégiant une consommation ruineuse des ressources renouvelables et non renouvelables (voir la section 23.3 ; Frenken, 2017). Le partage de l'hébergement et des véhicules pour réduire les impacts sur l'environnement a un potentiel transformateur évident. La propriété et l'usage privés des véhicules et leurs coûts d'exploitation élevés – assurance, stationnement, entretien, carburant, etc. – pourraient être réduits de près de 80 % en dix ans par la mise en œuvre de règlements et de moyens d'incitation judicieux (Arbib et Seba, 2017). La confiance repose non plus sur des relations strictement bilatérales, mais sur des mécanismes tels que la notation par les pairs, le droit des affaires et la réglementation en matière de responsabilité, et la vérification par des tiers (Lan *et al.*, 2017).

Plusieurs villes envisagent de rendre tous leurs transports publics gratuits. Dans certaines municipalités suisses, par exemple, les hôtels fournissent à leurs clients un laissez-passer gratuit pour les inciter à utiliser les transports publics, leur évitant ainsi





embouteillages et aires de stationnement congestionnées. Depuis 2013, les résidents permanents de Tallinn, capitale de l'Estonie, n'ont qu'à s'inscrire et acheter une carte verte à deux euros leur donnant droit à l'usage des transports publics. La mise en place de ce système était motivée par trois objectifs :

- i) promouvoir la transition du véhicule personnel aux transports publics ;
- ii) améliorer l'accès des personnes à faible revenu aux services ;
- iii) encourager l'inscription des résidents de Tallinn et accroître ainsi le rendement de l'impôt sur le revenu (Cats, Susilo et Reimal, 2017).

L'urbanisation tend à accentuer et aggraver la pression sur l'environnement des régions plus rurales. Une approche prometteuse pour réduire au minimum ces impacts, s'attaquer au changement climatique et renforcer les liens communautaires consiste à créer les conditions favorables à l'essor de l'agriculture urbaine : toits végétalisés, agriculture verticale, jardins communautaires, etc. L'agriculture urbaine a déjà conquis bon nombre de pays en développement (Orsini *et al.*, 2013) ; ainsi, 11 % des ménages indonésiens et près de 70 % des ménages vietnamiens et nicaraguayens situés en zone urbaine tirent un revenu de l'agriculture. Notons un changement cependant : la spécialisation croissante de l'agriculture urbaine, notamment par l'agriculture verticale (Association for Vertical Farming, 2018) et les toits végétalisés (Ville de Melbourne, 2018), principalement dans des pays plus développés.

La promotion d'une économie circulaire est un autre moyen de réduire potentiellement les émissions de carbone et d'autres déchets tout en préservant les ressources naturelles et les écosystèmes (voir le chapitre 17). Ce concept est pris en compte dans l'approche de gestion de la consommation des ressources naturelles et de résolution des problèmes environnementaux et socio-économiques adoptée au titre du Plan d'action pour l'économie circulaire de la Commission européenne, publié en décembre 2015 (Wilts, 2017 ; Commission européenne, 2018). Lorsque l'on conserve des matériaux dans leur état d'origine ou qu'on les recycle et qu'on les utilise comme matières premières de réemploi de haute qualité, l'économie circulaire peut réduire la demande des industries en matières premières primaires (Wilts, 2017). Le concept d'économie circulaire favorise également une approche décentralisée du partage, de la prestation de services et des innovations dématérialisées des entreprises. Ainsi, la prestation de services décentralisée, qui ne dépend pas nécessairement d'un propriétaire de produits ou de matériaux, est rapidement opérationnelle grâce au développement des technologies de l'information et de la communication et de nouveaux modèles d'entreprise (Kishita *et al.*, 2018).

24.3.3 L'élimination progressive des pratiques non durables

L'engagement à infléchir la trajectoire socio-économique et environnementale sans issue que nous traversons actuellement ouvre de larges perspectives dans tous les aspects de la vie quotidienne, porteuses des capacités transformatrices nécessaires. L'interdiction des plastiques à usage unique figure parmi les exemples les plus récents : le projet initial d'élimination progressive des sacs plastiques légers s'est transformé en politique généralisée à tous les niveaux, visant désormais l'utilisation de toutes les catégories de plastiques (Onyanga-Omara, 2013 ; Commission européenne, 2018 ; Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE], 2018). Les pays en développement sont aux avant-postes de cette transformation. À titre d'exemple, en 2002, la République populaire du Bangladesh est devenue le premier pays au monde à interdire totalement les sacs de plastique mince après avoir constaté qu'environ 80 % de l'engorgement par l'eau dans les villes lors des inondations était causé par des sacs en polyéthylène qui obstruaient les canalisations et faisaient remonter les eaux stagnantes. Cette situation était également propice à la

reproduction des moustiques, augmentant l'incidence de maladies telles que la dengue et le paludisme. Plusieurs autres pays se sont joints au mouvement en adoptant des initiatives similaires, notamment l'Érythrée en 2005 et le Kenya en 2017 (Njugunah, 2017). Élargissant la portée du mouvement pour l'élimination des sacs en plastique, la Commission européenne (2018) a fait œuvre de pionnier en annonçant l'interdiction d'une dizaine d'articles en plastique à usage unique (couverts, pailles, cotons-tiges, assiettes, tasses à café, touillettes, etc.), qui représentent 70 % des déchets rejetés dans les eaux régionales et sur les plages. Cet exemple a été immédiatement suivi par l'Inde, marquant un tournant historique.

Dans certains cas, les matériaux naturels peuvent faire office de solutions de rechange aux plastiques. Par exemple, l'Indonésie, l'Inde, les Philippines et le Kenya utilisent la jacinthe d'eau – l'une des plantes qui éliminent le plus efficacement le dioxyde de carbone de l'atmosphère – comme source de fibres résistantes ou pour produire du papier et des produits dérivés. Cette approche permet de réduire potentiellement la demande de produits plastiques conventionnels. ONU Environnement pilote, quant à elle, un programme mondial d'échange d'informations et d'éducation par le biais de sa campagne « Océans propres » ; l'organisation a dernièrement placé la Journée mondiale de l'environnement 2018 sous le sceau de la lutte contre la pollution plastique (Dris *et al.*, 2015 ; Ocean Care, 2017). Les politiques de remplacement des plastiques par d'autres matériaux ne parviendront toutefois pas à faire baisser la quantité de débris marins tant que nous n'aurons pas pris à bras-le-corps la question de l'élimination de ces nouveaux matériaux avant leur mise sur le marché. Améliorer la collecte, le recyclage et la gestion des déchets contribuera à réduire les débris sur terre et dans les océans (Trucost, 2016).

24.3.4 L'expérimentation des politiques

Juger du caractère probant d'une politique transformatrice n'est souvent possible qu'avec un certain recul, en procédant à un suivi et une évaluation minutieux. Une erreur stratégique commise directement à l'échelle nationale peut avoir des conséquences durables, comme ce fut le cas de certaines politiques regrettables de contrôle démographique adoptées par le passé (Zhang, 2017). Ainsi, le principe de précaution laisse à penser que l'expérimentation des politiques à plus petite échelle, combinée à un soutien national et à une évaluation continue, pourrait être un choix plus judicieux (Heilman, 2008 ; Husain, 2017 ; Shin, 2018).

L'expérimentation des politiques à l'échelon local, suivie d'une mise à l'échelle, constitue l'un des facteurs de réussite des politiques en Chine (Heilmann, 2008). Cette approche expérimentale volontariste remonte aux premières réformes foncières et à la recherche de solutions au problème de la production agricole dans les années 1940 (Husain, 2017). Les politiques pilotes menées à l'échelle locale constituent un socle en vue de leur adaptation et optimisation pour des politiques effectives qui feront l'objet d'un suivi étroit. Celles qui s'avèrent probantes sont par la suite transposées à plus grande échelle ; celles qui ne donnent pas satisfaction sont abandonnées. Shin (2018) décrit cette approche comme une expérimentation sous contrôle gouvernemental, complétée par des incitations à la performance à l'intention des fonctionnaires locaux.

La gouvernance expérimentale se distingue de la gouvernance conventionnelle en ceci qu'elle met l'accent sur des processus d'apprentissage fondés sur des partenariats public-privé. Axée sur des objectifs spécifiques, elle vise à combler les écarts entre les politiques descendantes et les défis expérimentés à la base (Antikainen, Alhola et Jääskeläinen, 2017). Des expériences de ce type ont été pratiquées sur des politiques d'adaptation au changement climatique aux Pays-Bas (McFagen et Huitema, 2018), mais aussi dans des villes de pays en développement, où elles reposent sur des stratégies communautaires qui mobilisent les membres de la communauté ainsi que des professionnels, et



qui bénéficient du soutien d'agents extérieurs. Ces expériences d'adaptation doivent être en phase avec le contexte urbain, politique et économique pour garantir un changement transformateur (Broto et Bulkeley, 2013 ; Chu, 2016). Les politiques pilotes font leurs preuves dans le cadre de processus itératifs et participatifs, reflétant à la fois la formulation d'objectifs à long terme et une stratégie interactive (Hilden, Jordan et Huitema, 2017).

24.3.5 La participation et l'habilitation des acteurs et des parties prenantes

La transformation, par définition, est appelée à modifier les systèmes socio-économiques existants et à faire des gagnants et des perdants. Il ne faut pas craindre de tels changements, car le maintien du statu quo implique des perturbations autrement plus importantes et se traduit par un plus grand nombre de perdants. Bien qu'il ne soit pas possible de décrire ici tous les acteurs qui doivent prospérer dans le sillage de ces visions émergentes du développement durable, de nouvelles perspectives se profilent et auront besoin de soutien. Les approches participatives visant à impliquer les décideurs et les acteurs dans toutes les phases du changement transformateur garantissent une meilleure acceptation, réduisent considérablement le délai d'adoption et suscitent un sentiment d'appropriation plus franc (Mitchell, Agle et Wood, 1997 ; Umaemiya, Rametsteiner et Kraxner, 2010 ; Smith, Ansett et Erez, 2011 ; Asrar, Ryabinin et Detemmerman, 2012 ; Asrar, Hurrell et Busalacchi, 2013 ; IRDA, 2014 ; Vallentin, 2016). Ces approches sont avalisées par un certain nombre d'accords internationaux découlant du principe n° 10 de la Déclaration de Rio (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, 1992) : « La meilleure façon de traiter les questions d'environnement est d'assurer la participation de tous les citoyens concernés » (par exemple, la Convention d'Aarhus, la Convention d'Escazu, le Dialogue de Talanoa).

Les modes de financement innovants représentent une avancée majeure sur la voie, semée d'embûches, menant à la réalisation des ODD. Le maintien du statu quo n'offre aucune perspective pour combler l'écart estimatif entre les dépenses actuelles et les dépenses requises pour réaliser les ODD, soit 2,5 billions de dollars É.-U. par an dans les pays en développement (Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, 2014). Les modes de financement innovants ne visent pas seulement la mise en place de nouveaux instruments financiers ; ils font également référence à la manière de conduire les affaires à l'avenir, dans le cadre de processus plus inclusifs (ODD 17) (Porter et Kramer, 2006 ; Ritzén et Sandström, 2017). Des instruments complémentaires aux subventions et aux incitations financières peuvent aider à débloquer les capitaux supplémentaires nécessaires pour soutenir les investissements durables. Parmi les exemples qui pourraient relever d'un mix de financement plus intelligent, citons les prêts, les fonds propres, les quasi-fonds propres et les garanties, ainsi que les obligations vertes, bleues et sociales (Venugopal et Srivastava, 2012 ; Association internationale des marchés de capitaux, 2018). Les multinationales sont encouragées non seulement à réaliser des résultats financiers, mais aussi à faire en sorte que leurs activités contribuent positivement à la vie de la société (Porter et Kramer, 2006 ; Downie, 2017). Un certain nombre d'investisseurs institutionnels, de banques et d'autres institutions financières du secteur privé ont répondu à cet appel, recadré leurs stratégies de gestion des actifs et réorienté les capitaux d'investissement vers des entreprises qui intègrent les considérations environnementales, sociales et de gouvernance dans leurs analyses financières fondamentales (Noguer et Houillier, 2010 ; Enright, McElrath et Taylor, 2016).

Des accords de coopération entre les gouvernements et le secteur privé pour la création de nouveaux instruments financiers commencent également à voir le jour. En décembre 2017, par exemple, le Nigéria, principal producteur de pétrole d'Afrique, est devenu le premier pays du continent à émettre des obligations

vertes pour financer des projets et programmes de microservices publics renouvelables et de boisement. Le succès de la première émission, d'un montant de 10,69 milliards de nairas, a incité le Gouvernement à viser une émission supplémentaire de 150 milliards de nairas d'obligations vertes en 2018. Cette émission obligatoire vise à réduire les émissions de CO₂ du Nigéria de 40 % d'ici à 2030. L'évaluation des progrès et de l'impact ainsi que le partage des enseignements et des expériences tirés de telles initiatives sont essentiels pour opérer un changement transformateur probant des politiques et des pratiques (Asrar et Hurrell, 2013 ; Premalatha et al., 2013).

Il importe également de souligner le potentiel de transformation que recèlent l'engagement et la coopération entre les entreprises, les gouvernements et les organisations non gouvernementales (ONG). La plateforme Southern Africa Food Lab (SAFL) a été créée pour offrir aux diverses parties prenantes de l'ensemble du système alimentaire un espace de dialogue, en accordant une attention particulière à la relation fructueuse entre échanges d'idées et action (Drimie et al., 2018). L'un de ces processus consistait à créer des scénarios de transformation pour l'avenir du système alimentaire de l'Afrique du Sud, au moment même où était approuvée la politique nationale de sécurité alimentaire et nutritionnelle (voir Freeth et Drimie, 2016). Le processus d'élaboration des scénarios a rassemblé un groupe diversifié de parties prenantes issues de l'ensemble du système alimentaire, y compris des représentants des pouvoirs publics, de grandes entreprises, des militants de la société civile et des organismes juridiques. Ces derniers ont pu apprécier la diversité de leurs points de vue afin de consolider leurs relations – un impératif pour faciliter l'élaboration des politiques et, en définitive, la mise en place des changements qui s'imposent (Freeth et Drimie, 2016). Le SAFL est également devenu, dans la perspective des partenariats entre des ONG, les chercheurs et les petites entreprises, un point de ralliement autour du changement transformateur au sein du système alimentaire. Bon nombre de ces partenariats font appel au Fonds mondial pour la nature (WWF) – en tant qu'organisme intermédiaire – pour opérer le changement transformateur vers la durabilité (Cockburn et al., 2018), en sensibilisant davantage les consommateurs aux défis de la durabilité tels que la surpêche (WWF, 2014) et en transcendant les préjugés partisans qui paralysent parfois les interventions novatrices (Drimie et Pereira, 2016). Le rôle positif des ONG en tant qu'agents du changement n'est plus à démontrer ; il reste à le mettre à profit pour réaliser le programme de développement durable.

24.4 Une planète saine pour des populations en bonne santé : un défi majeur, une occasion à saisir

Une planète saine est le fondement premier conditionnant toutes les formes de vie, y compris la santé et le bien-être des humains. Ces derniers dépendent de la viabilité de ce système qui permet la vie sur Terre. Ce principe est repris dans le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et dans les accords multilatéraux connexes sur l'environnement. Le rapport GEO-6 a pour thème principal l'amélioration de la santé et du bien-être humains, de la sécurité alimentaire et de la nutrition, de la justice sociale et de la prospérité économique ainsi que de la saine gestion de l'environnement par le biais du développement durable.

Les activités humaines ont déjà bouleversé les systèmes naturels de la Terre et perturbé leurs mécanismes d'autorégulation, entraînant des conséquences irréversibles pour le système planétaire et le bien-être humain (Millennium Ecosystem Assessment, 2005 ; Rockström et al., 2009 ; Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2014 ; Steffen et al., 2015 ; Whitmee et al., 2015 ; Ceballos, Ehrlich et Dirzo, 2017 ; IPBES, 2018 ; voir la partie A du présent rapport).

L'approche « Une planète saine pour des populations en bonne santé » est indispensable à la promotion de la saine gestion de



l'air, de la biodiversité, des océans, des terres et de l'eau douce, qui est essentielle au bien-être humain et à la garantie de la durabilité des systèmes terrestres pour les générations actuelles et futures. L'élément central de cette approche est l'adoption d'une démarche holistique et systémique, selon laquelle l'on s'attaque aux défis qui touchent tous les aspects du système de l'épanouissement de la vie sur Terre (l'air pur, l'eau douce, la production alimentaire des océans et des terres, les habitats des espèces, etc.) tout en tenant compte des dimensions socio-économiques et sanitaires telles que les questions de genre, l'équité et la pauvreté (Commission des déterminants sociaux de la santé [CDSS], 2008 ; Gordon *et al.*, 2017 ; Dye, 2018). Les interactions complexes sous-tendant les différents aspects du changement environnemental sont illustrées par les 12 questions transversales retenues et énoncées au chapitre 4, ainsi que par les synergies et arbitrages analysés à la section 22.4.2.

Près du quart des décès survenant annuellement dans le monde sont causés par des facteurs environnementaux modifiables (Prüss-Ustün *et al.*, 2016). La santé humaine dépend toutefois de bien d'autres facteurs qu'une planète saine. Même s'il était souhaitable et possible de parvenir à une planète saine et durable sans s'attaquer aux questions socio-économiques et aux déterminants de la santé qui y sont associés, l'humanité serait encore loin de réaliser l'objectif consistant à garantir la bonne santé des populations (voir aussi la section 22.2.5, sur l'atteinte de la cible des ODD liée à la mortalité infantile). En effet, les facteurs socio-économiques et culturels ont des répercussions considérables sur la santé : les choix de mode de vie, les inégalités et les pratiques préjudiciables telles que la guerre, la violence, les conditions de travail dangereuses et le travail des enfants (CDSS, 2008 ; voir la section 4.1) sont des paramètres cruciaux à cet égard. Par conséquent, l'on doit aussi s'attaquer efficacement aux déterminants sociaux de la santé, y compris les inégalités sociales et de richesse (Glatzer *et al.*, 2015 ; Donkin *et al.*, 2017).

Comme indiqué à la section 4.1, la santé humaine dépend de multiples facteurs associés aux environnements naturel, social et bâti, y compris nos perceptions de l'équité et de la sécurité, ou encore l'accès équitable aux ressources environnementales et la relation que nous entretenons avec la nature (CDSS, 2008). Cette perspective complète la définition classique de la santé humaine – « [l]a santé est un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (Organisation mondiale de la Santé, 1948). Elle enrichit

par ailleurs la pratique consistant à envisager à la fois le bien-être (Glatzer *et al.*, 2015 ; Maggino, 2015) et la santé afin d'intégrer les dimensions psychologique, affective et sociale. Les multiples interactions existant entre le système planétaire et les systèmes humains établissent des liens directs et indirects entre la santé ou le bien-être et la majorité des ODD. Ainsi, les ODD offrent la possibilité de traiter de la question de la santé humaine de façon systémique, contrairement à d'autres initiatives majeures dans le domaine de la santé qui sont souvent axées sur la lutte contre une maladie ou une pandémie donnée.

Plusieurs cadres ont été élaborés ces dernières années pour amener les chercheurs et les législateurs à tenir compte des interactions complexes entre les facteurs sanitaires, socio-économiques et environnementaux (Buse *et al.*, 2018). Toutefois, une grande partie des données scientifiques probantes concernant l'effet de l'environnement sur la santé humaine, à savoir la pollution et la maladie (autrement dit, la mortalité et la morbidité), sont plus limitées et s'intéressent peu au concept plus large de bien-être ou aux déterminants sociaux de la santé. Dans ce cadre classique relativement étroit de la salubrité de l'environnement, la commission sur la pollution et la santé de la revue *The Lancet* (Landrigan *et al.*, 2017) estime que la pollution environnementale a causé environ neuf millions de décès prématurés en 2015, principalement du fait des pollutions de l'air extérieur et de l'air intérieur, qui ont causé 6,4 millions de décès (Cohen *et al.*, 2017). De même, la répartition des pressions environnementales et de leurs impacts sur la santé et le bien-être est inéquitable (voir la partie A). Ces pressions touchent particulièrement des groupes déjà vulnérables ou défavorisés, tels que les jeunes, les personnes âgées et les femmes, ainsi que les pauvres, les personnes souffrant de maladies chroniques, les populations autochtones et les personnes visées par le profilage racial (Solomon *et al.*, 2016 ; Landrigan *et al.*, 2017).

Le coût de l'incapacité à relever les défis posés par les piètres conditions environnementales doit faire l'objet d'un examen et d'une politique de communication intensive (Haines, 2017 ; voir l'exemple dans l'**encadré 24.1**). Nous parlons ici des pertes en vies et des pertes matérielles, de l'invalidité, du coût des maladies cardiovasculaires et respiratoires, ainsi que des dommages sanitaires dus aux stress multiples résultant des phénomènes météorologiques extrêmes, aux conflits liés à l'insécurité alimentaire et hydrique, aux inégalités criantes et à la pauvreté, et au sort tragique des réfugiés à travers le monde.



Encadré 24.1 : Les avantages pour la santé l'emportent sur les coûts de la mise en œuvre de l'Accord de Paris

Selon une étude de modélisation (Markandya *et al.*, 2018), les avantages pour la santé résultant de la réduction de la prévalence des maladies et des décès liés à la pollution de l'air pourraient à eux seuls dépasser les coûts de la mise en œuvre de l'Accord de Paris (CCNUCC, 2015) entre 2020 et 2050. Les auteurs de cette étude ont modélisé les niveaux d'émission selon divers scénarios et estimé les coûts des décès liés à la pollution de l'air qui en résulte (en raison de maladies respiratoires telles que les infections aiguës des voies respiratoires inférieures, la maladie pulmonaire obstructive chronique, les maladies cardiaques, les accidents vasculaires cérébraux et le cancer du poumon). Ils les ont également comparés aux coûts de l'atténuation du changement climatique par pays ou par région (Chine, Union européenne, Inde, États-Unis, reste du monde). Au nombre des scénarios figurent l'inaction, le maintien des politiques nationales actuelles et trois stratégies différentes pour la mise en œuvre et le financement de l'Accord en vue d'atteindre les cibles de hausse des températures dans la limite de 2 °C et de 1,5 °C.

Selon le scénario utilisé, on estime qu'à l'échelle mondiale, les avantages pour la santé d'une réduction de la pollution de l'air sont de 1,4 à 2,5 fois supérieurs aux coûts de l'atténuation. La stratégie d'émission visant à atteindre l'objectif de 2 °C affiche le rapport coûts-avantages le plus élevé : les économies mondiales dans le domaine de la santé ont été estimées à 54,1 milliards de dollars É.-U., surclassant de loin le coût mondial des politiques, qui s'élève à 22,1 milliards de dollars É.-U.

Dans tous les scénarios examinés, la Chine et l'Inde sont les pays où l'amélioration des mesures de réduction des émissions pourrait abaisser le plus les coûts de la santé. En effet, le coût de la mise en œuvre des politiques d'atténuation des effets du changement climatique en Chine et en Inde serait entièrement compensé par les économies réalisées dans le domaine de la santé dans la plupart des scénarios, et les coûts supplémentaires liés à la poursuite d'une cible de 1,5 °C au lieu de 2 °C pourraient générer des avantages substantiels (pour l'Inde, de l'ordre de 3,3 à 8,4 milliards de dollars É.-U. ; pour la Chine, de l'ordre de 0,3 à 2,3 milliards de dollars É.-U.). Pour l'Union européenne et les États-Unis, les économies dans le domaine de la santé, bien que significatives, ne suffiraient pas à compenser totalement les coûts.

Tous ces facteurs contribuent à perpétuer les inégalités et l'instabilité et, dans tous les cas, il s'avère bien moins coûteux de les prévenir que d'intervenir pour en gérer les conséquences.

Aucun pays n'est à l'abri de l'impact des mauvaises conditions environnementales. Pour promouvoir efficacement les politiques, les pratiques et les investissements financiers dans le développement mondial et relever les défis environnementaux, les arguments doivent être formulés de manière holistique, en fonction des effets positifs potentiels sur la sécurité, la prospérité et le bien-être des citoyens et des nations du monde entier ; le choix des politiques et les solutions judicieuses doivent reposer sur des analyses et des données économiques qui font ressortir les économies réalisées et les nouvelles sources de revenus engendrées (Haines, 2017 ; Markandya *et al.*, 2018).

Selon les spécialistes de la santé publique membres de la commission mixte Fondation Rockefeller–*The Lancet* sur la santé planétaire, « les solutions [à la crise environnementale] sont à portée de main ; elles doivent reposer sur une redéfinition de la prospérité

qui se concentre sur l'amélioration de la qualité de vie et la prestation de meilleurs services de santé pour tous, ainsi que sur le respect de l'intégrité des systèmes naturels » (Whitmee *et al.*, 2015).

L'ampleur et la complexité des changements nécessaires pour parvenir à une planète saine pour des populations en bonne santé sont telles qu'il serait présomptueux de prétendre les prévoir dans leur intégralité. Néanmoins, l'investissement en faveur de l'environnement, du développement et de la santé humaine à l'échelle mondiale – par le biais d'accords et d'axes d'intervention multilatéraux – et la création de larges coalitions en vue d'un changement transformateur posent assurément les jalons d'une stratégie efficace pour relever ces défis transcendant les frontières, de manière holistique. Le mot d'ordre « Une planète saine pour des populations en bonne santé » incarne cette approche intégrée de l'environnement et des défis socio-économiques et sanitaires contemporains auxquels sont confrontées les générations actuelles et futures qui appellent de leurs vœux une planète durable pour leur avenir et celui de leurs enfants, mais aussi celui des autres formes de vie sur Terre.





Références

Antikainen, R., Alhola, K. et Jääskeläinen, T. (2017). Experiments as a means towards sustainable societies – Lessons learnt and future outlooks from a Finnish perspective. *Journal of Cleaner Production* 169, 216-224. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.184>.

Arbib, J. et Seba, T. (2017). *Rethinking Transportation 2020-2030: The Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle and Oil Industries*. A RethinkX Sector Disruption Report. RethinkX. https://static1.squarespace.com/static/585c3439be65942f022bbf9b/h/1591a2e4b6f2e1c134f930c5/1494888028959/RethinkX+Report_051517.pdf.

Arthur, W.B. (2011). *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*. <http://www.simonandschuster.com/books/The-Nature-of-Technology/W-Brian-Arthur/9781416544067>.

Asrar, G.R. et Hurrell, J.W. (dir.) (2013). *Climate Science for Serving Society: Research, Modeling and Prediction Priorities*. Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9789400766914>.

Asrar, G.R., Hurrell, J.W. et Busalacchi, A.J. (2013). A need for «actionable» climate science and information: Summary of WCRP open science conference. *Bulletin of American Meteorological Society* 94(2), ES8-ES12. <https://journals.ametsoc.org/bams/article/94/2/ES8/60214/A-Need-for-Actionable-Climate-Science-and>

Asrar, G.R., Ryabinin, V. et Detemmerman, V. (2012). Climate science and services: Providing climate information for adaptation, sustainable development and risk management. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4(1), 88-100. <https://doi.org/10.1016/j.coesust.2012.01.003>.

Assemblée générale des Nations Unies (2014). *Report of the Independent Expert on the Issue of Human Rights Obligations Relating to the Enjoyment of a Safe, Clean, Healthy and Sustainable Environment*, John H. Knox. Addendum, Mission to Costa Rica. A/HRC/25/S3/Add.1. https://www.ecoci.net/en/file/local/1247651/1930_1399473512_a-hrc-25-s3-add-1-en.doc.

Association for Vertical Farming (2018). *Introducing the Vertical Farming Global Sustainability Registry (SURE) Network*. Association for Vertical Farming. <https://sure.vertical-farming.net/>.

Association internationale des marchés de capitaux (2018). *Obligations vertes et sociales: cartographie d'ensemble relative aux objectifs de développement durable*. Zurich : Association internationale des marchés de capitaux. <https://www.icmagroup.org/assets/documents/Regulatory/Green-Bonds/Translations/2018-French-SDG-Mapping-2018-06.pdf>.

Bennett, E.M., Solan, M., Biggs, R., McPhearson, T., Norström, A.V., Olsson, P. et al. (2016). Bright spots: Seeds of a good Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14(8), 441-448. <https://doi.org/10.1002/fee.1309>.

Betsill, M.M. et Bulkeley, H. (2006). Cities and the multilevel governance of global climate change. *Global Governance* 12(2), 141-159. <https://www.jstor.org/stable/27800607?seq=1>.

Broto, V.C. et Bulkeley, H. (2013). A survey of urban climate change experiments in 100 cities. *Global Environmental Change* 23(1), 92-102. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.07.005>.

Budweg, S., Schaffers, H., Ruland, R., Kristensen, K. et Prinz, W. (2011). Enhancing collaboration in communities of professionals using a Living Lab approach. *Production Planning & Control* 22(5-6), 594-609. <https://doi.org/10.1080/09537287.2010.536630>.

Bulkeley, H. et Betsill, M. (2005). Rethinking sustainable cities: Multilevel governance and the «urban» politics of climate change. *Environmental Politics* 14(1), 42-63. <https://doi.org/10.1080/096440104.2000310178>.

Buse, C.G., Oestreicher, J.S., Ellis, N.R., Patrick, R., Brisbois, B., Jenkins, A.P. et al. (2018). Public health guide to field developments linking ecosystems, environments and health in the Anthropocene. *Journal of Epidemiology & Community Health* 72(5), 420-425. <https://doi.org/10.1136/jech-2017-210082>.

C40 Cities (2018). *C40 Cities*. <https://www.c40.org/> (consulté le 24 février 2018).

Cats, O., Susilo, Y.O. et Reimal, T. (2017). The prospects of fare-free public transport: Evidence from Tallinn. *Transportation* 44(5), 1083-1104. <https://doi.org/10.1007/s11116-016-9695-5>.

Ceballos, G., Ehrlich, P.R. et Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(30), E6089-E6096. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>.

Charli-Joseph, L., Siqueiros-García, J.M., Eakin, H., Manuel-Navarrete, D. et Shelton, R. (2018). Promoting agency for social-ecological transformation: A transformation-lab in the Xochimilco social-ecological system. *Ecology and Society* 23(2), 46. <https://doi.org/10.5751/ES-10214-230246>.

Chu, E.K. (2016). The governance of climate change adaptation through urban policy experiments. *Environmental Policy and Governance* 26(6), 439-451. <https://doi.org/10.1002/eet.1727>.

City of Melbourne (2018). *Green Rooftop Project*. <http://www.melbourne.vic.gov.au/building-and-development/sustainable-building/Pages/rooftop-project.aspx> (consulté le 22 mars 2018).

Cockburn, J., Koopman, V., Pereira, L.M. et van Niekerk, J. (2018). Institutional bricolage to address sustainability challenges in the South African sugarcane industry. Dans Pereira, L.M., McElroy, C.A. et Littaye, A. (dir.) *Food, Energy and Water Sustainability*. Routledge. Chapitre 8, 133-151. https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781315696522/chapters/10.9774/qlfear/9781315696522_9.

Cohen, A.J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H.R., Frostad, J., Estep, K. et al. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet* 389(10082), 1907-1918. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6).

Commission des déterminants sociaux de la santé (2008). *Comblent le fossé en une génération : Instaurer l'équité en santé en agissant sur les déterminants sociaux de la santé*. Genève : Organisation mondiale de la Santé. http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789242563702_fre.pdf.

Commission européenne (2018). *Implementation of the Circular Economy Action Plan*. Union européenne. http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm (consulté le 4 avril 2018).

Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (2014). *World Investment Report 2014. Investing in the SDGs: An Action Plan*. Genève. https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/wir2014_en.pdf.

Conseil mondial des entreprises pour le développement durable (2017). *Zero Emissions Cities*. Conseil mondial des entreprises pour le développement durable. <https://www.wbcasd.org/Programs/Cities-and-Mobility/Zero-Emissions-Cities> (consulté le 12 novembre 2017).

Conseil pour l'avenir du monde (2016). *Mobilizing Actors for the Local Energy Transition*. Hambourg : Conseil pour l'avenir du monde. <https://www.worldfuturecouncil.org/wp-content/uploads/2016/05/PZ-2016.09.26-ProjectZero-World-Future-Council-visit-to-Sonderborg-english.pdf>.

Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (2015). *Adoption de l'Accord de Paris*. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. Paris. <https://unfccc.org/fr/FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1>.

Cosgrave, E., Arbutnot, K. et Tryfonas, T. (2013). Living labs, innovation districts and information marketplaces: A systems approach for smart cities. *Procedia Computer Science* 16, 668-677. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.01.070>.

Diamond, J. (1997). *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*. W.W. Norton. <http://books.wwnorton.com/books/978-0-393-35432-4/>.

Diaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martin-López, B., Watson, R.T., Molnár, Z. et al. (2018). Assessing nature's contributions to people: Recognizing culture, and diverse sources of knowledge, can improve assessments. *Science* 359(6373), 270-272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>.

Donkin, A., Goldblatt, P., Allen, J., Nathanson, V. et Marmot, M. (2017). Global action on the social determinants of health. *BMJ Global Health* 3(1). <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2017-000603>.

Downie, C. (2017). Business actors, political resistance, and strategies for policymakers. *Energy Policy* 108, 583-592. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.018>.

Drimie, S., Hamann, R., Manderson, A.P. et Mlondoboz, N. (2018). Creating transformative spaces for dialogue and action: Reflecting on the experience of the Southern Africa Food Lab. *Ecology and Society* 23(3), 2. <https://doi.org/10.5751/ES-10177-230302>.

Dris, R., Imhof, H., Sanchez, W., Gasperi, J., Galgani, F., Tassin, B. et al. (2015). Beyond the ocean: Contamination of freshwater ecosystems with (micro-)plastic particles. *Environmental Chemistry* 12(5), 539-550. <https://doi.org/10.1071/EN14172>.

Dye, C. (2018). Expanded health systems for sustainable development: Advance transformative research for the 2030 Agenda. *Science* 359(6382), 1337-1339. <https://doi.org/10.1126/science.aag1081>.

Enright, S., McElrath, R. et Taylor, A. (2016). *The Future of Stakeholder Engagement: Transformative Engagement for Inclusive Business*. San Francisco: Business for Social Responsibility (BSR). <https://www.bsr.org/reports/BSR-Future-of-Stakeholder-Engagement-Report.pdf>.

Folke, C., Carpenter, S.R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T. et Rockström, J. (2010). Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society* 15(4), 20. <https://doi.org/10.5751/ES-03610-150420>.

Folke, C., Jansson, Å., Rockström, J., Olsson, P., Carpenter, S.R., Chapin III, F.S. et al. (2011). Reconnecting to the biosphere. *Ambio* 40(7), 719-738. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0184-y>.

Fonds mondial pour la nature (2014). *Ten Years of Being SASSI: A Documentation of the Sustainable Seafood Movement in South Africa*. Le Cap. http://www.ee.uct.ac.za/sites/default/files/image_tool/images/258/Papers/WWF-SA%2010%20years%20of%20SASSI.pdf.

Frantzeskaki, N., van Steenberg, F. et Stedman, R.C. (2018). Sense of place and experimentation in urban sustainability transitions: The Resilience Lab in Carnisse, Rotterdam, Pays-Bas. *Sustainability Science* 13(4), 1045-1059. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0562-5>.

Frantzeskaki, N., Wittmayer, J. et Loorbach, D. (2014). The role of partnerships in «realising» urban sustainability in Rotterdam's City Ports Area, Pays-Bas. *Journal of Cleaner Production* 65, 406-417. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.023>.

Freeth, R. et Drimie, S. (2016). Participatory scenario planning: From scenario «stakeholders» to scenario «owners». *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 58(4), 32-43. <https://doi.org/10.1080/00139157.2016.1186441>.

Frenken, K. (2017). Sustainability perspectives on the sharing economy. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 23, 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2017.04.004>.

Fujino, J. et Asakawa, K. (2017). *Taking Action on the SDGs in Japanese Cities: The «Future City» Initiative and Its Achievement on the SDGs*. Kamiyaguchi: Institute for Global Environmental Strategies. https://www.iges.or.jp/en/publication_documents/pub/discussionpaper/en/6108/IGES+D+SDGs+City+en+%281%29.pdf.

Galafassi, D., Daw, T.M., Thyresson, M., Rosendo, S., Chaigneau, T., Bandeira, S. et al. (2018). Stories in social-ecological knowledge cocreation. *Ecology and Society* 23(1), 23. <https://doi.org/10.5751/ES-09932-230123>.

Geels, F.W. et Schot, J. (2017). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36(3), 399-417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>.

Glatzer, W., Camfield, L., Möller, V. et Rojas, M. (dir.) (2015). *Global Handbook of Quality of Life: Exploration of Well-Being of Nations and Continents*. Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9789401791779>.

Gordon, L.J., Bignet, V., Crona, B., Henriksson, P.J.G., Van Holt, T., Jonell, M. et al. (2017). Rewiring food systems to enhance human health and biosphere stewardship. *Environmental Research Letters* 12(10). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa81de>.

Grieblhammer, R. et Brohmann, B. (2015). *Wie Transformationen und gesellschaftliche Innovationen gelingen können: Transformationsstrategien und Models of Change für nachhaltigen gesellschaftlichen Wandel*. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/wie_transformationen_und_gesellschaftliche_innovationen_gelingen_koennen.pdf.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report*. Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E. et al. (dir.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>.

Haines, A. (2017). Health co-benefits of climate action. *The Lancet Planetary Health* 1(1), e4-e5. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30003-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30003-7).

Hajer, M.A. et Pelzer, P. (2018). 2050 – An Energetic Odyssey: Understanding «Techniques of Futuring» in the transition towards renewable energy. *Energy Research & Social Science* 44, 222-231. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.01.013>.

Hebinck, A., Vervoort, J.M., Hebinck, P., Rutting, L. et Galli, F. (2018). Imagining transformative futures: Participatory foresight for food systems change. *Ecology and Society* 23(2), 16. <https://doi.org/10.5751/ES-10054-230216>.

Heilmann, S. (2008). Policy experimentation in China's economic rise. *Studies in Comparative International Development* 43(1), 1-26. <https://doi.org/10.1007/s12116-007-9014-4>.

Hejazi, M., Edmonds, J., Clarke, L., Kyle, P., Davies, E., Chaturvedi, V. et al. (2014). Long-term global water projections using six socioeconomic scenarios in an integrated assessment modeling framework. *Technological Forecasting and Social Change* 81, 205-226. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.05.006>.

Hildén, M., Jordan, A. et Huitema, D. (2017). Special issue on experimentation for climate change solutions editorial: The search for climate change and sustainability solutions – The promise and the pitfalls of experimentation. *Journal of Cleaner Production* 169, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.019>.

Ho, C.S., Matsuoka, Y., Chau, L.W., Teh, B.T., Simson, J.J. et Gomi, K. (2013). Blueprint for the development of low carbon society scenarios for Asian regions: Case study of Iskandar Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 16, 012125. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/16/1/012125>.



- Hooli, L., Jauhainen, J.S. et Lähde, K. (2016). Living labs and knowledge creation in developing countries: Living labs as a tool for socio-economic resilience in Tanzania. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development* 8(1), 61-70. <https://doi.org/10.1080/20421338.2015.1132534>.
- Husain, L. (2017). Policy experimentation and innovation as a response to complexity in China's management of health reforms. *Globalization and Health* 13(54). <https://doi.org/10.1186/s12992-017-0277-x>.
- Iskandar Regional Development Authority (IRDA). (2014). *Green Economy Guideline Manual*. Iskandar Regional Development Authority (IRDA). <http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/learning-resources/action/IRDA%20GEG%20Manual%20-%20Tourism.pdf>.
- Iyer, G.C., Edmonds, J.A., Fawcett, A.A., Hultman, N.E., Alsalam, J., Asrar, G.R. et al. (2015). The contribution of Paris to limit global warming to 2 °C. *Environmental Research Letters* 10(12). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/125002>.
- Jacob, K., Kannen, H. et Niestroy, I. (2014). Nachhaltigkeitsstrategien im internationalen Vergleich. Dans Stiftung, B. (dir.). *Nachhaltigkeitsstrategien erfolgreich entwickeln: Strategien für eine nachhaltige Zukunft in Deutschland, Europa und der Welt*. Gütersloh. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BST/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_Nachhaltigkeitsstrategien_erfolgreich_entwickeln-de_NW.pdf.
- Jacob, K., Wolff, F., Graaf, L. et Heyen, D.A. (2018). *Transformative Umweltpolitik: Ansätze zur Förderung gesellschaftlichen Wandels*. Berlin. https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/impulspapier_Transformative_Umweltpolitik.pdf.
- Jänicke, M. et Rennings, K. (2011). Ecosystem dynamics: The principle of co-evolution and success stories from climate policy. *International Journal of Technology, Policy and Management* 11(3-4), 198-219. <https://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=42084>.
- Johnson, N. (2016). *Costa Rica Modernized without Wrecking the Environment. Here's How*. Grist. <https://grist.org/food/costa-rica-modernized-without-wrecking-the-environment-heres-how/>.
- Kennedy, S. et Spouridis, S. (2011). Rigorous classification and carbon accounting principles for Low and Zero Carbon Cities. *Energy Policy* 39(9), 5259-5268. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.05.038>.
- Kishita, Y., Kuroyama, S., Matsumoto, M., Kojima, M. et Umeda, Y. (2018). Designing future visions of sustainable consumption and production in Southeast Asia. *Procedia CIRP* 69, 66-71. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.350>.
- Lan, J., Ma, Y., Zhu, D., Mangalagu, D. et Thornton, T.F. (2017). Enabling value co-creation in the sharing economy: The case of Mobike. *Sustainability* 9(9). <https://doi.org/10.3390/su9091504>.
- Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N.N. et al. (2017). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet* 391(10119), 462-512. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0).
- Loorbach, D.A. et van Raak, R. (2006). *Strategic Niche Management and Transition Management: Different but Complementary Approaches*. Université Erasme. <https://repub.eur.nl/pub/37247>.
- Maggino, F. (2015). Assessing the subjective wellbeing of nations. Dans Glatzer, W., Camfield, L., Möller, V. et Rojas, M. (dir.). *Global Handbook of Quality of Life: Exploration of Well-Being of Nations and Continents*. Dordrecht: Springer. Chapitre 10, 803-822. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-9178-6_37.
- Markandya, A., Sampedro, J., Smith, S.J., Van Dingenen, R., Pizarro-Irizar, C., Arto, I. et al. (2018). Health co-benefits from air pollution and mitigation costs of the Paris agreement: A modelling study. *The Lancet Planetary Health* 2(3), e126-e133. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30029-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30029-9).
- Marshall, F., Dolley, J. et Priya, R. (2018). Transdisciplinary research as transformative space making for sustainability: Enhancing pro-poor transformative agency in periurban contexts. *Ecology and Society* 23(3), 8. <https://doi.org/10.5751/ES-10249-230308>.
- McFadgen, B. et Huijtema, D. (2018). Experimentation at the interface of science and policy: A multi-case analysis of how policy experiments influence political decision-makers. *Policy Sciences* 51(2), 161-187. <https://doi.org/10.1007/s11077-017-9276-2>.
- Midgley, G. et Lindhult, E. (2017). *What Is Systemic Innovation?* Research Memorandum 99. <https://www.waterstones.com/book/what-is-systemic-innovation/gerald-midgley/enk-lindhult/9781906422363>.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington : Island Press. https://www.millenniumassessment.org/documents/document_356.aspx.pdf.
- Mitchell, R.K., Agle, B.R. et Wood, D.J. (1997). Toward a theory of stakeholder identification and salience: Defining the principle of who and what really counts. *Academy of Management Review* 22(4), 853-886. <https://doi.org/10.1080/014920619979711022105>.
- Moore, M.-L., Olsson, P., Nilsson, W., Rose, L. et Westley, F.R. (2018). Navigating emergence and system reflexivity as key transformative capacities: Experiences from a Global Fellowship program. *Ecology and Society* 23(2), 38. <https://doi.org/10.5751/ES-10166-230238>.
- Moore, M.-L., Riddell, D. et Vocisano, D. (2015). Scaling out, scaling deep: Strategies of non-profits in advancing systemic social innovation. *The Journal of Corporate Citizenship* (58), 67-84. <https://app.dimensions.ai/details/publication/pub.1026396534>.
- Niestroy, I., García Schmidt, A. et Esche, A. (2013). *Bhutan: Paradigm Matters*. Dans Stiftung, B. (dir.). *Winning Strategies for a Sustainable Future: Reinhard Mohn Prize 2013*. Gütersloh : Bertelsmann Foundation. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/31_Nachhaltigkeitsstrategien/Case-Study-Bhutan_Reinhard-Mohn-Prize-2013_20131016.pdf.
- Nilsson, W. et Paddock, T. (2014). Social innovation from the inside out. *Stanford Social Innovation Review*. Winter 2014. https://ssir.org/pdf/Social_Innovation_from_the_Inside_out.pdf.
- Njugunah, M. (2017). List of countries that have banned plastic paper bags. *Capital Business*, Capital Group Limited. <https://www.capitalfm.co.ke/business/2017/08/list-of-countries-that-have-banned-plastic-paper-bags/>.
- Noguer, S.N. et Houllier, S. (2010). *Minding Your Stakeholders' Business: The Key to Sustainability*. Deloitte.
- Ocean Care (2017). *Déchets marins et «Objectifs du développement durable»*. Ocean Care. https://www.oceancare.org/wp-content/uploads/2017/10/Marine_Debris_CMS_fr.pdf.
- Olsson, P., Galaz, V. et Boonstra, W.J. (2014). Sustainability transformations: A resilience perspective. *Ecology and Society* 19(4), 1. <https://doi.org/10.5751/ES-06799-190401>.
- Olsson, P., Gunderson, L.H., Carpenter, S.R., Ryan, P., Lebel, L., Folke, C. et al. (2006). Shooting the rapids: Navigating transitions to adaptive governance of social-ecological systems. *Ecology and Society* 11(1), 18. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art18/>.
- Onyanga-Omara, J. (2013). Plastic bag backlash gains momentum. *BBC News*, British Broadcasting Corporation. <https://www.bbc.com/news/uk-24090603>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2016). *Évaluation des ressources forestières mondiales 2015 : Comment les forêts de la planète changent-elles?* Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/3/a-i4793f.pdf>.
- Organisation mondiale de la Santé (1948). *Constitution de l'Organisation mondiale de la Santé*. Organisation mondiale de la Santé. <https://apps.who.int/gb/bd/PDF/bd47/ER/constitution-fr.pdf>.
- Orsini, F., Kahane, R., Nono-Worndim, R. et Gianquinto, G. (2013). Urban agriculture in the developing world: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33(4), 695-720. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0143-z>.
- Pereira, L., Karpouzoglou, T., Doshi, S. et Frantzeskaki, N. (2015) Organising a safe space for navigating social-ecological transformations to sustainability. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12(6), 6027-6044. <https://doi.org/10.3390/ijerph120606027>.
- Pereira, L.M., McElroy, C.A., Littaye, A. et Girard, A.M. (dir.) (2018). *Food, Energy and Water Sustainability: Emergent Governance Strategies*. Routledge. <https://www.routledge.com/Food-Energy-and-Water-Sustainability-Emergent-Governance-Strategies/Pereira-McElroy-Littaye-Girard/p/book/9781138904095>.
- Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (2018). *Résumé à l'intention des décideurs du rapport sur l'évaluation régionale de la biodiversité et des services écosystémiques pour l'Afrique établi par la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques*. Archer, E., Dziba, L., Mulongoy, K.J., Maelo, M.A., Walters, M., Biggs, R.O. et al. (dir.). Bonn : Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques. <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-30906-ibpes-rapport-afrique.pdf>.
- Porter, M.E. et Kramer, M.R. (2006). Strategy and society: The link between competitive advantage and corporate social responsibility. *Harvard Business Review* 84(12), 78-92. <https://doi.org/10.1108/sd.2007.05623ead.006>.
- Potjer, S., Hajer, M. et Pelzer, P. (2018). *Learning to Experiment: Realising the Potential of the Urban Agenda for the EU*. Utrecht : Urban Futures Studio. <https://www.docdroid.net/99DbF5c/research-urbanfuturesstudio-web-def-1.pdf>.
- Premalatha, M., Tauseef, S.M., Abbasi, T. et Abbasi, S.A. (2013). The promise and the performance of the world's first two zero carbon eco-cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 25, 660-669. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.011>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2018). *Exploring the Potential for Adopting Alternative Materials to Reduce Marine Plastic Litter*. Nairobi: Programme des Nations Unies pour l'environnement. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25485/plastic_alternative.pdf.
- ProjectZero (2016). *35% Less CO₂ in Sonderborg*. <https://stateofgreen.com/en/partners/projectzero/news/35-less-co2-in-sonderborg/>.
- Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R. et Neira, M. (2016). *Preventing Disease through Healthy Environments: A Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks*. Genève : Organisation mondiale de la Santé. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204585/1/9789241565196_eng.pdf.
- Ritzén, S. et Sandström, G.O. (2017). Barriers to the circular economy – Integration of perspectives and domains. *Procedia CIRP* 64, 7-12. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.005>.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E.F. et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>.
- Schäpke, N., Wagner, F., Parodi, O. et Meyer-Soylu, S. (2018). Strengthening the transformative impulse while mainstreaming real-world labs: Lessons learned from three years of BaWi-Labs. *GAI: Ecological Perspectives for Science and Society* 27(2), 262-264. <https://doi.org/10.14512/gai.27.2.19>.
- Scharmer, O. (2007). *Theory U: Leading from the Future as It Emerges*. Berrett-Koehler. <http://www.ottoscharmer.com/publications/executive-summaries>.
- Schmidt-Bleek, F. (2008). Factor 10: The future of stuff. *Sustainability: Science, Practice and Policy* 4(1), 1-4. <https://doi.org/10.1080/15487733.2008.11908009>.
- Shin, K. (2018). Environmental policy innovations in China: A critical analysis from a low-carbon city. *Environmental Politics* 27(5), 830-851. <https://doi.org/10.1080/09644016.2018.1449573>.
- Silva E. (2002). National environmental policies: Costa Rica. Dans Weidner, H. et Jänicke, M. (dir.). *Capacity Building in National Environmental Policy: A Comparative Study of 17 Countries*. Berlin : Springer. 147-175. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-04794-1_7.
- Smith, N.C., Ansett, S. et Erez, L. (2011). *What's at Stake? Stakeholder Engagement Strategy as the Key to Sustainable Growth*. Fontainebleau : INSEAD. <https://sites.insead.edu/facultyresearch/research/doc.cfm?did=47212>.
- Solomon, G.M., Morello-Frosch, R., Zeise, L. et Faust, J.B. (2016). Cumulative environmental impacts: Science and policy to protect communities. *Annual Review of Public Health* 37, 83-96. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032315-021807>.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M. et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223), 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>.
- Straatman, B., Boyd, B., Mangalagu, D., Rathje, P., Eriksen, C., Madsen, B. et al. (2018). A consumption-based, regional input-output analysis of greenhouse gas emissions and the carbon regional index. *International Journal of Environmental Technology and Management* 21(1-2). <https://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=92559>.
- Trucost (2016). *Plastics and Sustainability: A Valuation of Environmental Benefits, Costs and Opportunities for Continuous Improvement*. Trucost. <https://plastics.americanchemistry.com/Plastics-and-Sustainability.pdf>.
- Uremiya, C., Rametsteiner E. et Kraxner, F. (2010). Quantifying the impacts of the quality of governance on deforestation. *Environmental Science & Policy* 13(8), 695-701. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.07.002>.
- Vallentin, D. (2016). *North Rhine-Westphalia's Industry in Transition – Great Achievements, Great Challenges Ahead*. Energy Transition Platform. https://www.stiftung-mercator.de/media/downloads/3_Publikationen/The_Climat_Group_Briefing_Energy_Transition_Platform_November_2016.pdf.
- van Zwaneberg, P., Cremaschi, A., Obaya, M., Marin, A. et Lowenstein, V. (2018). Seeking unconventional alliances and bridging innovations in spaces for transformative change: The seed sector and agricultural sustainability in Argentina. *Ecology and Society* 23(3), 11. <https://doi.org/10.5751/ES-10033-230311>.
- Venugopal, S. et Srivastava, A. (2012). *Glossary of Financing Instruments*. Washington : World Resources Institute. http://pdf.wri.org/glossary_of_financing_instruments.pdf.
- von Weizsäcker, E.U., Hargroves, C., Smith, M.H., Desha, C. et Stasinopoulos, P. (2009). *Factor Five: Transforming the Global Economy through 80% Improvements in Resource Productivity*. Londres: Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/9781136545801>.
- Voytenko, Y., McCormick, K., Evans, J. et Schliwa, G. (2016). Urban living labs for sustainability and low carbon cities in Europe: Towards a research agenda. *Journal of Cleaner Production* 123, 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.053>.



Westley, F., Laban, S., Rose, C., McGowan, K., Robinson, K., Tjörnbo, O. et al. (2012). *Social Innovation Lab Guide*. Waterloo: Waterloo Institute for Social Innovation and Resilience. https://uwaterloo.ca/waterloo-institute-for-social-innovation-and-resilience/sites/ca.waterloo-institute-for-social-innovation-and-resilience/files/uploads/files/10_silabguide_final.pdf.

Westley, F., McGowan, K. et Tjörnbo, O. (dir.) (2017). *The Evolution of Social Innovation: Building Resilience through Transitions*. Cheltenham : Edward Elgar. <https://www.e-elgar.com/shop/usd/the-evolution-of-social-innovation-9781786431141.html>.

Westley, F., Tjörnbo, O., Schultz, L., Olsson, P., Folke, C., Crona, B. et al. (2013). A theory of transformative agency in linked social-ecological systems. *Ecology and Society* 18(3), 27. <https://doi.org/10.5751/ES-05072-180327>.

Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A.G., de Souza Dias, B.F. et al. (2015). Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of The Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health. *The Lancet* 386(10007), 1973-2028. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1).

Wilts, H. (2017). Key challenges for transformations towards a circular economy – The status quo in Germany. *International Journal of Waste Resources* 7(1). <https://www.longdom.org/open-access/key-challenges-for-transformations-towards-a-circular-economy-the-status-quo-in-germany-2252-5211-1000262.pdf>.

Yamanoshita, M.Y. et Amano, M. (2012). Capability development of local communities for project sustainability in afforestation/reforestation clean development mechanism. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 17(4), 425-440. <https://doi.org/10.1007/s11027-011-9334-6>.

Zadek, S. (2004). The path to corporate responsibility. *Harvard Business Review* 82(12), 125-132. https://doi.org/10.1007/978-3-540-70818-6_13.

Zgambo, O. (2018). *Exploring Food System Transformation in the Greater Cape Town Area*. Thèse de doctorat en développement durable, Université de Stellenbosch. http://scholar.sun.ac.za/bitstream/handle/10019.1/103445/zgambo_exploring_2018.pdf.

Zhang, J. (2017). The evolution of China's one-child policy and its effects on family outcomes. *Journal of Economic Perspectives* 31(1), 141-160. <https://doi.org/10.1257/jep.31.1.141>.





PARTIE D

Les lacunes en données et en connaissances à combler



25. Les besoins futurs en données et en connaissances





Chapitre 25



Les besoins futurs en données et en connaissances



	2014	2015	2016	2017
Revenue	1,200	1,300	1,400	1,500
Expenses	(800)	(850)	(900)	(950)
Profit	400	450	500	550



Auteurs coordonnateurs : Florence Daguitan (Tebteba, Indigenous Peoples' International Centre for Policy Research and Education), Charles Mwangi (GLOBE Programme) et Michelle Tan (ADEC Innovations)

Auteurs principaux : Graeme Clark (Université de Nouvelle-Galles du Sud), Daniel Cooper (université d'Oxford), James Donovan (ADEC Innovations), Sheryl Gutierrez (ADEC Innovations), Nina Kruglikova (université d'Oxford), Pali Lehohla (Pan African Institute for Evidence), Joni Seager (université Bentley) et William Sonntag (Secrétariat du Groupe sur l'observation de la Terre)

Membre honoraire de GEO : Amit Patel (Planned Systems International, Inc.)



Synthèse

La science participative offre des moyens inédits d'impliquer le public dans la collecte et l'analyse de vastes quantités de données environnementales (*bien établi*). La possibilité de mobiliser des équipes d'observateurs éparpillées dans le monde, combinée à l'usage de nouvelles technologies telles que les capteurs intelligents, la téléphonie mobile, Internet et les capacités de calcul, ouvre de nouvelles perspectives à la participation du public et à la recherche sur les questions environnementales. Les progrès technologiques permettent donc de collecter de grands volumes de données, mais aussi d'en améliorer la qualité et l'exactitude. La science participative offre la possibilité d'accroître la fréquence de production des données malgré la dispersion des sources, de combler des lacunes criantes en matière de connaissances et les déficits de moyens financiers, tout en représentant un moyen d'éduquer le public sur les questions de politique environnementale et de mettre à profit les savoirs traditionnels locaux. {25.2.1}

Les mégadonnées constituent une ressource émergente parmi les plus précieuses au monde ; elles reconfigurent l'évaluation environnementale aux échelles mondiale, nationale et locale (*bien établi*). Les techniques de traitement conventionnelles ne peuvent ni traiter le volume des mégadonnées ni en gérer les flux, la diversité ou l'exactitude. Il faut créer d'autres algorithmes, méthodes de programmation et statistiques pour extraire des informations et tirer des conclusions fondées sur des données probantes. Si l'on arrive à exploiter et à interroger efficacement les mégadonnées, les connaissances environnementales n'en seront que plus avancées. {25.2.2}

Des gouvernements, des organisations, le milieu universitaire et le secteur privé ont mis en place des initiatives visant à exploiter le potentiel des mégadonnées aux fins de la durabilité et du développement (*bien établi*). Au nombre des initiatives en cours figurent la création des laboratoires d'études pilotes sur les mégadonnées de l'initiative Global Pulse des Nations Unies, la formation du Groupe de travail mondial des Nations Unies sur l'utilisation des mégadonnées en statistique officielle, pour assurer le suivi des objectifs de développement durable (ODD), et la mise à disposition de sites référentiels et de sources de données ouvertes émanant d'organisations multilatérales, de centres de recherche et de collaborations gouvernementales. Les mégadonnées générées par les technologies de cartographie Web et géospatiales, la télédétection et la visualisation statistique sont à la base de l'évaluation environnementale. {25.2.2}

Les principaux défis liés à l'exploitation des mégadonnées dans les évaluations environnementales ont trait à l'accessibilité des données, à leur qualité, à la variabilité de l'échelle et du contexte et aux séries chronologiques incomplètes (*bien établi*). Malgré les efforts déployés pour produire des mégadonnées acceptables et disponibles à l'échelle mondiale, les capacités sont limitées par le manque de ressources et les contraintes financières, en particulier dans les pays en développement. Une grande partie des mégadonnées en temps réel sont contrôlées et détenues par le secteur privé, bien que de nombreux produits de données soient mis gratuitement à la disposition du public en vertu du concept de la « philanthropie des données ». Les recommandations en vue de la mise en place d'un système holistique pour les mégadonnées comprennent l'établissement d'un leadership et d'une gouvernance des données, la collaboration entre les pouvoirs publics, les institutions et le secteur privé, et l'institutionnalisation de cadres juridiques comportant des dispositifs de sauvegarde relatifs à l'information. {25.2.2}

Le renforcement de la capacité à recueillir, interpréter et utiliser les données pour rationaliser la planification, l'élaboration des politiques, la gestion et l'évaluation pourrait offrir aux pays une vision d'ensemble des impacts environnementaux (*bien établi*). Les gouvernements et la société doivent s'adapter au caractère évolutif des données, notamment en s'appuyant sur l'intelligence artificielle pour gérer les questions environnementales. Pour suivre de près cette évolution du paysage des données, il faut acquérir de nouvelles compétences en technologies de l'information et adopter une approche globale en matière d'utilisation des données et des outils de connaissances existants et nouveaux. {25.3}

Les savoirs traditionnels détenus par les peuples autochtones et les communautés locales sont de plus en plus considérés comme une ressource précieuse pour l'évaluation environnementale et le développement durable (*bien établi*). Cette valorisation est attestée par la multiplication des discussions et des études sur les savoirs traditionnels et par la prise en compte de ces savoirs dans les accords stratégiques mondiaux. D'après ce qu'indique la recherche, le meilleur compromis pour relever les défis actuels et futurs tels que le changement climatique consiste à associer les approches scientifiques (et technologies modernes) aux savoirs traditionnels. La coopération entre les communautés et les systèmes de savoirs locaux et mondiaux s'est avérée fructueuse pour la santé des individus et de la planète, mais il reste encore un certain nombre de défis à surmonter. {25.2.3}



25.1 Introduction

Le présent chapitre traite des nouveaux domaines de l'information et de la statistique sur l'environnement, notamment la science participative, les mégadonnées et les savoirs traditionnels. Il vise à résumer les carences et les perspectives d'amélioration de la base de connaissances sur l'environnement.

Le paysage mondial change, la technologie progresse et de plus en plus de données sont disponibles. Ces nouvelles sources de données ne remplaceront pas les modes de collecte de données traditionnels, mais elles ouvrent de nouvelles voies pour la surveillance et l'évaluation de l'environnement. Dans le présent chapitre, nous analysons ces modes de collecte de données émergents et proposons une projection de l'avenir de la surveillance et de l'évaluation de l'environnement.

25.2 Les nouveaux outils d'évaluation environnementale

La science participative, les mégadonnées et les savoirs traditionnels ne sont pas en soi de nouvelles sources d'information. La nouveauté tient à leur utilisation régulière et systématique dans les évaluations environnementales. La présente section met en évidence certaines expériences actuelles et la nécessité d'exploiter ces sources d'informations novatrices pour combler les déficits de données.

25.2.1 La science participative

La science participative implique la participation de citoyens bénévoles aux projets scientifiques et à la recherche. La participation de bénévoles à la collecte de données est monnaie courante, mais les citoyens peuvent également contribuer à la formulation des questions, à la conception des projets, à la diffusion des résultats et à l'interprétation des données (Blaney *et al.*, 2016). Le mariage de la science participative avec les technologies émergentes offre des possibilités sans précédent pour la recherche et la sensibilisation du public aux questions environnementales (Newman *et al.*, 2012, p. 298).

La possibilité de déployer une équipe renforcée d'observateurs répartis dans diverses régions du monde ouvre des perspectives pour la collecte et l'analyse de données à des échelles spatiales et temporelles inédites. Les projets de science participative ont le potentiel de recueillir un grand volume de données scientifiques, mais cela ne s'avère utile que si les données collectées sont effectivement exploitées (Dickinson, Zuckerberg et Bonter, 2010 ; Kim *et al.*, 2011 ; Dickinson *et al.*, 2012).

La science participative présente de nombreux avantages, le principal étant la possibilité de collecter des données sur un vaste espace et sur de longues périodes à faible coût. Au nombre des autres atouts figurent la création d'emplois, l'alphabetisation scientifique des citoyens, l'implication de ces derniers dans les questions locales et environnementales, le rapport coût-efficacité pour les pouvoirs publics et les bienfaits pour l'environnement grâce à une stratégie de suivi. La science participative permet également de faire connaître au public l'expertise des scientifiques tout en ouvrant les chercheurs aux connaissances et à l'expertise autochtones apportées par les communautés locales (Conrad et Hilchey, 2011 ; Blaney *et al.*, 2016). La **figure 25.1** présente les principaux avantages de la science participative.

Les domaines de l'astronomie et de l'ornithologie sont pionniers en matière de science participative. En 1900, Frank Chapman, ornithologue de l'American Museum of Nature, a lancé le projet du Recensement des oiseaux de Noël. Ce projet a pu être pérennisé grâce à l'enthousiasme des scientifiques citoyens ; il évolue actuellement sous la houlette de la National Audubon Society (Dickinson, Zuckerberg et Bonter, 2010). Depuis lors, de nombreux projets de science participative couvrant différents domaines d'intérêt ont vu le jour à l'échelle locale, régionale et mondiale.

Les projets de science participative récemment lancés englobent un large éventail d'initiatives, allant de l'élaboration collaborative de connaissances (par exemple, Wikipédia, OpenStreetMap) aux initiatives informatiques bénévoles (par exemple, CitizenGrid, climateprediction.net), en passant par la taxonomie (par exemple, Galaxy Zoo, eyewire) et la collecte communautaire d'observations (par exemple, les recensements d'oiseaux, l'utilisation de capteurs d'air) (Mathieu *et al.*, 2016).

Plusieurs questions d'intérêt environnemental qui transcendent les frontières nationales, telles que la pollution et la migration des oiseaux, ont accru la participation de scientifiques citoyens au suivi de ces enjeux préoccupants. Parmi les projets les plus novateurs, citons l'outil reCAPTCHA de Google, qui facilite la numérisation de livres et de millions d'articles en transformant des mots illisibles par un ordinateur en codes CAPTCHA déchiffrables par les humains (Conrad et Hilchey, 2011 ; Google, 2018).

Deux approches principales ont cours dans l'organisation des projets de science participative : l'approche descendante et l'approche ascendante. Ces approches s'apparentent aux concepts présentés au chapitre 10 sur l'évaluation de l'efficacité des politiques.

Figure 25.1 : Quelques avantages de la science participative



Citoyens

- Réduire des compétences d'observation et d'analyse
- Mieux comprendre le monde naturel
- Élargir les perspectives d'emploi
- Renforcer les compétences



Gouvernements

- Réduire le coût de la collecte des données
- Élargir la couverture spatiale et temporelle des données
- Promouvoir l'intendance environnementale



Communautés

- Surveiller la santé de l'environnement
- Multiplier les interactions de la communauté
- Promouvoir l'intendance environnementale



Scientifiques et chercheurs

- Réduire la charge de travail grâce au grand nombre de participants
- Établir des liens avec la communauté
- Former le public à la recherche



L'approche descendante est principalement incarnée par des scientifiques qui forment des bénévoles aux procédures et aux travaux de recherche à entreprendre. Dans ce contexte, le rôle des bénévoles se limite généralement à la collecte de données. L'approche ascendante, elle, est pilotée par la communauté. Le plus souvent, elle est motivée par la nécessité, pour la communauté, d'éclaircir une question ou de recueillir des données probantes y afférentes. La communauté peut alors solliciter le soutien des scientifiques pour l'orienter tout au long du processus (Roelfsema *et al.*, 2016 ; Shirk *et al.*, 2012).

Le niveau d'engagement, de compétence et de connaissance nécessaire aux bénévoles pour participer à un projet de science participative varie selon le champ de la recherche. Certains projets n'exigent que des connaissances de base sur la collecte de données, nécessitant tout au plus une formation basique des bénévoles, tandis que d'autres projets exigent une formation intensive (Haklay, 2013 ; Shirk *et al.*, 2012). La **figure 25.2** illustre les divers niveaux d'implication des bénévoles dans les projets de science participative.

Les scientifiques citoyens peuvent faire émerger des données critiques sur notre environnement que les spécialistes mettraient des années à découvrir par eux-mêmes. L'infographie de la **figure 25.3** met en avant un exemple où la surveillance des cours d'eau nécessite l'implication des acteurs de la science participative et où les données et les résultats collectés servent à préserver les services écosystémiques et le bien-être humain (Pottinger, 2012). Cette figure illustre également la procédure étape par étape en vue de la réalisation d'activités scientifiques participatives. Il est

possible de reproduire cette procédure de collecte et d'analyse des données à l'échelle de l'ensemble des forces motrices (chapitre 2) et des différents thèmes environnementaux (chapitres 5 à 9).

Les tendances de la science participative

La révolution technologique s'est accompagnée de nouvelles modalités de collecte, d'archivage, d'analyse et de transmission des données. L'émergence de l'Internet des objets (IdO), celle des capteurs intelligents miniaturisés dotés de fonctions de géolocalisation, la facilité d'accès à Internet et aux données, ainsi que le potentiel de stockage et de calcul offert par l'informatique en nuage ont élargi le champ des possibles et les perspectives de collecte et d'analyse des données. Ces progrès technologiques rapides, conjugués à une exposition et une sensibilisation accrues du public, ont entraîné un formidable essor des projets fondés sur la science participative (Mathieu *et al.*, 2016).

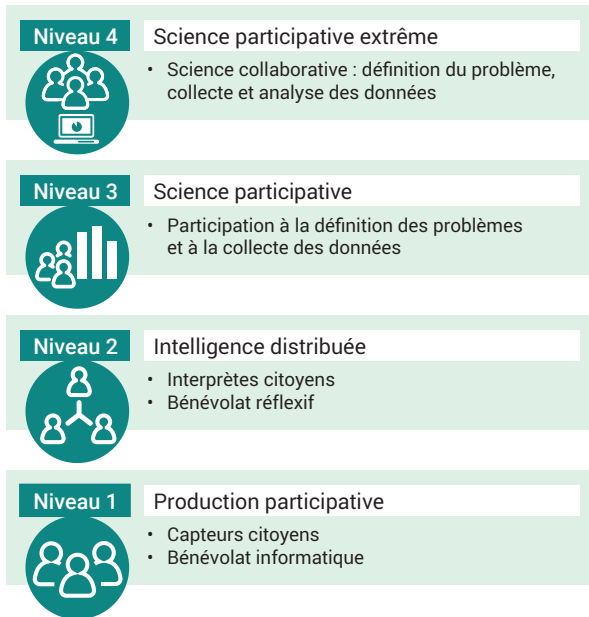
La disponibilité d'applications Web compatibles avec Internet et les systèmes d'information géographique (SIG) a permis aux scientifiques citoyens de recueillir de grandes quantités de données géoréférencées et de les transmettre électroniquement à des bases de données centralisées. On trouve un exemple d'un tel système dans le Programme mondial d'apprentissage et d'observation au profit de l'environnement (ou Programme GLOBE), qui invite les élèves à recueillir des données environnementales et à les consigner dans la base de données du programme GLOBE (Dickinson *et al.*, 2012 ; GLOBE, 2018).

La démocratisation de l'usage des smartphones, la possibilité de valider les observations à l'aide de photos numériques et la capacité de créer des systèmes simples de saisie de données en ligne sont en voie de révolutionner la mise sur pied de projets de science participative tout en garantissant l'exactitude des données à un coût minime. Il est désormais possible de créer des applications pour téléphone mobile permettant de recueillir différents types d'ensembles de données et de les géolocaliser automatiquement grâce au récepteur GPS équipant la plupart des téléphones (Dickinson, Zuckerberg et Bonter, 2010 ; Dickinson *et al.*, 2012).

Les scientifiques font de plus en plus souvent appel à des scientifiques citoyens pour recueillir des données géoréférencées *in situ* pouvant servir à appuyer l'étalonnage et la validation des produits de données satellitaires d'observation de la Terre. Des scientifiques citoyens participent également à l'interprétation et à la numérisation des ensembles de données d'observation de la Terre (Mathieu *et al.*, 2016 ; See *et al.*, 2016). Le site Tomnod illustre le recours à la production participative et aux scientifiques citoyens pour identifier des objets et des lieux sur des images satellites. À l'aide de l'imagerie satellite, Tomnod a contribué aux missions de repérage de l'avion MH370 de Malaysian Airlines, disparu en mer. Environ 2,3 millions d'internautes ont soumis 18 millions de balises GPS pour plus de 745 000 images satellites – un exemple révélateur du potentiel de la science participative (Mazumdar *et al.*, 2017).

On trouve un autre exemple du recours à des scientifiques citoyens pour valider des données satellitaires dans le cadre du partenariat entre la mission satellitaire Global Precipitation Measurement (Mesure des précipitations mondiales – GPM) de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) et GLOBE. Ce programme d'éducation environnementale (primaire et secondaire) invite les écoliers du monde entier à recueillir des données sur les

Figure 25.2 : Niveaux de participation des citoyens scientifiques



Source : Haklay (2013).



Figure 25.3 : Exemple révélateur du caractère pertinent et reproductible de la science participative

Étude de cas : Pourquoi nos cours d'eau ont besoin d'un mouvement de science participative

La plupart de nos décisions sont fondées sur des données ou des renseignements incomplets ou inadéquats – en l'absence de scientifiques professionnels pour combler ces lacunes, l'intervention de scientifiques citoyens peut aider à mettre au jour des informations et des résultats d'importance. Cette étude porte sur des cas où des scientifiques citoyens ont comblé cette lacune.

DES SCIENTIFIQUES TROP PEU NOMBREUX POUR L'AMPLEUR DE LA TÂCHE

- Les scientifiques manquent à l'appel pour pouvoir assumer à eux seuls l'ensemble des travaux de recherche nécessaires.
- Des bénévoles de l'État américain de l'Oregon aident des scientifiques à effectuer des relevés sur 235 km de cours d'eau en localisant et en dénombrant les spécimens d'espèces de saumons et de truites indigènes, et en aidant à restaurer l'habitat.
- Les centaines de bénévoles de The Nature Conservancy qui relèvent chaque année la quantité de terres désertiques arrosées par le fleuve San Pedro couvrent plus de 400 km.

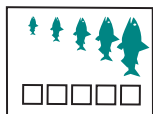


1 cours d'eau sur 10 se jette dans la mer

8 personnes sur 10 vivent de ressources fluviales

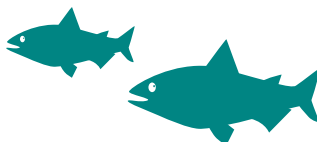


Des barrages sont construits sur les deux tiers des grands fleuves de la Terre



PRENONS SOIN DE NOS RIVIÈRES

- Des bénévoles de la Mystic River Watershed Association, dans l'est des États-Unis, avec l'appui de scientifiques, prélèvent chaque mois des échantillons sur 15 sites le long de la rivière pour surveiller la qualité de l'eau.
- Le plaidoyer formulé à partir de leurs résultats a contribué à améliorer la salubrité de la rivière et permis aux résidents de s'impliquer dans leur environnement naturel par le biais de la science pratique.



PERCER LES MYSTÈRES D'UN COURS D'EAU

- Les scientifiques citoyens peuvent combler les carences concernant les données de référence essentielles sur l'état général d'un cours d'eau ou les espèces qu'il abrite.
- Le fleuve Mékong, en Asie du Sud-Est, abrite plusieurs espèces de poissons géants dont on ne sait que peu de choses. On manque d'information sur leurs lieux de frai, les signes annonciateurs de la ponte, leur population estimative ou encore l'étendue du territoire qu'ils occupent au cours de leur cycle de vie.
- Un guide détaillé sur les études citoyennes du fleuve Mékong illustre les moyens de combler ces lacunes.

NOTRE IGNORANCE PEUT NOUS ÊTRE PRÉJUDICIABLE

- Les scientifiques citoyens peuvent documenter les données de base sur un système fluvial, ainsi que l'évolution de son débit, de sa charge sédimentaire, des espèces qui y vivent et de la qualité de l'eau.
- En Chine, où le projet de diversion d'eau Sud-Nord devait avoir des impacts considérables sur de nombreuses voies d'eau stratégiques, des volontaires ont été recrutés pour une évaluation sur quatre ans des cours d'eau dans l'ouest du pays (10 000 km).



GUIDE ÉTAPE PAR ÉTAPE POUR UNE SCIENCE PARTICIPATIVE – ÉTUDE DE CAS : COMMENT LES RÉSIDENTS DE VILLAGES DE PÊCHE DOCUMENTENT LES RICHESSES NATURELLES DU MÉKONG



IDENTIFIEZ LES QUESTIONS AUXQUELLES VOUS SOUHAITEZ RÉPONDRE

- En 1994, la Thaïlande a construit le barrage de Pak Mun sur le principal affluent du Mékong, détruisant les pêcheries locales et portant préjudice aux communautés riveraines.
- L'information sur les pêcheries locales était lacunaire.
- En 2001, le Gouvernement thaïlandais a ouvert les vannes du barrage pour étudier ses impacts sur la pêche pendant un an.



FORMEZ UNE ÉQUIPE DE RECHERCHE

- Le Réseau des fleuves du Sud-Est asiatique (SEARIN) et l'Assemblée des pauvres ont fait équipe pour surveiller les changements causés par le barrage.
- Leur méthode novatrice de recherche en science participative, appelée Thai Bahn (Villageois thaïlandais), s'appuyait sur les pêcheurs locaux pour recueillir des données.



ÉLABOREZ UN PLAN D'ACTION

- Les méthodes, les domaines d'étude et la composition de l'équipe de recherche ont tous été déterminés par les villageois.
- SEARIN a aidé les villageois à élaborer un plan d'action, à rédiger leurs conclusions et à accroître la sensibilisation internationale.



DOCUMENTEZ VOS RÉSULTATS

- Les débits naturels enregistrés pendant la période pilote d'un an ont permis à la population de reprendre son mode de vie traditionnel et atténué les conflits relatifs aux ressources entre les communautés riveraines.
- Des espèces de poissons locales qui n'avaient pas été aperçues depuis huit ans ont refait leur apparition ; les chercheurs ont constaté que 156 espèces de poissons en tout étaient revenues dans la rivière Mun.



ANALYSEZ VOS DONNÉES

- SEARIN a contribué à la mise au point d'un rapport bilingue recensant les conclusions de l'équipe.
- Ce rapport est considéré comme l'une des documentations les plus complètes sur les pêcheries du Mékong portant sur cette zone.



PARTAGEZ VOS CONCLUSIONS ET METTEZ-LES À PROFIT POUR AGIR

- Grâce à cette initiative scientifique participative, les villageois ont réussi à obtenir du Gouvernement thaïlandais qu'il ouvre les vannes du barrage quatre mois par an pour permettre la migration des poissons.
- Les gouvernements ultérieurs n'ont pas mis en œuvre cet accord.
- Le projet a été le prélude à de nombreux autres projets de science participative visant à protéger les rivières de la région.

Source : Herbertson (2012).



précipitations à l'aide d'un pluviomètre, comme l'illustre la **figure 25.4**. La NASA utilise ces données ainsi que celles provenant d'autres sources pour étalonner et valider les données de la GPM (NASA, 2018).

Figure 25.4 : Des élèves de l'école catholique St. Scholastica de Nairobi qui participent au programme GLOBE recueillent et enregistrent la quantité de précipitations pour la campagne de terrain de la mission satellite GPM



Source : © Programme GLOBE (Kenya).

Selon les prédictions, les équipements automatisés et autonomes tels que les drones, les capteurs télécommandés, les véhicules sous-marins autonomes et les planeurs sous-marins joueront un rôle croissant dans la science participative. Ces systèmes autonomes peuvent être une source primaire de données ou compléter les données recueillies *in situ*, fournir des données à haute résolution en temps quasi réel, être déployés selon les besoins et, souvent, accéder à des zones reculées ou situées dans un environnement extrême, notamment dans le cadre de l'observation de milieux marins. De plus, ils sont moins onéreux que les satellites et offrent donc de nouvelles sources crédibles de données d'observation de la Terre (Macauley et Brennan, 2016 ; Garcia-Soto, 2017).

La science participative, ainsi que d'autres sources de données, contribue à la collecte de mégadonnées – autrement dit, de volumes considérables de données à traiter. Plusieurs approches ont été explorées pour favoriser la participation des très nombreux scientifiques citoyens à l'analyse de ces vastes ensembles de données, l'une d'entre elles étant le développement de systèmes ludiques (gamification). La participation des citoyens à ces jeux contribue à accélérer l'analyse des données et, partant, les progrès scientifiques (Van Vliet et Moore, 2016 ; Spitz et al., 2017 ; McCallum et al., 2018).

Cropland Capture est un exemple de gamification. Cette version ludique du projet GeoWiki a mobilisé des scientifiques citoyens dans le cadre de recherches sur la couverture terrestre à l'échelle mondiale ; les chercheurs ont ainsi bénéficié de leur aide pour identifier des terres agricoles aux quatre coins de la planète. Ce jeu a permis de collecter quatre millions d'emplacements auprès de plus de 3 000 participants qui ont déterminé la présence ou l'absence de terres cultivées sur des images (See et al., 2013).

Le **tableau 25.1** présente quelques projets mondiaux et régionaux consacrés à la science participative.

La science participative ne devrait pas se limiter à l'engagement de bénévoles pour la collecte et la compilation de données scientifiques, comme l'illustre la **figure 25.5**. La science participative peut servir à sensibiliser et à impliquer

Tableau 25.1 : Quelques projets et sites Web de science participative

Programme	Région	Description	Site Internet
Environment Live du PNUÉ	Monde	Plateforme d'accès libre aux données mondiales, régionales et nationales sur l'environnement de l'ONU.	https://environmentlive.unep.org
SciStarter	Monde	Agrégation d'informations, de vidéos et de blogs dans les projets de science participative.	www.scistarter.com
Data Observation Network for Earth	Monde	Cadre pour l'accès aux données émanant de sources multiples (y compris la science participative).	www.dataone.org
CitSci.org	Monde	Trousse d'outils éclairant les scientifiques citoyens sur l'ensemble du processus de recherche : processus de lancement d'un projet de recherche, gestion du processus de collecte et d'analyse des données, etc.	www.citsci.org
iSpot	Monde	Site Web visant à aider les particuliers à identifier les êtres vivants en mettant en relation des scientifiques citoyens et des experts en identification d'espèces.	www.ispotnature.org
eBird	Monde	Base de données en ligne pour l'observation des oiseaux recensant en temps réel sur la répartition et l'abondance des populations.	www.ebird.org

Figure 25.5 : Collecte de données sur l'environnement par des scientifiques citoyens



Source : © Programme GLOBE (Kenya).

les populations autour des questions liées à leur environnement naturel ; il s'agit de mieux comprendre leurs attentes et de les guider pour qu'elles s'autonomisent, tout en mettant en évidence la nécessité de maintenir et de conserver nos écosystèmes, face aux pressions croissantes qui s'exercent sur l'environnement (Roelfsema *et al.*, 2016).

Les défis de la science participative

Les défis de la science participative s'articulent autour de trois enjeux principaux : l'organisation, la collecte des données et l'utilisation des données. Sur le plan organisationnel, les défis consistent à mettre en place un processus de recrutement des bénévoles, à les encourager à participer, notamment par des mesures incitatives, et à pérenniser l'initiative ainsi que son financement. En ce qui concerne la collecte des données, les questions à résoudre portent, entre autres, sur la fragmentation, la représentativité et la qualité des données (notamment face aux risques de falsification délibérée de la part de certains collecteurs de données), et sur le manque de métadonnées essentielles. Les principaux défis associés à l'utilisation des données sont les différences de protocoles et de normes, les questions juridiques, les préoccupations relatives à la confidentialité des données et la question de la mise en libre accès (Conrad et Hilchey, 2011 ; Hochachka *et al.*, 2012 ; Rotman *et al.*, 2012 ; See *et al.*, 2016).

Certains malentendus et le manque de connaissances ou de compétences techniques pour traiter ces données soulèvent des préoccupations touchant la crédibilité, la comparabilité, l'exhaustivité et la carence de métadonnées, ainsi que les

problèmes d'accès et de partage. Cet état de fait conduit certains acteurs politiques ou décideurs à délaisser ces données. Dans la plupart des cas, c'est davantage la qualité perçue (comme insuffisante) des données que leur qualité (et adéquation) réelle qui influence sur la valeur et l'utilisation des données issues de la science participative (Université de l'Ouest de l'Angleterre – Unité de communication scientifique, 2013 ; Storksdieck *et al.*, 2016).

Les principaux atouts de la science participative se résument comme suit :

- i) l'exploitation des savoirs autochtones ;
- ii) la mise à disposition sans délai de données émanant de sources dispersées ;
- iii) la capacité de combler d'importants déficits de connaissances et de financement ;
- iv) la capacité d'éclairer le public sur les questions de politique environnementale ;
- v) le renforcement de la démocratie participative.

Pour que la science participative soit largement acceptée, il est nécessaire de bien former et soutenir les coordonnateurs de projets et les utilisateurs des données générées. Grâce à une conception méthodique des projets de science participative et à l'application de méthodes appropriées d'assurance-qualité, comme l'illustre la **figure 25.3**, les efforts déployés par les scientifiques citoyens ne resteront pas vains (université de l'Ouest de l'Angleterre – Unité de communication scientifique, 2013 ; Storksdieck *et al.*, 2016).





Certaines initiatives en cours, telles que le cadre du modèle des données de base pour la participation du public à la recherche scientifique (PPRS), illustré à la **figure 25.6**, établissent des normes relatives aux données et aux métadonnées afin de faciliter la collaboration internationale et d'améliorer la normalisation, l'interopérabilité, l'intégration, l'accessibilité et la diffusion des données de la science participative (Bowser et al., 2017). Celle-ci est à même de fournir des données crédibles pour combler les lacunes relevées au chapitre 3 et pour assurer le suivi des indicateurs environnementaux des ODD.

25.2.2 Les mégadonnées et l'analyse de données

On peut définir les mégadonnées comme un « ensemble de données dont la taille dépasse la capacité de saisie, de stockage, de gestion et d'analyse des outils logiciels habituels » (Manyika et al., 2011).

Les données constituent l'une des ressources les plus précieuses au monde, en ceci qu'elles redessinent les contours de l'évaluation environnementale à l'échelle internationale, nationale et locale (*The Economist*, 2017). En 2011, 1,8 zettaoctet (1,8 billion de gigaoctets) de données ont été générées (International Data Corporation [IDC], 2012), et la quantité totale de données devrait atteindre 40 zettaoctets à l'horizon 2020 (Dell EMC et IDC, 2014). Avec cet influx, les applications de traitement conventionnelles seront incapables de faire face à la quantité de données provenant de sources multiples. Les mégadonnées sont caractérisées par les quatre V : volume de stockage, vitesse à laquelle elles sont générées et transmises, variété (complexité des types de données non structurées) et véricité (degré de certitude des sources de données) (**figure 25.7**). Un cinquième V (valeur) est obtenu par l'application de l'analyse des données (International Business Machines [IBM], 2017).

L'analyse scientifique des données permet d'effectuer des modélisations à partir d'ensembles de données complexes et d'établir des corrélations (par exemple, entre la pollution chimique et des sites identifiés sur des photos aériennes) au moyen d'algorithmes, de la programmation et de méthodes mécaniques et statistiques, afin de tirer des conclusions étayées par des données et d'obtenir des renseignements éclairant la prise de décision (Monnappa, 2017). Parmi les exemples d'idées tirées de l'analyse des mégadonnées, citons divers projets de l'initiative Global Pulse des Nations Unies :

- i) les dynamiques urbaines établies à partir de données mobiles afin d'améliorer les transports à São Paulo et à Abidjan ;
- ii) l'élaboration de campagnes basées sur une enquête concernant les perceptions du VIH sur les médias sociaux ;
- iii) un plan de localisation des services de soutien basé sur l'épidémiologie spatiale de la dengue (Kirkpatrick, 2016).

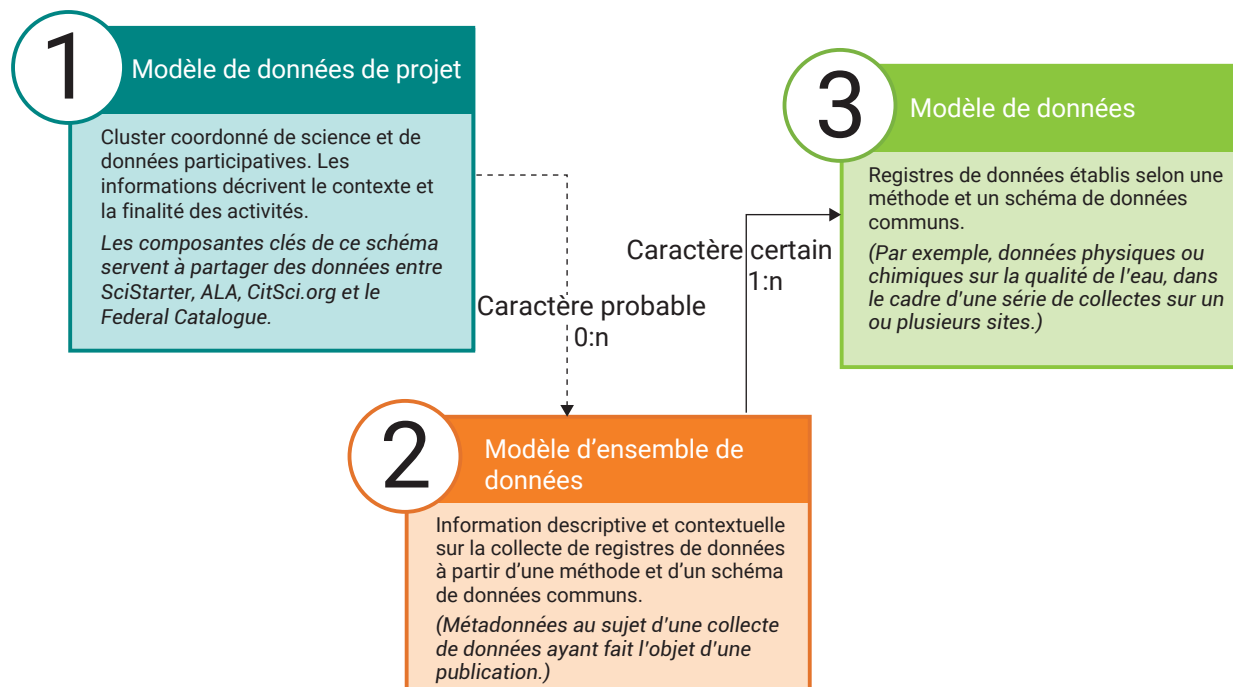
Les tendances et initiatives actuelles dans le domaine des mégadonnées

Les États membres de l'ONU, en partenariat avec les milieux universitaires et de la recherche, les organisations non gouvernementales et le secteur privé, s'intéressent aux innovations et aux pistes permettant d'exploiter au mieux le potentiel des mégadonnées en faveur de la durabilité et du développement.

L'innovation au service du bien public

L'initiative Global Pulse des Nations Unies a été lancée en 2009 dans le but de mettre progressivement en place un réseau mondial de laboratoires d'innovation pour recueillir des données numériques à des fins d'aide à la prise de décision (ONU, 2018a). Les laboratoires d'innovation poursuivent le perfectionnement des machines et continuent de mener des études pilotes sur l'extensibilité de la saisie et de l'analyse de mégadonnées pour le développement durable – le **tableau 25.2** en présente quelques exemples.

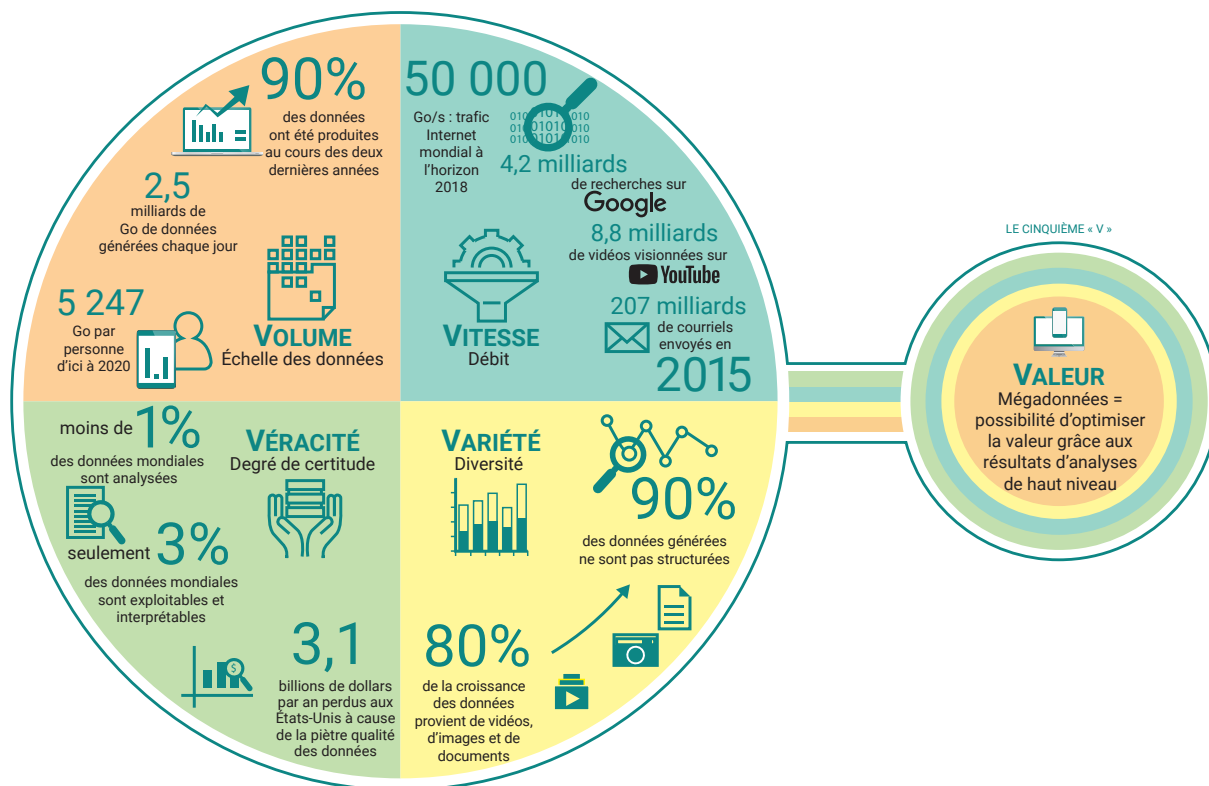
Figure 25.6 : Cadre du modèle des données de base de la PPRS



Source : Bowser et al. (2017).



Figure 25.7 : Les caractéristiques des mégadonnées et le rôle de l'analyse



Source : Réadaptation d'une infographie d'IBM (2017) à partir de données de la Banque mondiale (2016a) ; IDC (2012) ; Harvard Business Review (2016).

Tableau 25.2 : Recherche et études des laboratoires de l'initiative Global Pulse

Partenaire de l'initiative Global Pulse de l'ONU	Description du projet	Connaissances et résultats
Université de Stellenbosch Pulse Lab Kampala (2017)	Analyse du contenu des émissions radiophoniques, prototype de logiciel de transcription audio en texte qui convertit le contenu des émissions de la radio publique en textes catégorisés.	Domaines d'intérêt relatifs aux ODD et au développement qui peuvent faire l'objet de recherches.
Haut-Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés (HCR) Vacarelu (2017)	Comprendre le déplacement forcé des réfugiés européens à partir des données de Twitter.	Système de surveillance en temps réel des médias sociaux pertinent pour les actions humanitaires.
Programme alimentaire mondial Webb et Usher (2017)	Déterminer l'ampleur de la sécheresse en Indonésie, son impact sur les prix des denrées alimentaires et la résilience des zones touchées, à l'aide d'une plateforme de surveillance de la vulnérabilité. Source : Billets de blogs sur la plateforme de l'initiative Global Pulse (ONU, 2018b).	Plateforme d'information en temps réel en appui aux populations touchées par le changement climatique.
HCR Hoffman (2017)	Obtenir des informations sur les schémas de déplacement de la Libye vers l'Italie et Malte et sur l'ampleur des opérations de sauvetage, à l'aide des données des navires.	Révéler les modèles d'activités de sauvetage, la capacité des navires de sauvetage et les mécanismes de signaux de détresse. Optimiser les opérations de sauvetage par l'étude des schémas de migration en Méditerranée.

Source : Billets de blogs sur la plateforme de l'initiative Global Pulse (ONU, 2018b).

Consciente de l'importance des mégadonnées pour les statistiques officielles, la Commission de statistique des Nations Unies (CSNU) a mis sur pied un groupe de travail mondial sur l'utilisation des mégadonnées en 2014, afin d'exploiter leur potentiel dans le suivi des ODD. Des collaborations, des travaux de recherche et des projets divers portant sur la qualité, la collecte, l'accessibilité, la

gestion et la faisabilité des mégadonnées ont été développés au fil des années. Il s'agit notamment d'équipes spéciales qui évaluent la pertinence de grands volumes d'informations provenant des téléphones mobiles, de l'imagerie satellitaire, des médias sociaux, des plateformes virtuelles et des applications technologiques (ONU, 2018c).



Parmi les autres initiatives de l'ONU, on peut citer la plateforme Environment Live (voir le **tableau 25.1**) qui, tout en constituant un référentiel pour la science participative, dispose de données provenant de séries statistiques et géospatiales nationales, régionales et mondiales officielles sur différents domaines thématiques (eau douce, forêts, climat, etc.). On en trouve un autre exemple dans l'ontologie concernant les objectifs de développement durable (Sustainable Development Goals Interface Ontology, SDGIO), développée par le PNUÉ pour appréhender les liens entre les différents ODD au moyen d'une taxonomie et d'un cadre sémantique harmonisés, aux fins du suivi des ODD (Jensen, 2017).

La collaboration en matière de données

Des gouvernements, des entreprises technologiques de pointe, des innovateurs, des universitaires, des instituts de recherche et des organisations non gouvernementales se réunissent pour comprendre les défis que posent les mégadonnées et pour chercher des solutions de développement par l'apprentissage collaboratif. Le Groupe de travail mondial de la CSNU estime qu'une approche multidimensionnelle de la collecte de données, conduisant à la diffusion d'informations fiables en temps voulu, peut être encouragée par des partenariats étroits entre les secteurs privé et public, y compris avec la société civile (ONU, 2018c). Ces dialogues ouvrent la voie à la création conjointe d'autres pôles d'innovation favorisant le renforcement des capacités et le transfert de compétences des pays aguerris en matière de mégadonnées vers les pays novices (par exemple, Vacarelu, 2017).

Les données ouvertes

L'accès libre aux données est essentiel pour exploiter le potentiel des mégadonnées aux fins de la durabilité et du développement. Le réseau mondial à but non lucratif Open Knowledge International

et le Baromètre des données ouvertes créé par la World Wide Web Foundation promeuvent les données ouvertes, c'est-à-dire accessibles, facilement disponibles et gratuites pour un usage universel (World Wide Web Foundation, 2017). Le libre accès à des données viables et adéquates tirées de résultats d'enquêtes, d'expériences sur le terrain et de recherches scientifiques constitue une ressource précieuse pour présenter l'état de l'environnement, valider nos connaissances sur les impacts du changement climatique anthropique et proposer des solutions réalistes.

L'**encadré 25.1** présente une sélection d'initiatives en matière de données ouvertes aux niveaux mondial et national.

Les études et évaluations environnementales

L'analyse des mégadonnées permet d'illustrer les tendances et les progrès observés au fil du temps (par exemple, en comparant les données actuelles aux données historiques d'un site spatial donné), d'atteindre davantage d'utilisateurs finaux au-delà des frontières géographiques et de réaliser une analyse prédictive de l'avenir à l'aide de modèles et de comparaisons avec les données historiques. Les technologies de cartographie Web et géospatiales, la télédétection et la visualisation statistique constituent un socle pour l'analyse des implications environnementales et soulèvent des questions sur l'accessibilité des données recueillies, comme le montre l'échantillon d'études et d'évaluations présenté dans l'**encadré 25.2**. Les mégadonnées provenant des images satellites et des capteurs rendent les indicateurs environnementaux mesurables (Uitto, 2016).

La Data-Pop Alliance décrit les mégadonnées comme un phénomène sociotechnologique émergent d'un nouvel écosystème de données qui définit les liens tissés au sein des communautés, ainsi que la complexité des comportements et des croyances. Cet écosystème est généré et interprété par des dispositifs numériques, des outils de calcul et d'analyse (Anttila-Hughes et al., 2015). Dans ce nouveau paradigme, la technologie sert à sonder l'opinion publique et tire parti des mégadonnées pour optimiser les processus environnementaux.



Encadré 25.1 : Exemples de systèmes de données ouvertes

Centre national de bases de données bioscientifiques

Cette base de données nationale du Japon contient des données mondiales sur les sciences de la vie auxquelles les utilisateurs peuvent facilement accéder.

Air Now

Cette base de données mondiale présente les prévisions quotidiennes nationales de l'Indice de la qualité de l'air (IQA) de plus de 400 villes, fournissant une représentation visuelle de la qualité de l'air qui est pertinente pour l'interprétation en contexte médical.

Données ouvertes pour les entreprises (outil d'évaluation et de participation)

Lancé par la Banque mondiale en 2016, cet outil promeut l'utilisation de données gouvernementales ouvertes à des fins industrielles ou commerciales.

X-Road (Estonie)

Ce système d'administration en ligne fait office de plateforme d'échange de données entre les institutions et entreprises privées participantes, dont 70 % sont des organismes publics.

Sources : Estonia Digital Society (s.d.) ; Agence de protection de l'environnement des États-Unis (s.d.) ; Agence des sciences et de la technologie du Japon (2011) ; Manley (2015).



Encadré 25.2 : Exemples de technologies Web et géospatiales utilisant des mégadonnées

Utilisation de mégadonnées aux fins d'études et d'évaluations environnementales

- ❖ En Irlande, un outil SIG participatif basé sur le Web qui est utilisé dans le processus d'évaluation environnementale stratégique (EES) permet de compléter la consultation habituelle du public par le développement d'un système convivial et universellement compréhensible.
- ❖ Des rapports sur les facteurs ayant une incidence sur les litiges environnementaux sont établis au moyen de graphiques et de géolocalisations générés par le SIG (par exemple, l'étendue de la pollution et des contaminants potentiels).
- ❖ Les relations géospatiales en épidémiologie environnementale consistent à étudier des maladies en fonction de la situation géographique du sujet (par exemple, la cartographie des maladies, les analyses de grappes et les études de corrélation géographique). Le nombre d'études épidémiologiques est passé de 43 en 1990 à 934 en 2014, selon l'indice de publication PubMed.

Sources : Gonzáles et al. (2012) ; Rominger et Ikeda (2015).



Encadré 25.3 : Dispositif complet de prévision de la qualité de l'air en Inde à l'aide des mégadonnées



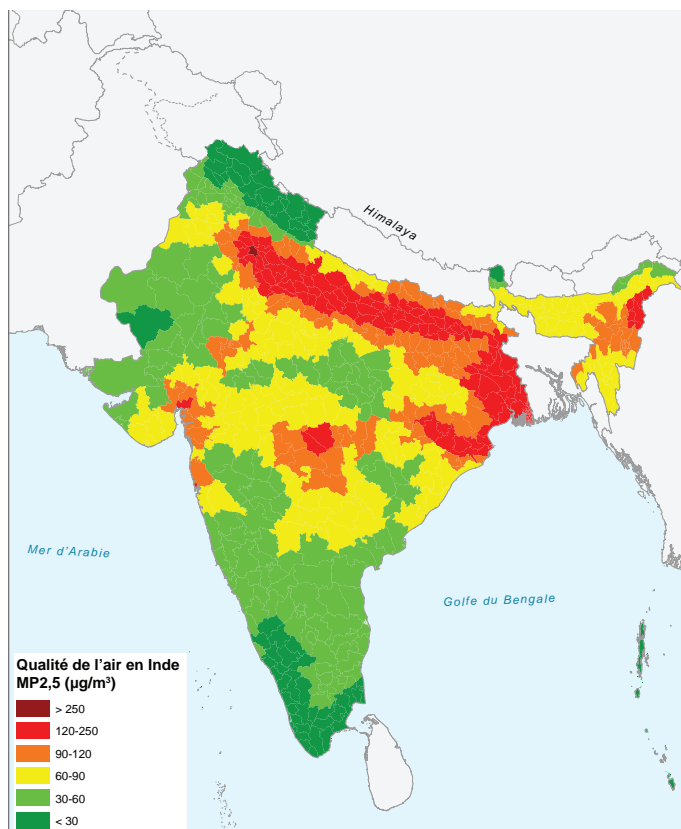
On dénombre plusieurs centaines de dispositifs manuels et une centaine de stations de surveillance réglementaire de l'air opérationnels en Inde. Couvrant uniquement les agglomérations urbaines, ils ne fournissent aucune donnée de surveillance locale aux villes de deuxième niveau ou aux zones rurales. Avant de pouvoir gérer et améliorer efficacement la qualité de l'air, les citoyens et les décideurs politiques doivent connaître l'état de la qualité de l'air et disposer d'informations sur les sources de pollution. Le système de prévisions de la qualité de l'air en Inde développé par UrbanEmissions.info privilégie une approche de modélisation pour effectuer des prévisions sur trois jours concernant les niveaux de pollution et les facteurs contributeurs pour l'ensemble des 640 districts de l'Inde. Même si elles ne remplacent pas un système de surveillance viable, les estimations peuvent servir à éclairer la prise de décision, le temps de renforcer les capacités et les systèmes de surveillance.

Bien que la méthodologie s'améliore continuellement, le principal défi de cette approche consiste à utiliser un inventaire détaillé des émissions et à mettre à profit sa granularité spatiale et temporelle. Le programme utilise actuellement des données tirées de rapports officiels, de publications universitaires et d'analyses d'enquêtes, ainsi que les données ouvertes ci-dessous (flux dynamiques), mises à jour quotidiennement :

- ❖ Les données de satellites de télédétection (tirées de la suite de radiomètres infrarouges visibles [VIIRS] de la NASA) servent à localiser les feux ouverts. Leur superposition avec l'imagerie de l'utilisation des terres permet de dresser un inventaire dynamique des émissions des feux agricoles et des incendies de forêt à une résolution de 1 km.
- ❖ Les données météorologiques à une résolution de 1 km ont trait aux émissions de plusieurs secteurs. En voici quelques exemples : a) un profil des températures de surface est défini pour déclencher le chauffage des habitations ; b) les grilles présentant des précipitations supérieures à 1 mm/h font l'objet d'un rajustement visant à réduire les déplacements en véhicule ; c) les grilles affichant des précipitations font l'objet d'un ajustement relatif à la resuspension de poussière sur les routes et à l'émission de poussière sur les chantiers de construction ; d) des calculs dynamiques effectués dans le cadre de modèles météorologiques permettent d'estimer la probabilité de survenue d'événements tels que les tempêtes de poussière, les émissions de sel marin, la foudre, les taux de dépôt sec et les taux de nettoyage par voie humide, à l'échelle de la grille.
- ❖ Google fournit une précieuse mine d'informations sur la circulation routière. Dans les villes, les vitesses de déplacement sont cartographiées à une résolution de 1 km, qui sert de valeur approximative pour répartir de façon dynamique les émissions d'échappement des véhicules et estimer la resuspension de la poussière sur les routes. Par exemple, aux heures de pointe, si une grille indique des vitesses inférieures à 5 km/h, le profil des émissions sera ajusté pour refléter l'augmentation des émissions d'échappement dues à la circulation au ralenti, tandis que la resuspension de la poussière sur les routes est mise à zéro.
- ❖ Les images de Google Earth servent à générer des données spatiales sur les fours à briques, les centrales électriques, les zones industrielles et les zones d'exploitation minière et de carrière.
- ❖ Les centres de répartition du pays communiquent des données sur la demande et l'offre en fonction du réseau électrique. Ces données servent d'indicateurs pour ajuster de manière dynamique l'utilisation des groupes électrogènes diesel dans les villes.

Ces flux de données dynamiques optimisent les prévisions de la qualité de l'air en permettant au modèle de déceler des tendances, et aident à mieux cerner les facteurs contributeurs. Différents réseaux de microcapteurs font actuellement l'objet de tests et d'évaluations dans plusieurs villes, laissant entrevoir des perspectives d'amélioration du processus de prévision et de disponibilité renforcée des données de terrain.

Figure 25.8 : Prévision de la qualité de l'air dans les districts de l'Inde



Source : UrbanEmissions.info (2018).



Les défis des mégadonnées

Les carences en matière de collecte, de surveillance, d'analyse et d'interprétation des données relevées dans le rapport GEO-5 continuent de mettre à mal la fiabilité des mégadonnées en tant qu'outils d'évaluation environnementale, comme l'illustre le présent rapport GEO-6. Les principaux problèmes ont trait à l'accessibilité, à la qualité et à la rareté des données pour des échelles, des contextes et des séries chronologiques variables (PNUE, 2012). Les contraintes, généralement rencontrées dans les domaines thématiques couverts par notre rapport, sont résumées dans les **références**. Ces défis concernant la portée, la protection des renseignements personnels et le risque d'interprétation erronée des données n'ont pas été suffisamment pris en compte au fil des ans. Les efforts visant à générer des mégadonnées acceptables et disponibles à l'échelle mondiale se poursuivent, mais les capacités réelles sont limitées par la rareté des ressources et des financements, en particulier dans les pays en développement.

Le secteur privé a fait œuvre de pionnier en matière de stratégies relatives aux mégadonnées, mais de plus en plus de gouvernements et d'initiatives mondiales examinent les avantages des mégadonnées pour améliorer la transparence, la qualité des études de marché, la recherche, l'éducation et la protection de l'environnement. En Asie du Sud-Est, six pays ont formé un Partenariat pour le gouvernement ouvert afin de promouvoir leur vision de l'élargissement des services publics et de l'exploitation des mégadonnées aux fins du développement (Bhunia, 2017).

Les accords environnementaux fournissent aux États membres de l'ONU des directives sur la façon de démocratiser l'accès aux données environnementales et de mettre à disposition des données ouvertes et géoréférencées. Ils ouvrent par ailleurs de

nouvelles perspectives de participation du public au processus décisionnel, de mobilisation de multiples parties prenantes et de promotion de la transparence et de la responsabilisation des pouvoirs publics. La Convention d'Aarhus sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice dans les affaires environnementales (ONU, 1998) et le Protocole de Kiev sur les registres des rejets et transferts de polluants (2003) font partie de ces accords. La Data-Pop Alliance est une coalition mondiale pour la promotion des données centrées sur les personnes, lancée par la Harvard Humanitarian Initiative, le Media Lab du Massachusetts Institute of Technology (MIT) et l'Overseas Development Institute. Cette alliance, financée entre autres par la Commission économique des Nations Unies pour l'Amérique latine et le Groupe de la Banque mondiale, fournit un espace de travail collaboratif aux chercheurs, aux experts, aux praticiens et aux militants, afin de surmonter les difficultés anticipées dans le domaine des mégadonnées (c'est-à-dire les déviations technologiques, le manque d'accès à un dispositif de partage des connaissances en ligne et le développement limité des capacités techniques) par la recherche, le renforcement des capacités et la participation communautaire (Data Pop Alliance, s.d.). Un rapport publié par l'Alliance en 2015 explore la possibilité de tirer parti des mégadonnées pour surveiller les risques liés au changement climatique, atténuer les impacts, orienter les ripostes aux catastrophes et accroître la résilience des pays vulnérables (Anttila-Hughes *et al.*, 2015).

Les mégadonnées en temps réel sont souvent contrôlées et détenues par le secteur privé (Kirkpatrick, 2016). Il faut donc viser des collaborations dont les deux parties puissent tirer profit sans sacrifier la valeur économique des données, tout en maintenant une concurrence équitable entre les entreprises. Le secteur privé a mis ses données à la disposition du secteur public, et plus particulièrement des établissements de recherche et des praticiens de l'industrie, grâce à la « philanthropie des données », pour reprendre une expression chère à Robert Kirkpatrick (2016). Cette collaboration existe depuis un certain temps au sein du système des Nations Unies. Dans l'optique d'une contribution accrue des entreprises aux ODD, leurs spécialistes des données interprètent les données privées pour le bien public et le bien-être des populations, ce qui, en retour, réduit les risques pour les entreprises. Dans le cadre du partenariat public-privé – une autre forme de collaboration – les ressources et les capacités en matière de mégadonnées sont partagées par les pouvoirs publics, les bureaux nationaux de statistique, les instituts de recherche et le secteur privé, à commencer par les principales entreprises mondiales spécialisées dans les technologies et le traitement des données. Le **tableau 25.3** présente quelques exemples de progrès économiques réalisés dans le cadre de partenariats public-privé.

Pour que les mégadonnées deviennent un outil efficace d'évaluation environnementale et de développement, il faut considérer cette nouvelle forme de données et de connaissances à sa juste valeur. L'analyse des mégadonnées implique non seulement la compilation des informations, mais également la promotion d'une vision compréhensible de l'environnement et de ses attributs sociaux comme base pour l'ébauche de solutions et l'élaboration de politiques. Les principaux facteurs qui contribuent à la mise en place d'un système de données holistique sont : le leadership et la gouvernance des données, notamment par la désignation d'un responsable principal des données dans les organismes publics nationaux et locaux ; la mise sur pied de partenariats entre les administrations, les institutions et le secteur privé ; et l'institutionnalisation de cadres juridiques pour la sauvegarde de l'information.



Encadré 25.4 : Quelques défis relatifs à l'utilisation des mégadonnées

Défis relatifs aux mégadonnées

L'accessibilité

La réticence des pouvoirs publics et du secteur privé à partager l'information se traduit par une désintégration des données. La plupart des données du domaine privé sont assujetties à la protection des renseignements personnels, aux contraintes de sécurité et à des droits de propriété intellectuelle, ce qui implique un coût d'accès. Le partage et la disponibilité des données relèvent d'enjeux juridiques, mais aussi politiques ; en Chine, par exemple, le Gouvernement restreint la publication de données environnementales pertinentes.

La qualité

La fiabilité des données n'est pas garantie, du fait des incohérences entre les méthodologies utilisées dans différents pays et de l'insuffisance des capacités techniques d'interprétation et d'analyse des données. Le manque de données d'importance (par exemple sur la biodiversité, l'hydrométéorologie et le traitement des eaux usées) freine la réalisation d'études de référence.

La rareté

La disponibilité des données varie selon le contexte spatiotemporel. Pour combler les lacunes, des chercheurs utilisent des informations secondaires comme données de substitution et modélisent des estimations, ce qui compromet la comparabilité des données mondiales.



Tableau 25.3 : Exemples de partenariats public-privé

Partenariat	Description du projet	Source
Gouvernement du Nigéria et Cellulant	Un système de portefeuille électronique mobile à grande échelle coordonne directement la distribution des semences et transfère les engrais subventionnés aux agriculteurs, rationalisant ainsi la prestation des services publics.	Banque mondiale (2016b), p. 94
Organisation de coopération et de développement économiques et divers gouvernements	Un modèle sismique planétaire transmet les risques de tremblement de terre en ouvrant l'accès à ses modélisations de catastrophes.	Thomas et McSharry (2015)
Réseau de recherche Willis et divers partenaires	Le réseau de recherche Willis alimente et soutient la recherche scientifique et le développement d'applications pour les universités, les entreprises de modélisation, les pouvoirs publics et les organisations non gouvernementales.	

25.2.3 Les savoirs traditionnels

La terminologie désignant les connaissances que détiennent les populations autochtones et les communautés locales est variée. Certains parlent des *savoirs écologiques traditionnels*, un « corpus cumulé de connaissances, de pratiques et de croyances – évoluant par paliers adaptatifs et transmises par la culture au fil des générations – sur les relations entre les êtres vivants (y compris les humains) et leurs interactions avec l'environnement » (Berkes, Colding et Folke, 2000, p. 1252). D'autres se réfèrent plutôt aux savoirs autochtones, populaires, locaux ou traditionnels. Il n'existe pas de définition universellement acceptée des divers termes composant ce champ épistémique. Dans les paragraphes qui suivent, cependant, le terme générique choisi, *savoirs traditionnels*, englobe les connaissances écologiques, locales, autochtones et populaires.

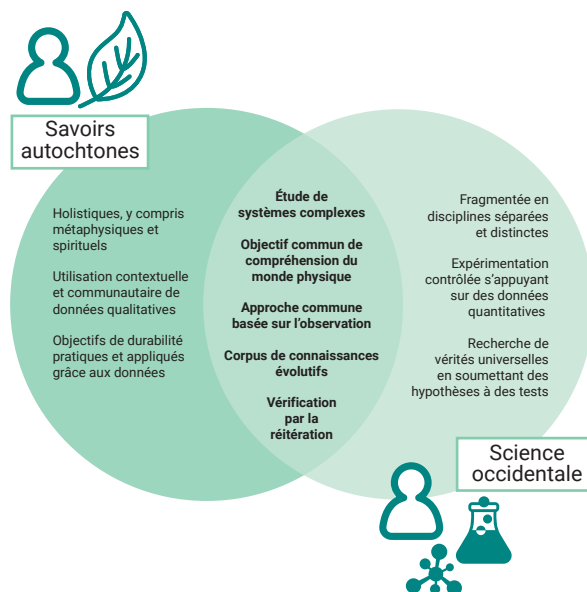
Dans le contexte de l'article 8j de la Convention sur la diversité biologique, les savoirs traditionnels comprennent les valeurs culturelles, les croyances, les rituels, les lois communautaires, les langues locales et les connaissances liées à des domaines pratiques tels que l'agriculture, la pêche, la chasse, la médecine, l'horticulture, la foresterie et la gestion de l'environnement en général (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, s.d.). Parallèlement, l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI) s'en tient à la définition ci-après depuis sa publication en 2010 (OMPI, s.d.) : « les connaissances, le savoir-faire, les techniques et les pratiques qui sont élaborés, préservés et transmis d'une génération à l'autre au sein d'une communauté et qui font souvent partie intégrante de son identité culturelle ou spirituelle ».

Perçus par certains représentants du courant majoritaire comme étant anecdotiques et empreints de superstition, les savoirs traditionnels ont été marginalisés par le passé. Toutefois, depuis une vingtaine d'années, on y voit une précieuse source d'inspiration pour le développement durable. Leur promotion et leur protection ont été actées par plusieurs accords et organismes de l'ONU (par exemple, l'article 8j mentionné ci-dessus, l'Institut de l'Université des Nations Unies pour l'étude avancée de la durabilité, et l'OMPI). Les principes de fonctionnement fondamentaux de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques, créée en 2012, comprennent la reconnaissance et le respect de l'apport des savoirs autochtones et locaux à la conservation et à l'exploitation durable de la biodiversité.

En outre, la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) a adopté, au titre de sa décision 20/ COP.12, des « moyens d'améliorer la diffusion des connaissances, s'agissant notamment des connaissances traditionnelles, des meilleures pratiques et des exemples de réussite » (CNULCD, 2016, p. 55).

De plus en plus de travaux de recherche concluent que les savoirs traditionnels issus de l'interaction directe avec les écosystèmes locaux ont la même valeur que les connaissances scientifiques occidentales. Malgré leurs points communs, les deux systèmes de connaissances présentent également des caractéristiques distinctes (voir la **figure 25.9**), mais complémentaires, qui améliorent notre compréhension du monde naturel (Agrawal, 1995 ; Tsuji et Ho, 2002).

Figure 25.9 : Comparaison entre les savoirs autochtones et traditionnels et la science occidentale



Source : Baker, Rayner et Wolowic (2011).



Les savoirs traditionnels et les connaissances scientifiques occidentales

Le rapport GEO-5 a lancé un appel à la coordination dans le domaine de la consolidation des connaissances, ce qui passe par une coopération entre les scientifiques occidentaux et les différents détenteurs de savoirs traditionnels. Les progrès récents ont permis d'élaborer de nouveaux outils et de nouvelles approches en matière de mesure, de déclaration et de vérification. Deux de ces instruments, à savoir les systèmes de surveillance et d'information communautaires et le système de bases de données probantes multiples, favorisent la création conjointe de connaissances en associant les systèmes autochtones et occidentaux – une façon de reconnaître le rôle de premier plan joué par les populations autochtones dans l'intendance de leurs terres et de leurs eaux (Raygorodetsky, 2017). Pour de plus amples détails sur ces approches et d'autres visions, se reporter à l'encadré 25.5 et au tableau 25.4.

Ces approches combinent des systèmes traditionnels de surveillance communautaires à des logiciels (par exemple, SIG, Google Maps, GPS, Microsoft Excel) et équipements modernes

(drones, dispositifs de télédétection ou de pointage, téléphones, tablettes, etc.) pour générer des données et élaborer des informations sur les tendances écosystémiques, afin d'évaluer les interventions en faveur du développement. Ces outils et systèmes de surveillance modernes aident les particuliers et les communautés à prendre des décisions éclairées, optimales et opportunes sur les mesures à mettre en œuvre.

Comme les savoirs traditionnels reposent sur la production de données *in situ*, ils sont efficaces pour confirmer sur le terrain la véracité des mégadonnées ; de plus, à l'instar de la science participative, ils peuvent mobiliser tous les secteurs de la communauté. Le **tableau 25.5** présente de nouveaux partenariats entre communautés et chercheurs qui ont conçu des approches novatrices pour la documentation et l'analyse des savoirs traditionnels.

Les savoirs traditionnels et les objectifs de développement durable

La participation des populations autochtones à l'élaboration du Programme de développement durable à l'horizon 2030 (ONU, 2015) s'est traduite par l'inclusion de six références aux populations



Encadré 25.5 : Utilisations complémentaires des savoirs traditionnels et de la science occidentale

Les systèmes de surveillance et d'information communautaires désignent les initiatives prises par les populations autochtones et les communautés ou organisations locales pour surveiller le niveau de bien-être de leur communauté et l'état de leurs territoires et de leurs ressources naturelles, en appliquant une combinaison de savoirs traditionnels et d'outils et approches novateurs (Ferrari, de Jong et Belohrad, 2015).

Le système de bases de données probantes multiples constitue un vivier d'idées et d'innovations grâce à la complémentarité des systèmes de connaissances autochtones, communautaires et scientifiques. Le système mise sur une évaluation des connaissances au sein des systèmes de connaissances plutôt qu'entre eux (Tengö et al., 2014).

Les populations autochtones établissent et utilisent des cartes pour affirmer leur droit de propriété des terres et des eaux, gérer leur territoire, préserver leur histoire, leur culture et leur environnement, et diffuser leur savoir (Fondation Tebtebba, 2015).

La conjugaison réussie des savoirs traditionnels avec la science, la technologie et l'innovation modernes est illustrée par le succès récent d'Indigital, une jeune entreprise technologique basée dans la zone du patrimoine mondial de Kakadu, dans le Territoire du Nord, en Australie. Cette entreprise sociale détenue et gérée par des aborigènes tire parti des technologies numériques pour mettre en valeur les sites sacrés, les connaissances et l'histoire locale grâce à la réalité augmentée et virtuelle, contribuant ainsi à la préservation du patrimoine tout en créant des emplois dans l'économie digitale (Cooper et Kruglikova, 2019).

Tableau 25.4 : Études combinant les savoirs traditionnels aux connaissances scientifiques occidentales

Étude	Résumé
Étude d'association pangénomique pour identifier la base génétique des préférences des petits exploitants agricoles en matière de caractéristiques du blé dur (Biodiversity International, 2017 ; Kidane et al., 2017)	L'étude démontre que les chercheurs qui utilisent des outils scientifiques modernes (l'analyse génétique) et les détenteurs de savoirs traditionnels qui recourent à des pratiques culturelles dans la sélection des récoltes peuvent promouvoir ensemble l'amélioration génétique des cultures, afin de faire face aux impacts du changement climatique.
Projet pilote Arbediehtu sur la documentation et la protection des savoirs traditionnels samis (Porsanger et Guttorm, 2011)	Cette étude porte sur le travail communautaire, les questions juridiques et la législation, la déontologie en matière de documentation, les relations institutionnelles, l'histoire et l'identité, les technologies de l'information, la transmission, la gestion et la légitimité.
Savoirs traditionnels et valeur nutritive des aliments indigènes dans la communauté tribale Oraon du Jharkhand : étude exploratoire transversale (Ghosh-Jerath et al., 2015)	Cette étude recense plus de 130 variétés d'aliments autochtones, dont beaucoup sont des sources riches en micronutriments et renferment des propriétés médicinales intéressantes. Elle avance des pistes pour en tirer parti afin de lutter contre la malnutrition dans les communautés tribales.
Savoirs écologiques traditionnels des Cris et science : étude de cas sur le tétras à queue fine (Tsuji, 1996)	Cette étude démontre que les savoirs traditionnels des Cris sont factuels et souvent riches sur le plan quantitatif. Bien que la distinction entre les observations et les interprétations soit floue, l'ajout de ces savoirs aux bases de données peut faciliter la gestion des ressources.
Partenariat de collaboration sur les forêts (2018)	Ce projet montre que l'intégration des savoirs traditionnels dans les pratiques de gestion des forêts est une condition préalable à la réalisation d'une gestion durable des forêts, dans la mesure où elle renforce les droits et la participation des peuples autochtones ainsi que des communautés locales et permet de clarifier le régime foncier.

Figure 25.10 : La reconnaissance des populations autochtones dans le Programme de développement durable à l'horizon 2030



Source : ONU (s.d.).

autochtones. En outre, plusieurs ODD ont un rapport indirect avec les populations autochtones, sous l'angle des principes des droits de la personne, de l'égalité, de la lutte contre la discrimination, de la durabilité ou de la participation des détenteurs de droits fonciers. La durabilité, en tant que notion clé du Programme d'action des Nations Unies à l'horizon 2030, est sous-tendue par la santé de l'environnement.

Nourris par de longues années d'observations et d'expériences mûes par une relation holistique entre les populations et la nature, les savoirs traditionnels s'appuient sur une vision durable de la vie sur Terre et de la préservation des paysages. Or, les stratégies de développement actuelles reposant largement sur la science et la technologie occidentales sont préjudiciables à maints égards à l'environnement et à notre bien-être. Il est donc nécessaire d'exploiter les connaissances scientifiques, la technologie et les savoirs traditionnels pour résoudre bon nombre des problèmes liés à la gestion durable des ressources naturelles et à la conservation de la biodiversité. Le **tableau 25.5** présente quelques exemples d'études sur le potentiel des savoirs traditionnels pour garantir la durabilité.

Figure 25.11 : La terre et les territoires au fondement des savoirs autochtones



© Fondation Tebtebba, 2008.

Les préjugés dictant les relations de pouvoir actuelles entravent la promotion et le développement des savoirs traditionnels. Aux quatre coins de la planète, des détenteurs de savoirs traditionnels continuent de se heurter à l'exploitation lorsqu'ils tentent de défendre leur territoire contre des abus renouvelés. En conséquence, leurs terres – le socle sur lequel repose leur système de savoirs – ont été englouties sous le poids de projets de valorisation des ressources tels que des plantations monoculturelles d'hévéa, de bois et d'huile de palme, des grands barrages hydroélectriques, des activités d'extraction minière (Pacte des peuples autochtones d'Asie, 2015) et autres projets de conservation (Vidal, 2016).

Pour remédier de façon effective aux injustices historiques persistantes, il faut inclure les populations autochtones et les communautés locales, de même que leurs terres et le système de savoirs qui les unit dans le processus de développement. Comme le souligne la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples

Tableau 25.5 : Études sur le potentiel des savoirs traditionnels pour le développement durable

Étude	Résumé
L'avenir de la biodiversité locale : l'apport des peuples autochtones et des communautés locales à la mise en œuvre du Plan stratégique 2011-2020 pour la diversité biologique (Programme pour les populations forestières, 2016)	Cette étude présente un aperçu des initiatives menées sur le terrain par les populations autochtones et les communautés locales et démontre leur apport vital à la mise en œuvre des cinq objectifs stratégiques et des 20 Objectifs d'Aichi pour la biodiversité, bien qu'il subsiste de nombreux défis. Elle décrit la voie à suivre, en mettant en évidence les principales mesures susceptibles d'accélérer les progrès dans la mise en œuvre du plan stratégique pour la biodiversité en ce qui concerne les peuples autochtones et les communautés locales.
L'intendance et la valorisation des forêts par la gestion traditionnelle des ressources (Enchaw et Njobdi, 2014)	Cette étude met en évidence le rôle des femmes dans la gestion des forêts et l'agriculture durable, en lien avec les savoirs autochtones.
Patrimoine mondial de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) : paysage agricole (UNESCO, 2013)	Cette étude porte sur les communautés qui affichent une grande diversité culturelle et paysagère et ont mis en place un système durable d'exploitation des terres. Elle met également en lumière la lutte quotidienne pour la survie que mènent certains peuples dans des conditions climatiques et environnementales extrêmes.



autochtones (Assemblée générale des Nations Unies [AGNU], 2007), ces peuples ont le droit à l'autodétermination, ainsi qu'à leurs terres, territoires et ressources, et la liberté de vivre en conformité avec leur vision du monde. Ces droits sont nécessaires pour que les peuples puissent perpétuer, inventer et élaborer leur système de savoirs traditionnels et leurs pratiques coutumières. L'octroi et l'application de ces droits sont essentiels au maintien d'un équilibre entre les dimensions économique, sociale et environnementale du développement durable.

Les savoirs traditionnels au service d'une planète saine pour des populations en bonne santé

Les savoirs traditionnels constituent une ressource inestimable favorisant le maintien d'une planète saine pour des populations en bonne santé. Les territoires autochtones représentent jusqu'à 22 % de la surface terrestre mondiale et abritent 80 % de la biodiversité de la planète (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2017). La grande majorité des ressources génétiques et une part considérable de la biodiversité de la planète se trouvent dans des aires autochtones et protégées par les populations locales. Cette concomitance n'est pas fortuite ; elle est due à l'application des savoirs traditionnels et à l'utilisation coutumière durable des ressources biologiques au cours des siècles (Secrétariat du Groupe consultatif d'experts indépendants, 2014). De plus, l'éthique et les valeurs autochtones, ainsi que la culture et l'identité inhérentes à l'intendance des terres et de la faune, sont garantes de l'efficacité de la gestion des ressources et de la réduction des risques pour la santé humaine (Houde, 2007). La **figure 25.12** n'est qu'une illustration parmi d'autres de la richesse et du potentiel des savoirs et pratiques traditionnels en matière de gestion de l'environnement, qu'il s'agit d'optimiser afin d'améliorer l'état des terres et la santé des populations.

Le maintien d'un réseau alimentaire fonctionnel comporte de nombreux avantages, parmi lesquels la diversification des systèmes alimentaires sauvage et cultivé, une nutrition de meilleure qualité et la préservation d'un environnement sain (Kuhnlein et al. éd., 2013).

Toutefois, les savoirs traditionnels demeurent sous-utilisés dans l'évaluation et la gestion de l'environnement. Des progrès ont été réalisés, mais il reste des défis à relever, comme le font remarquer Genetic Resources Action International (GRAIN) et Kalpavriksh (2002) :

- i) la perte continue de terres subie par les peuples autochtones, qui peinent à préserver leurs savoirs ;
- ii) le risque de voir les savoirs traditionnels détournés ou les formes de vie brevetées à des fins commerciales sans en partager les bénéfices avec les détenteurs de ces savoirs, comme le montre le cas du curcuma en Inde ;

- iii) la diffusion et la promotion généralisée de la médecine et de l'agriculture dites modernes, qui remplacent diverses plantes et cultures aptes à résister aux ravageurs, aux maladies et à l'évolution des conditions climatiques et économiques (GRAIN et Kalpavriksh, 2002) ;
- iv) la cocréation de processus de savoirs qui ne garantissent pas toujours l'équité, l'égalité de statut ou la symétrie des pouvoirs (Williams et Hardison, 2013) ;
- v) l'érosion rapide de la diversité linguistique, qui s'accompagne de la perte des modes autochtones d'acquisition de savoirs et de compréhension du monde naturel (UNESCO, 2017).

D'autres défis ont trait à l'application pleine et effective du consentement préalable, donné librement et en connaissance de cause (AGNU, 2007). Pour être à la hauteur de ces enjeux, la formulation et la mise en œuvre des politiques doivent reposer sur « une recherche-action interdisciplinaire approfondie, qui rassemble des détenteurs de savoirs autochtones et des spécialistes en sciences naturelles et sociales, afin d'aboutir à une compréhension mutuelle et de renforcer le dialogue » (Nakashima et al., 2012, p. 97).

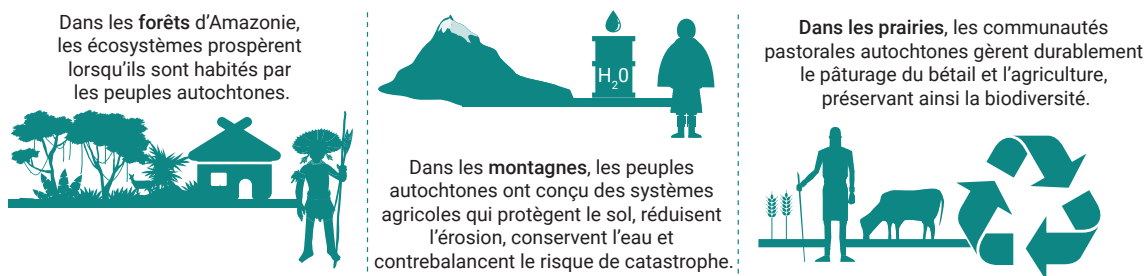
25.3 La surveillance de l'environnement pour l'avenir

25.3.1 Mesurer ce qui compte

On connaît l'adage selon lequel ce qui est mesuré peut être accompli. L'origine de cette maxime n'est pas établie, mais le message est clair : la mesure nous donne l'information nécessaire pour concrétiser nos projets.

Comme indiqué à la section 3.3.1, les besoins en données des indicateurs des ODD sont presque aussi importants que les ODD eux-mêmes et représentent un défi de taille pour tous les pays. Malheureusement, une grande partie des données nécessaires au suivi des ODD n'est pas disponible. Les problèmes de qualité, les délais ainsi que le manque de ressources humaines et financières et de méthodologies normalisées sont autant d'obstacles à notre capacité d'assurer un suivi complet de ce programme capital. Comme le souligne l'ONU dans son rapport sur les ODD (ONU, 2016), le suivi des progrès vers la réalisation de ces objectifs exige de changer de méthodes de collecte, de traitement, d'analyse et de diffusion des données, ce qui comprend l'exploitation de données provenant de sources nouvelles, variées et innovantes. Plus que jamais, nous devons donc explorer d'autres flux de données – la science participative, les mégadonnées, les savoirs traditionnels – pour compléter l'approche conventionnelle et officielle des statistiques et des observations de la Terre.

Figure 25.12 : Les peuples autochtones, gardiens de l'environnement



Source : FAO (2016)



25.3.2 Traduire l'information locale en données nationales

La production des données, désormais assurée par le recours aux appareils électroniques, à la modélisation, à l'informatique en nuage et à d'autres technologies, se traduit par un volume d'informations sans précédent. La disponibilité de celles-ci varie toutefois entre les pays développés et moins développés, entre les groupes sociaux et au sein de ceux-ci – selon le sexe, l'appartenance ethnique, le statut social et le niveau de revenu. Les disparités sont encore plus criantes entre les échelles mondiale et locale. La collecte de données et d'informations est considérée comme secondaire aux échelons national et local, en particulier dans les pays en développement. Mais, pour résoudre les problèmes mondiaux, les solutions doivent émaner des niveaux local et national. Il faut précisément mesurer l'efficacité des politiques selon la qualité de leur mise en œuvre et de leur réalisation à ces échelles (voir la partie B).

Les connaissances sur les bonnes ou mauvaises pratiques de gestion environnementale se sont accumulées au fil du temps, ce qui permet de tirer certaines conclusions quant à la voie à emprunter. Il demeure toutefois nécessaire de rendre les savoirs traditionnels plus accessibles et de les intégrer à d'autres sources d'information.

À l'échelle mondiale, les États et les organisations de la société civile, les universitaires, les peuples autochtones et les militants conviennent tous que pour promouvoir la protection et la restauration de l'environnement, il faut lutter contre les pertes de biodiversité et le changement climatique. Pourtant, à l'échelle nationale, les positions sur la protection de l'environnement sont fluctuantes et même souvent contradictoires.

Les ODD visent à la fois à réduire la dégradation de l'environnement, à faire respecter les droits fondamentaux de la personne et à favoriser l'autonomisation économique. Leur réalisation passe par un partage des savoirs et de la technologie entre les communautés, les entreprises et les pouvoirs publics – de l'échelon local au mondial, en passant par le national.

25.3.3 Les données ouvertes et la recherche reproductible

Le mouvement des « données ouvertes » suscite beaucoup d'intérêt depuis quelques années, et son expansion est appelée à se poursuivre. Le concept de données ouvertes préconise le libre accès universel aux données résultant de la recherche financée sur fonds publics, par souci d'équité et de transparence, et pour stimuler les avancées scientifiques. Des principes relatifs aux données ouvertes ont été avancés sous différentes variantes, notamment la Charte internationale sur les données ouvertes (2015), aux termes de laquelle les données doivent :

- i) être ouvertes par défaut ;
- ii) être disponibles en temps opportun et exhaustives ;
- iii) être accessibles et utilisables ;
- iv) être comparables et interopérables ;
- v) contribuer à améliorer la gouvernance et la participation citoyenne ;
- vi) contribuer au développement et à l'innovation selon une logique inclusive.

Les avantages des données ouvertes ont été clairement démontrés, en particulier dans le secteur de la santé (Kostkova *et al.*, 2016). Les principes de la science ouverte, de l'innovation

ouverte, de l'accès ouvert et de la source ouverte adoptés par la communauté de recherche sur le paludisme, par exemple, lui ont permis de réaliser plus de progrès que par tout autre moyen (Wells *et al.*, 2016). Qui plus est, de nombreux pays disposent désormais de portails de données publiques ouvertes contenant des données environnementales.

Les appels à une recherche reproductible menée parallèlement à l'exploitation des données ouvertes sont de plus en plus pressants, et ces deux approches sont souvent envisagées en tandem par le mouvement en faveur de la science ouverte. Pour être reproductible, la recherche doit être diffusée de manière à permettre une réplique précise (Mesirov, 2010). La reproductibilité de la recherche comporte trois aspects. Elle doit être :

- i) empirique, c'est-à-dire être fondée sur des expérimentations et des observations scientifiques ;
- ii) informatique, c'est-à-dire mettre à disposition le détail des codes, des logiciels, du matériel et de la mise en œuvre ;
- iii) statistique, c'est-à-dire reposer sur des paramètres de tests et des modèles statistiques (Stodden, 2014).

La reproductibilité informatique et statistique est cruciale pour les pratiques en matière de données. En théorie, la publication simultanée du code et des données permet aux utilisateurs de comprendre et de critiquer l'ensemble du processus d'analyse et d'inférence, y compris les détails des techniques utilisées et les hypothèses de départ. La communication du code est désormais un préalable essentiel à la publication dans maintes revues scientifiques, et cette tendance s'accroît à tel point que l'on s'attend à ce qu'elle devienne la norme dans les années à venir.

La reproductibilité des analyses de données revêt une importance particulière à l'ère des données ouvertes, car les utilisateurs des données se démarquent de plus en plus de ceux qui les recueillent et les traitent. L'accès ouvert aux données accroît certes le risque d'une utilisation ou d'une interprétation erronée, mais la publication du code contourne ce problème dans la mesure où le traitement des données est transparent et peut être contrôlé par les lecteurs. La reproductibilité accroît non seulement la dimension qualitative de la production scientifique, mais aussi le niveau de confiance dans les résultats et, par conséquent, l'adoption de ceux-ci (Laine *et al.*, 2007).

25.3.4 Faire face à l'évolution du paysage des données

Il est nécessaire de renforcer la capacité de recueillir, d'interpréter et d'utiliser les données pour assurer l'efficacité de la planification, de l'élaboration des politiques, de la gestion et de l'évaluation, afin de fournir aux pays une vue d'ensemble des impacts environnementaux : perspectives géopolitiques, activités industrielles, changements environnementaux d'origine naturelle ou anthropique, ou combinaison de tous ces facteurs. Le défi s'intensifie à mesure qu'augmentent l'ampleur et la diversité des données générées, structurées ou non structurées. Les systèmes d'information de gestion ne peuvent à eux seuls tirer pleinement parti de la croissance exponentielle des actifs de données potentiels. Il est impératif que les gouvernements et la société apprennent à faire face à cette évolution rapide du paysage des données, à passer des simples comptes rendus et fonctions conventionnelles des bases de données à des analyses prédictives et prescriptives : il s'agit à la fois de modéliser différents scénarios environnementaux et de concevoir des politiques à même de relever les défis anticipés.

Le paysage de l'information évolue à mesure que les technologies d'exploitation des données passent d'une



approche des données en tant que service (DaaS) ou du logiciel en tant que service (SaaS) à une approche axée sur les idées en tant que service (IaaS), laquelle fait appel à l'analyse prescriptive (figure 25.13). Avec les DaaS, les données pourraient atteindre plusieurs utilisateurs au-delà des limites géographiques et de la segmentation organisationnelle, en regroupant les données dans une base centrale (Olson, 2010). Les approches des DaaS et du SaaS ont la capacité de présenter l'historique et l'actualité d'une situation et de faire ainsi état des circonstances passées, des facteurs explicatifs et du panorama actuel de l'environnement et de la société. L'analyse en tant que service (AaaS) occasionne un transfert de la demande de services manuels internes du nettoyage et de la consolidation des mégadonnées aux technologies fournies par le Web, à savoir l'externalisation des besoins de l'IdO (Atos, 2013) et la prestation de services virtuels. L'AaaS accompagne l'utilisateur en lui transmettant – par le biais de l'intelligence artificielle – des connaissances qui lui donnent accès à l'expertise et au soutien nécessaires tout au long du processus (Takahashi, 2017). L'AaaS et la connaissance en tant que service (KaaS) appliquent l'analyse prédictive et la modélisation pour interpréter les mégadonnées provenant de sources multiples et faire des projections. En exploitant le potentiel de l'intelligence artificielle, on pourrait élaborer des stratégies non seulement pour prévoir les futurs défis environnementaux et sociaux, mais aussi pour promouvoir des solutions en prédisant les résultats des initiatives engagées par les pays, en répondant à la question suivante : « Comment faire pour que cela se produise ? »

La croissance exponentielle des mégadonnées, des solutions technologiques, des algorithmes complexes et des sources de données ouvertes favorise un peu plus chaque année l'expansion de l'intelligence artificielle en l'intégrant à notre quotidien et à la gestion de nos villes et des réseaux mondiaux (Herweijer, 2018). Cette intelligence est un outil puissant qui permet aux pays d'éclairer la gestion de leurs préoccupations environnementales et de promouvoir les ODD. L'on doit cependant tenir compte des risques liés à la protection des renseignements personnels, aux partis pris et à la réduction du degré d'intervention et d'autonomie humaines. Une feuille de route est nécessaire pour déterminer comment l'intelligence artificielle pourrait transformer les systèmes conventionnels et apporter une valeur ajoutée à la prestation de services, à la lutte contre les effets du changement climatique, à la construction de villes viables et vivables et à la protection du bien-être environnemental et social. À mesure que les impacts économiques et sanitaires découlant de la dégradation de l'environnement s'amplifient, des mesures stratégiques doivent

être élaborées pour mettre en place une forme d'intelligence artificielle respectueuse des humains et de la planète.

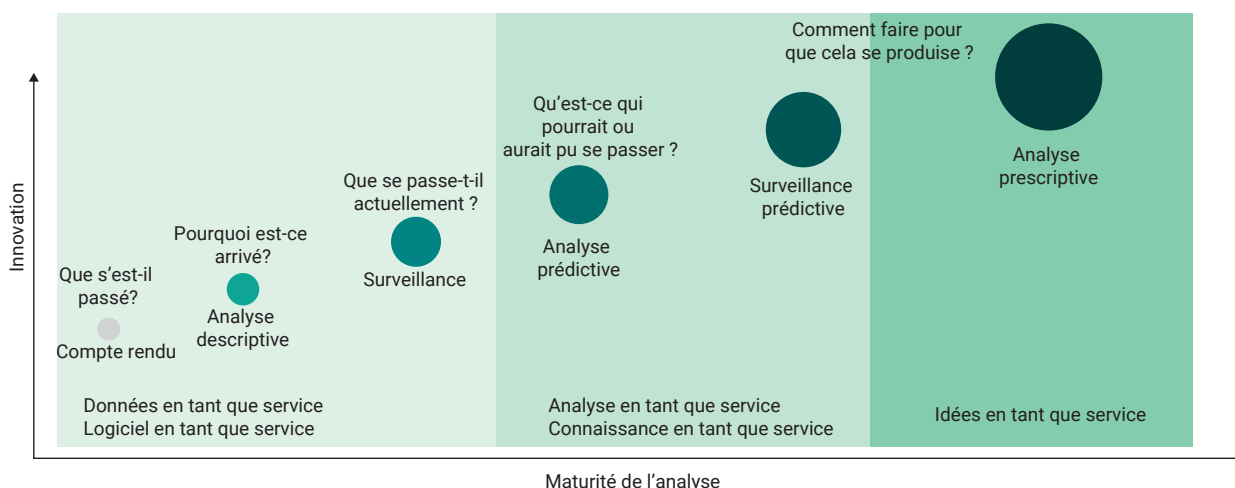
Les nouvelles formes de données et de connaissances, associées aux outils conventionnels, auront une influence considérable sur la façon de créer et d'apporter des solutions. Pour faire face à l'évolution du paysage des données, il faudra acquérir de nouvelles compétences en technologies de l'information et adopter une approche holistique pour l'exploitation des données et des instruments de connaissances (actuels ou émergents) ; c'est à cette condition que l'accès aux données pourra notamment être mis à contribution aux fins de l'évaluation environnementale, conformément à l'approche « une planète saine pour des populations en bonne santé ».

25.3.5 Les atouts essentiels de la technologie

La collecte de données lors des opérations statistiques suit des approches méthodologiques établies, telles que les méthodes et les plans d'enquête par échantillonnage. Ce processus consiste à appliquer à des sources bien identifiées et bien définies une méthode systématique qui transforme les données en statistiques exploitables dans des séries chronologiques – un pilier sous-tendant toute démarche statistique. Les nouvelles technologies telles que la télédétection, les données transactionnelles, la chaîne de blocs et les algorithmes d'intelligence artificielle peuvent générer une mine de données utiles à des fins environnementales. Toutefois, l'exploitation de ces nouvelles technologies pour produire des données de séries chronologiques, le suivi en temps réel et l'intégration des données produites dans le champ des statistiques officielles sont autant de défis à relever.

Seules les séries chronologiques sont à même de convertir des statistiques en informations et, partant, en systèmes de connaissances fondamentales. Les rôles et responsabilités de ceux qui effectuent le recensement et de ceux qui font l'objet dudit recensement sont clairement définis. La gouvernance des statistiques officielles repose sur un ensemble de principes fondamentaux établis par l'ONU (2014). Ces dix principes couvrent notamment les dimensions suivantes : l'impartialité de la pratique statistique, le respect de la confidentialité des données individuelles, ou encore la transparence et la qualité des données fournies. La technologie possède des atouts substantiels qui reposent sur une élaboration dans le respect des normes. Au-delà de la conformité, la réplication et le

Figure 25.13 : L'évolution du paysage des données



Source : Chartered Property Causality Underliner (2015) ; ASI Business Solutions Inc. (2016).



changement d'échelle ont leur importance. D'une certaine façon, les opérations statistiques et les progrès technologiques peuvent accélérer l'optimisation et rehausser la visibilité, l'application et la transformation des systèmes de données, des statistiques et de leurs résultats, en plus d'alimenter en informations des systèmes de connaissances vérifiables.

Mais ces principes fondamentaux sont-ils toujours pertinents au regard de l'évolution de l'environnement des données ? Le maintien des principes de la statistique officielle implique de nombreux défis dans le nouveau paysage des données, notamment en matière de définition (sélection des unités statistiques, des éléments de données et de leur nature spatiotemporelle). Le principal changement de paradigme pour les statistiques officielles consiste à adapter les méthodologies établies de collecte de données et de séries chronologiques statistiques, et ce, dans un contexte favorisant des flux incontrôlés de données personnelles non structurées (et potentiellement anonymisées), enregistrées sur des supports électroniques. Le téléphone, l'ordinateur et d'autres appareils se prêtent facilement à la normalisation, à la reproduction et à l'extensibilité. Mais il faut des normes pour assurer la validité des statistiques. Les statisticiens, magnats de la technologie et autres fournisseurs de données devront naviguer prudemment dans cet espace, car la tâche titanesque associée à la conception méthodique des opérations statistiques se heurte à un véritable défi existentiel, celui des outils d'observation conviviaux et prisés de tous. Les statistiques – tout comme leur pilier central, à savoir les séries chronologiques – sont l'objet de bien des controverses dans ce nouvel environnement. En l'occurrence, l'absence de séries chronologiques peut rendre toutes les données inutiles. Si une reconfiguration jusqu'au-boutiste de la technologie entraîne la perte des données de séries chronologiques, il deviendra impossible de suivre les tendances au fil du temps. Une solution d'équilibre entre la technologie, les données, les statistiques, les connaissances, les finances et la gouvernance doit être trouvée.

25.3.6 Les pratiques d'assurance et de garantie de la qualité des données

Compte tenu du recours croissant à des données venant compléter les statistiques conventionnelles pour soutenir les politiques sur l'environnement et la durabilité, il faudra déterminer systématiquement la façon d'assurer la qualité, le retraçage et la provenance des données afin d'identifier les informations crédibles et adaptées à l'objectif recherché. Il se peut que les données environnementales en viennent à inclure des sources numériques et à intégrer l'observation de la Terre, la science participative, la surveillance de l'environnement, les données et les statistiques sur le développement, les ensembles de données administratives et les données démographiques et issues d'enquêtes.

Outre les principes fondamentaux de la pratique statistique mentionnés ci-dessus, des références et des documents de pratique standard alimentent également les sources de données complémentaires. À titre d'exemple, les normes et pratiques relatives aux métadonnées servent désormais de référents pour proposer une description – y compris méthodologique – des données, et établir la qualité de ces dernières. Les métadonnées – ou données descriptives – ont pour but de faciliter la divulgation, l'utilisation et la compréhension des données. Des normes de métadonnées propres à diverses disciplines ou communautés ont été élaborées pour soutenir les systèmes de gestion et d'exploration des données, et pour saisir l'information et la transmettre aux utilisateurs. Le Directory Interchange Format (DIF), l'Ecological Metadata Language (EML), le langage Sensor Model (SensorML), le Climate Science Modelling Language (CSML) et netCDF Markup Language (NcML) en sont des exemples. De plus, l'Organisation internationale de normalisation (ISO) a élaboré une série de normes pour détailler les informations géographiques : ISO 19115 et ISO 11179.

L'assurance de la qualité des données scientifiques fournies par les citoyens en est à ses prémices ; elle fait appel à diverses techniques propres aux plateformes numériques pour vérifier la qualité des observations de terrain transmises par les citoyens. Par exemple, le Réseau local d'observation de l'environnement (LEO), actif dans la région de l'Arctique nord-américain, utilise une application mobile pour téléverser des observations qui sont validées par des experts avant d'être intégrées aux éléments graphiques des cartes et à des ensembles de données tabulaires (LEO, 2017). Les ateliers récemment organisés par le Centre commun de recherche de la Commission européenne amorcent eux aussi le processus d'établissement de principes pour les applications et plateformes mobiles.

Le Groupe sur l'observation de la Terre a diffusé ses principes de gestion des données du Système mondial des systèmes d'observation de la Terre (GEOSS), qui sont en voie d'être largement adoptés par les entités d'observation de la Terre (Groupe sur l'observation de la Terre, 2014). Ces principes comprennent le caractère divulgable, l'accessibilité, l'exploitabilité, la préservation et la conservation.

À mesure que progresseront les analyses de données en source ouverte, les codes de requête de source communautaire et les méthodes d'intégration de données personnalisées, on observera davantage d'ensembles de données, de normes d'échange et d'interfaces de programmation d'applications administrés par les communautés locales. Il est désormais courant de voir celles-ci traiter des ensembles de codes intégrant des analyses et des requêtes sur des plateformes de collaboration ouvertes telles que la plateforme de développement GitHub.

La Research Data Alliance établit des normes de registre pour la conservation à long terme et la définition des paramètres des ensembles de données dans des domaines de recherche tels que les sciences de la Terre. Les sources de données complémentaires sont jugées crédibles tant qu'elles sont conformes à ces normes de registre.

Le succès de la révolution des données numériques ouvertes et accessibles sera mesuré à l'aune de la satisfaction des utilisateurs et des exigences d'intégration des plateformes en vue de l'alignement sur un éventail de normes et de pratiques reconnues et de la réalisation de tests en source ouverte à l'échelle communautaire évaluant la méthodologie et la qualité des données relatives à l'environnement, aux ressources naturelles et au développement.

25.4 Conclusion : défis, lacunes et perspectives

Les défis, les lacunes et les perspectives sous-tendant les données et les statistiques environnementales sont présentés ci-dessous. Les données et les connaissances constituent avant tout des ressources précieuses qu'il faut partager.

25.4.1 La ventilation des données

La réalisation des ODD passe par une approche révolutionnaire quant au traitement des données qui ne laisse personne de côté, s'agissant notamment de l'incorporation de données et de rapports ventilés à tous les niveaux des 17 objectifs. Comme nous l'avons relevé au chapitre 3 du présent rapport, l'évaluation des liens d'interdépendance entre la société et l'environnement ne peut se faire que s'il existe des données ventilées sur les différents segments de la population, car tous les individus n'ont pas le même niveau de dépendance vis-à-vis de l'environnement ni le même impact sur celui-ci. Pour faire ressortir ces différences, il est donc nécessaire de disposer de données qui puissent être ventilées selon le revenu, le sexe, le groupe d'âge, l'appartenance ethnique, le statut migratoire, le handicap, la situation géographique et d'autres



caractéristiques pertinentes dans un contexte national. Malheureusement, les données environnementales qui peuvent être désagrégées sont rares, et les données des enquêtes sur les ménages concernant l'accès à l'eau, à l'énergie et aux autres ressources naturelles ne sont disponibles qu'à l'échelle des foyers, tant et si bien qu'il est difficile d'appréhender les écarts à d'autres échelles.

Outre la ventilation par variables socio-économiques, il est également nécessaire de procéder à une désagrégation géospatiale de l'information environnementale. En effet, les écosystèmes biologiques ne correspondent pas aux frontières nationales, de sorte que pour comprendre aussi bien l'état de chaque écosystème que les interactions des écosystèmes avec les populations et l'économie, il faut disposer d'informations spatialement ventilées. Cette désagrégation oblige à rassembler dans un système intégré les données tirées de l'observation de la Terre, des recensements et enquêtes conventionnels, de la science participative, des savoirs traditionnels et des mégadonnées.

25.4.2 Le libre accès aux données

De nombreux pays en développement devront bénéficier d'un accès sans restriction aux données ouvertes. En matière de gouvernance des données, il s'agit d'assurer une gestion globale transparente de la disponibilité, de l'exploitabilité, de l'intégrité et de la sécurité des données. Les responsables occidentaux de vastes ensembles de données validées en Amérique du Nord et en Europe en sont actuellement les gardiens et mettent leurs précieuses ressources à la disposition du reste du monde en tant que biens publics. L'on pourrait avoir besoin d'un programme de gouvernance des données viable comprenant un organe ou un conseil d'administration et un ensemble de procédures assorti d'un plan d'exécution. Les gouvernements devraient veiller à la mise en place de cadres juridiques pour promouvoir une bonne gouvernance des données. Une politique documentée et transparente de gouvernance des données définira un ensemble de directives faciles à suivre pour assurer la bonne gestion de l'information, ce qui aidera à répondre aux inquiétudes concernant la souveraineté, la sécurité, la qualité des données et la protection des renseignements personnels. Ce dernier aspect est une composante essentielle de la gouvernance des données. Pour faciliter le pilotage de ce programme de gouvernance, il y aurait lieu de charger des intendants multilatéraux de données, responsables de la gestion et de l'adéquation des éléments de données, de veiller à la précision et à la rigueur des échanges de données entre les systèmes informatiques et entre les différentes méthodes de collecte (voir la section 25.4.5).

25.4.3 La gouvernance des données et de l'information

La gouvernance des données met en jeu la gestion et l'exploitation de tous les actifs de données (répartis entre les grandes sources externes de données ouvertes, les bases de données centrales et d'autres sources de données et de connaissances existantes et émergentes émanant des pouvoirs publics, des institutions, des travaux de recherche et des études). Les technologies de l'information ne suffisent pas, à elles seules, à tirer pleinement parti de la croissance exponentielle des actifs de données potentiels. En général, la compréhension des différents problèmes que les technologies de l'information doivent résoudre et la prise de conscience quant à la nécessité de veiller à une participation active des organisations et à une appropriation par les institutions font défaut aux décideurs. Pour relever les défis posés par les mégadonnées, il faut intégrer des informations capitales par un processus combiné de « sémantique des données » et d'intervention d'un spécialiste en gouvernance des données.

Le traitement des mégadonnées implique le stockage de toutes les ressources de données, leur tri et l'identification des données qui ont un sens au-delà de leur utilisation locale, ainsi que l'accès aux données disparates et l'établissement de corrélations. Il ne suffit pas de disposer des bons outils pour passer au crible les mégadonnées et identifier des tendances et des liens pertinents. À l'instar de tout bien précieux, l'information doit être gérée et sécurisée par des pratiques rigoureuses en matière de conception, de création, de développement et de déploiement des données. Une gouvernance appropriée assure la préservation à long terme du sens, de l'utilisation et de l'intégrité des données, ce qui accroît la valeur des données en tant qu'actifs.

25.4.4 Les partenariats public-privé

Les partenariats public-privé pourraient favoriser la résolution des problèmes associés à la pénurie des ressources et au manque de capacités financières, en vue de promouvoir le recours à l'analyse des mégadonnées, en particulier dans les pays en développement. Le secteur public pourrait assurer l'analyse des mégadonnées dans une perspective sociale, en contrepoint des entités privées qui financent le savoir-faire technique et en tirent profit (Groff, 2017). Les projets de partenariat public-privé ouvrent des perspectives pour le renforcement des systèmes statistiques et informatiques, la mise au point de méthodes novatrices de collecte de données et l'amorce d'une création conjointe dans le cadre de partenariats accordant la priorité aux populations. Les partenariats entre les pouvoirs publics et le secteur privé qui impliquent la société civile peuvent aboutir à l'adoption de meilleures pratiques de collecte de données, d'évaluation analytique et de suivi de l'information relative aux ODD.

25.4.5 Les aménagements institutionnels

Les aménagements institutionnels opérés entre différentes autorités et agences qui produisent et détiennent de l'information sur l'environnement (statistiques officielles, information cartographique sur les ressources naturelles, surveillance hydrométéorologique et géospatiale, portails environnementaux et géospatiaux, portails gouvernementaux à données ouvertes, etc.) en sont à leurs premiers stades. Toute mesure future devrait viser à améliorer l'entente entre les institutions afin de faciliter l'intégration, le partage et la réutilisation efficaces des données par-delà les obstacles associés à la souveraineté, aux mandats, à la bureaucratie, aux déficits de connaissances, aux normes et à la normalisation et à la numérisation, pour n'en citer que quelques-uns. Il est essentiel de lever ces obstacles. Les données ouvertes et les instruments qui facilitent leur utilisation, tel l'Échange normalisé de données et de métadonnées statistiques (SDMX), laissent entrevoir la perspective d'un partage transparent des données. Toutefois, de nombreux pays éprouvent des difficultés à mettre en œuvre des instruments à données ouvertes. Les gouvernements nationaux doivent s'engager en faveur des biens mondiaux communs, et des accords intergouvernementaux s'imposent pour faciliter la résolution de certains problèmes législatifs découlant des marges de manœuvre limitées des gouvernements.

25.4.6 Le renforcement des capacités

L'instauration de capacités durables est envisageable dès lors que l'ensemble de la chaîne de valeur est opérationnelle et que les données – de la collecte à l'utilisation en passant par l'analyse – sont traitées de façon professionnelle ; et ce afin d'apporter de la valeur ajoutée à l'information, de la diffuser par les canaux les plus efficaces et les plus efficaces et de s'assurer que les premiers bénéficiaires seront à même de l'exploiter au mieux. Un tel degré de réussite passe par une éducation environnementale à tous les niveaux. Il y a lieu de

promouvoir les systèmes de savoirs autochtones, y compris les nouvelles possibilités qu'offrent les avancées technologiques en vue de démocratiser la participation citoyenne à la pratique et à la découverte scientifiques.

25.4.7 Les savoirs traditionnels

Le défi soulevé par l'utilisation et la création continues des savoirs traditionnels tient à l'application défaillante des droits concernant les savoirs autochtones, qui entraîne la perte de terres et l'appropriation illicite des savoirs traditionnels. L'inclusion des savoirs traditionnels ne garantit pas l'égalité en termes de partage des bénéfices.

Les savoirs traditionnels présentent le potentiel de contribuer au développement durable à condition de redoubler d'efforts pour documenter ces savoirs et de multiplier les partenariats pour tisser des réseaux en vue de mettre au point des outils et des méthodologies innovants. Ces derniers mettront en lumière l'utilité desdits savoirs dans le cadre de plans et d'interventions stratégiques ou encore d'évaluations de l'évolution des écosystèmes. L'engagement des États membres de l'ONU en faveur du développement durable a lui aussi son importance s'agissant des discussions sur les savoirs traditionnels.

25.4.8 Les systèmes de données intégrés

L'environnement est constitué de systèmes physiques et de systèmes sociaux. Sans ces deux éléments, le tableau de la situation actuelle et de notre trajectoire future serait incomplet. Une

combinaison des méthodes conventionnelles avec les nouvelles formes de données et de savoirs et avec les données sociales pourrait offrir une vision holistique de l'environnement, englobant les perspectives sociales, physiques et économiques.

Les sociétés constatent souvent des transformations avant la survenue d'un changement environnemental mesurable. Il s'agit, à cet égard, d'examiner la façon dont les données, l'information et les connaissances sont exploitées et comprises. À l'ère des technologies de l'information, le problème réside peut-être moins dans le manque de connaissances ou de données sur la situation actuelle que dans la difficulté à identifier la nature et les catégories de données exploitables, à émettre des hypothèses de départ considérées comme légitimes et à établir des priorités (Davies, 1994).

Une évolution des processus de réflexion sur les évaluations environnementales mettrait les données tirées des mégadonnées, de la science participative et des savoirs traditionnels sur le même plan que l'observation de la Terre et les statistiques officielles. Cela permettrait de déceler les problèmes environnementaux, de suivre les progrès réalisés dans la mise en œuvre des ODD et de concevoir des solutions en vue d'élaborer des politiques viables reposant sur des données probantes. Pour ce faire, il faudrait non seulement convertir les défis que posent les données environnementales en perspectives tangibles, mais aussi optimiser l'intégration des données. De même, il faudrait tirer parti aussi bien des outils existants que des outils émergents aux fins de l'évaluation environnementale, tout en garantissant la libre utilisation des données.





Références

Agence de protection de l'environnement (États-Unis) (s.d.). *AirNow*. <https://airnow.gov/> (consulté le 20 novembre 2018).

Agence des sciences et de la technologie (Japon) (2011). *National Bioscience Database Center*. <https://biosciencedbc.jp/en/> (consulté le 20 novembre 2018).

Agrawal, A. (1995). Dismantling the divide between indigenous and scientific knowledge. *Development and Change* 26(3), 413-439. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7660.1995.tb00560.x>

Anttila-Hughes, J., Dumas, M., Jones, L., Pestre, G., Qiu, Y., Levy, M. et al. (2015). *Big Data for Climate Change and Disaster Resilience: Realising the Benefits for Developing Countries*. Data-Pop Alliance. <http://datapopalliance.org/wp-content/uploads/2015/11/Big-Data-for-Resilience-2015-Report.pdf>

ASI Business Solutions Inc. (2016). *Evolution of Analytics: Where Does Your Company Stand?* <http://asi-solutions.com/2016/12/evolution-of-analytics-where-does-your-company-stand/>.

Assemblée générale des Nations Unies (2007). *Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones*. New York. https://www.un.org/esa/socdev/unpfi/documents/DRIPS_fr.pdf

Atos (2013). *Data Analytics as a Service: Unleashing the Power of Cloud and Big Data*. Atos. <https://atos.net/wp-content/uploads/2017/10/01032013-AscentWhitePaper-DataAnalyticsAsAService.pdf>

Baker, J., Rayner, A. et Wolowic, J. (2011). *Native Science: A Primer for Science Teachers*. <https://ctabobandung.files.wordpress.com/2011/11/ms-primer.pdf>

Banque mondiale (2016a). *Annual Report 2016*. Washington: Banque mondiale. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/24985/9781464808524.pdf>

Banque mondiale (2016b). *World Development Report 2016: Digital Dividends*. Washington : Banque mondiale. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/23347/9781464806711.pdf>

Berkes, F., Colding, J. et Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications* 10(5), 1251-1262. <https://www.jstor.org/stable/2641280?seq=1>

Bhunia, P. (2017). *Brief Look at Open Government Data in 6 ASEAN Countries*. OpenGov. <https://www.opengovasia.com/brief-look-at-open-government-data-in-6-asean-countries/>

Biodiversity International (2017). *Modern Science Meets Traditional Knowledge to Improve Crop Breeding*. <https://www.biodiversityinternational.org/news/detail/modern-science-meets-traditional-knowledge-to-improve-crop-breeding/>

Blaney, R.J.P., Philippe, A.C.V., Pocock, M.J.O. et Jones, G.D. (2016). *Citizen Science and Environmental Monitoring: Towards a Methodology for Evaluating Opportunities, Costs and Benefits*. Wiltshire : UK Environmental Observation Framework. <http://www.ukeof.org.uk/resources/citizen-science-resources/Costbenefitcitizenscience.pdf>

Bowser, A., Brenton, P., Stevenson, R., Newman, G., Schade, S., Bastin, L. et al. (2017). *Citizen Science Association Data & Metadata Working Group: Report from CSA 2017 and Future Outlook*. Washington : Woodrow Wilson International Center for Scholars. <https://www.wilsoncenter.org/article/citizen-science-association-data-metadata-working-group-report-csa-2017-and-future-outlook>

Charte internationale sur les données ouvertes (2015). *International Open Data Charter*. https://opendatacharter.net/wp-content/uploads/2015/10/opendatacharter-charter_F.pdf

Chartered Property Casualty Underliner (2015). *Big Data Analytics*. Webinaire. <https://www.slideshare.net/PatriciaSaporito/cpcu-big-data-analytics-webinar-april-7-2015sedsldideshow>

Conrad, C.C. et Hilcay, K.G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: Issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment* 176(1-4), 273-291. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5>

Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (2016). *Rapport de la Conférence des Parties sur sa douzième session, tenue à Ankara du 12 au 23 octobre 2015. Deuxième partie : Mesures prises par la Conférence des Parties à sa douzième session. ICCD/COP(12)/20/Add.1*. https://www.unccd.int/sites/default/files/sessions/documents/ICCD_COP12_20_Add.1/20add1fr.pdf

Cooper, D. et Kruglikova, N. (2019). Augmented realities: The digital economy of indigenous knowledge. Dans *Organisation internationale du travail. Indigenous Peoples and Climate Change: Emerging Research on Traditional Knowledge and Livelihoods*. Chapitre 9, 107-120. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-ed_protect/-protrav/-ilo_aids/documents/publication/wcms_686780.pdf

Data Pop Alliance (s.d.). *Vision and Members*. Data Pop Alliance. <http://datapopalliance.org/about/vision-and-members/> (consulté le 2 juillet 2018).

Davies, S. (1994). Introduction: Information, knowledge and power. *IDS Bulletin* 25(2), 1-13. <https://doi.org/10.1111/j.1759-5436.1994.mp25002001.x>

Dell EMC et International Data Corporation (2014). *IDC Study: Digital Universe in 2020*. <https://www.emc.com/leadership/digital-universe/index.htm> (consulté le 5 mai 2018).

Dickinson, J.L., Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R., Crain, R.L., Martin, J. et al. (2012). The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(6), 291-297. <https://doi.org/10.1890/1523-1739.2012.10236>

Dickinson, J.L., Zuckerberg, B. et Bonter, D.N. (2010). Citizen science as an ecological research tool: Challenges and benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 41, 149-172. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636>

Enchaw, G.B. et Njoudi, I. (2013). *Indigenous Peoples, Forests & REDD Plus: Sustaining & Enhancing Forests through Traditional Resource Management*. Volume 2. Fondation Tebteba. <https://www.tebteba.org/index.php/resources-menu/publications-menu/books/74-sustaining-enhancing-forests-through-traditional-resource-management-volume-2/file>

Estonia Digital Society (s.d.). *X-Road*. <https://e-estonia.com/solutions/interoperability-services/x-road/> (consulté le 20 novembre 2018).

Ferrari, M.F., de Jong, C. et Belohrad, V.S. (2015). Community-based monitoring and information systems (CBMIS) in the context of the Convention on Biological Diversity (CBD). *Biodiversity* 16(2-3), 57-67. <https://doi.org/10.1080/14888386.2015.1074111>

Fondation Tebteba (2015). *Mapping our lands and waters: Protecting our future*. *Global Conference on Community Participatory Mapping in Indigenous Peoples' Territories*. North Sumatra, 25-27 août 2013. Baguio City. <http://www.ianad.org/wp-content/uploads/2017/01/mapping-our-lands-waters-protecting-our-future.pdf>

García-Soto, C., van der Meer, G.I., Busch, J.A., Delany, J., Domegan, C., Dubsy, K. et al. (2017). *Advancing Citizen Science for Coastal and Ocean Research: Position Paper 23*. French, V., Kellett, P.,

Delany, J. et McDonough, N. (dir.). *Ostende* : European Marine Board. http://www.marineboard.eu/sites/marineboard.eu/files/public/publication/EMB_PP23_Citizen_Science_web_4.pdf

Genetic Resources Action International et Kalpvriksh (2002). *Traditional Knowledge of Biodiversity in Asia-Pacific: Problems of Piracy and Protection*. New Delhi. <https://www.grain.org/article/entries/81-traditional-knowledge-of-biodiversity-in-asia-pacific-problems-of-piracy-and-protection>

Ghosh-Jerath, S., Singh, A., Kamboj, P., Goldberg, G. et Magsumbol, M.S. (2015). Traditional knowledge and nutritive value of indigenous foods in the Oraon tribal community of Jharkhand: An exploratory cross-sectional study. *Ecology of Food and Nutrition* 54(5), 493-519. <https://doi.org/10.1080/03620244.2015.1017758>

González, A., Gilmer, A., Foley, R., Sweeney, J. et Fry, J. (2007). Developing and applying a user-friendly web-based GIS for participative environmental assessment. *Proceedings of the Geographical Information Science Research UK Conference*. Maynooth, 11-13 avril 2007. <http://eprints.maynoothuniversity.ie/1428/1/FoleyDevelopingGISRUK.pdf>

Google (2018). *Google reCAPTCHA: The New Way to Stop Bots*. <https://www.google.com/recaptcha/intro/v3beta.html> (consulté le 26 mai 2018).

Groff, S.P. (2017). *Better Data Is the Key for Developing Asia to Successfully Implement the SDGs by 2030*. <https://blogs.adb.org/blog/data-matters-meet-sdgs> (consulté le 30 juin 2017).

Groupe sur l'observation de la Terre (2014). *GEOS Data Sharing Principles post 2015*. http://www.earthobservations.org/documents/dswg/10_GFOSS%20data%20Sharing%20Principles%20post%202015.pdf (consulté le 11 octobre 2018).

Haklay, M. (2013). Citizen science and volunteered geographic information: Overview and typology of participation. Dans Sui, D., Elwood, S. et Goodchild, M. (dir.). *Crowdsourcing Geographic Knowledge*. Berlin : Springer. 105-122. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-4587-2_7

Harvard Business Review (2016). *The Explainer: Big data and analytics*. <https://hbr.org/video/3633937151001/the-explainer-big-data-and-analytics>

Herbertson, K. (2012). Citizen science supports a healthy Mekong. *World Rivers Review* 28(4). https://archive.internationalrivers.org/sites/default/files/attached-files/wrrr_december_2012.pdf

Herweijer, C. (2018). *8 Ways AI Can Help Save the Planet*. Forum économique mondial. <https://www.weforum.org/agenda/2018/01/8-ways-ai-can-help-save-the-planet/>

Hochachka, W.M., Fink, D., Hutchinson, R.A., Sheldon, D., Wong, W.-K. et Kelling, S. (2012). Data-intensive science applied to broad-scale citizen science. *Trends in Ecology & Evolution* 27(2), 130-137. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.11.006>

Hoffmann, K. (2017). Using vessel data to study rescue patterns in the Mediterranean Sea. *Global Pulse*. <https://www.unglobalpulse.org/news/using-vessel-data-study-rescue-patterns-mediterranean-sea>

Houde, N. (2007). The six faces of traditional ecological knowledge: Challenges and opportunities for Canadian co-management arrangements. *Ecology and Society* 12(2), 34. <https://doi.org/10.5751/ES-02270-120234>

International Business Machines (2017). *Extracting Business Value from the 4 V's of Big Data*. International Business Machines Corporation. http://www.ibmbigdatahub.com/sites/default/files/infographic_file/4Vs_Infographic_final.pdf

International Data Corporation (2012). *Worldwide Big Data Technology and Services 2012-2015 Forecast*. International Data Corporation. http://ec.europa.eu/newroom/dae/document.cfm?doc_id=6242

Jensen, M. (2017). *UNEP Sustainable Development Goals Ontology Initiative*. <http://ncgia.buffalo.edu/OntologyConference/Abstract/Jensen.pdf>

Kidane, Y.G., Mancini, C., Mengistu, D.K., Frascarelli, E., Fadda, C., Pè, M.E. et al. (2017). Genome wide association study to identify the genetic base of smallholder farmer preferences of durum wheat traits. *Frontiers in Plant Science* 8(1230). <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01230>

Kim, S., Robson, C., Zimmerman, T., Pierce, J. et Haber, E.M. (2011). Creek watch: Pairing usefulness and usability for successful citizen science. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Vancouver, 7-12 mai 2011. ACM 2125-2134. <https://doi.org/10.1145/1978942.1979251>

Kirkpatrick, R. (2016). The importance of big data partnerships for sustainable development. *Global Pulse*. <https://www.unglobalpulse.org/big-data-partnerships-for-sustainable-development>

Kostkova, P., Brewer, H., de Lusignan, S., Fottrell, E., Goldacre, B., Hart, G. et al. (2016). Who owns the data? Open data for healthcare. *Frontiers in Public Health* 4(7). <https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00007>

Kuhnlein, H.V., Erasmus, B., Spigelski, D. et Burlingame, B. (dir.) (2013). *Indigenous Peoples' Food Systems and Well-Being: Interventions and Policies for Healthy Communities*. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/docrep/018/i3144e/i3144e.pdf>

Laine, C., Goodman, S.N., Griswold, M.E. et Sox, H.C. (2007). Reproducible research: Moving toward research the public can really trust. *Annals of Internal Medicine* 146(6), 450-453. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-146-6-200703200-00154>

Macaulay, M.K. et Brennan, T. (2016). Data from drones: A new way to see the natural world. *Resources* 192. http://www.rff.org/files/document/file/RFF-Resources-192_DataFromDrones.pdf

Manley, L. (2015). *Open Data for Business Tool: Learning from Initial Pilots*. World Bank Blogs. <http://blogs.worldbank.org/ic4d/open-data-business-tool-learning-initial-pilots>

Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C. et al. (2011). *Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity*. McKinsey Global Institute. https://www.mckinsey.com/-/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Big%20data%20The%20next%20frontier%20for%20innovation/MGI_big_data_full_report.aspx

Mathieu, P.-P., Borgeaud, M., Desnos, Y.-L., Rast, M. et Brockmann, C. (2016). The ESA's Earth observation open science program [space agencies]. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 5(2), 86-96. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7946222>

Mazumdar, S., Wrigley, S. et Ciravegna, F. (2017). Citizen science and crowdsourcing for Earth observations: An analysis of stakeholder opinions on the present and future. *Remote Sensing* 9(1), 87. <https://doi.org/10.3390/rs9010087>

McCallum, I., See, L., Sturn, T., Salk, C., Perger, C., Duerauer, M. et al. (2018). Engaging citizens in environmental monitoring via gaming. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research* 13, 15-23. <https://doi.org/10.2902/1725-0463.2018.13.art3>

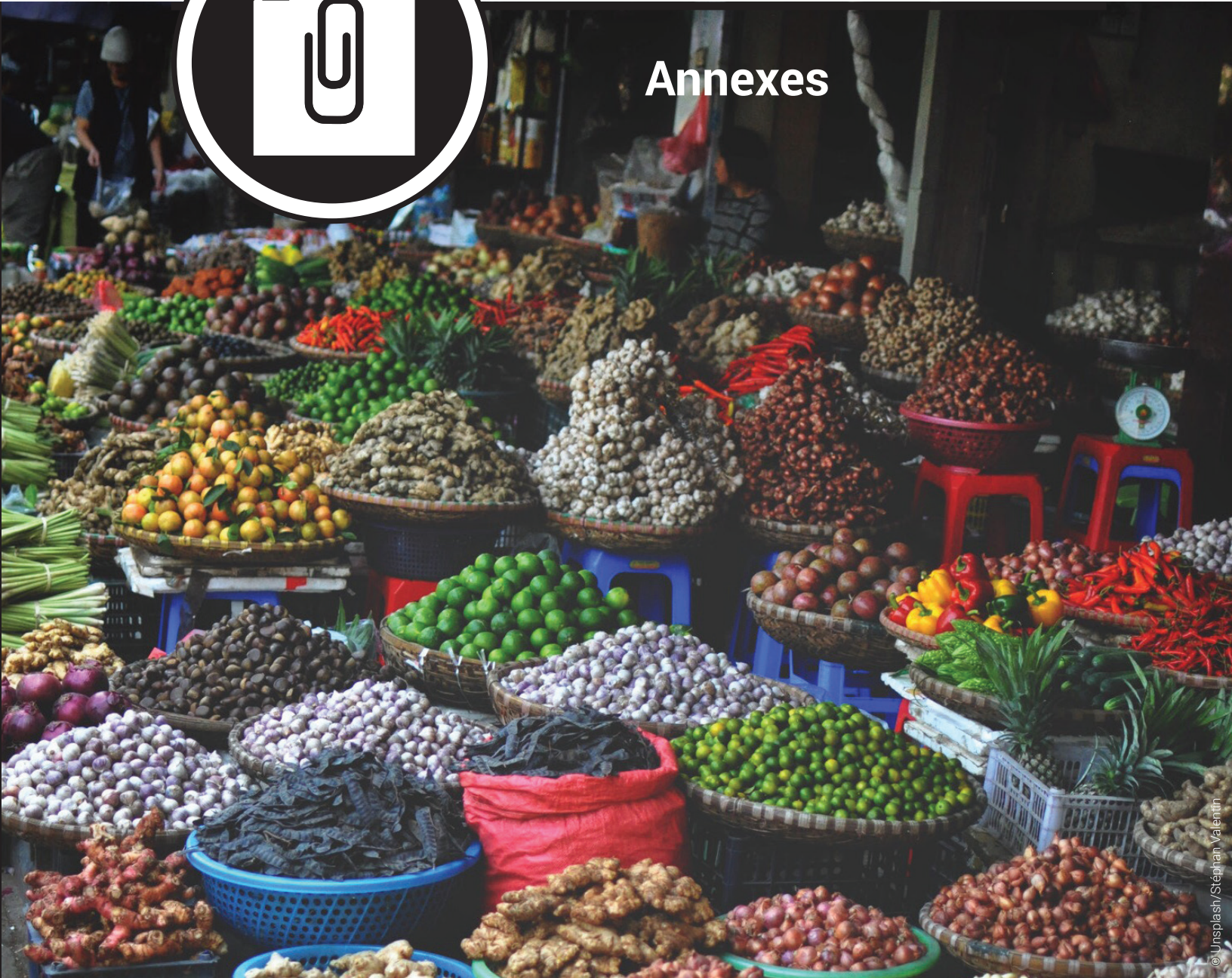


- Mesirov, J.P. (2010). Accessible reproducible research. *Science* 327(5964), 415-416. <https://doi.org/10.1126/science.1179653>.
- Monnappa, A. (2017). *Data Science vs. Big Data vs. Data Analytics*. <https://www.simplilearn.com/data-science-vs-big-data-vs-data-analytics-article> (consulté le 27 avril 2018).
- Nakashima, D.J., Galloway McLean, K., Thulstrup, H.D., Ramos Castillo, A. et Rubis, J.T. (2012). *Weathering Uncertainty: Traditional Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation*. Paris : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture et Université des Nations Unies. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002166/216613e.pdf>.
- National Aeronautics and Space Administration (États-Unis) (2018). *Engaging Citizen Scientists with GPM*. <https://pmm.nasa.gov/articles/engaging-citizen-scientists-gpm> (consulté le 20 juillet 2018).
- Newman, G., Wiggins, A., Crall, A., Graham, E., Newman, S. et Crowston, K. (2012). The future of citizen science: Emerging technologies and shifting paradigms. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(6), 298-304. <https://doi.org/10.1890/110294>.
- Olson, J.A. (2010). Data as a service: Are we in the clouds? *Journal of Map & Geography Libraries* 6(1), 76-78. <https://doi.org/10.1080/15420350903432739>.
- Organisation des Nations Unies (1998). *Convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement*. https://treaties.un.org/pages/viewdetails.aspx?src=ind&mtidsg_no=xxvii-13&chapter=27&clang=fr.
- Organisation des Nations Unies (2014). *Résolution adoptée par l'Assemblée générale le 29 janvier 2014. 68/261. Principes fondamentaux de la statistique officielle*. A/RES/68/261. New York. <https://unstats.un.org/unsd/dnss/op/FP-New-F.pdf>.
- Organisation des Nations Unies (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>.
- Organisation des Nations Unies (2016). *The Sustainable Development Goals Report 2016*. New York. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/The%20Sustainable%20Development%20Goals%20Report%202016.pdf>.
- Organisation des Nations Unies (2018a). *About UN Global Pulse*. <https://www.unglobalpulse.org/about-new> (consulté le 11 octobre 2018).
- Organisation des Nations Unies (2018b). *News*. <https://www.unglobalpulse.org/blog> (consulté le 11 octobre 2018).
- Organisation des Nations Unies (2018c). *Big Data: News*. <https://unstats.un.org/bigdata> (consulté le 11 octobre 2018).
- Organisation des Nations Unies (s.d.). *Indigenous Peoples: 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://www.un.org/esa/socdev/unpfi/documents/2016/Docs/updates/Indigenous-Peoples-and-the-2030-Agenda-with-indicators.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2016). *Les peuples autochtones peuvent nourrir le monde*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-c0386f.pdf>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2017). *6 façons dont les peuples autochtones aident le monde à atteindre l'objectif #aimzéro*. <http://www.fao.org/indigenous-peoples/news-article/fr/c/1034446/>.
- Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2013). *Agricultural Landscapes*. *World Heritage* 69. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. <http://es.calameo.com/read/00332997247675ccca1e>.
- Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2017). *Savoirs locaux, objectifs globaux*. Paris. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000259599_fre.
- Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (s.d.). *Savoirs traditionnels*. <https://www.wipo.int/ik/fr/ik/>.
- Pacte des peuples indigènes d'Asie (2015). *Recognition of Indigenous Peoples' Customary Land Rights in Asia*. Chiang Mai: Asia Indigenous Peoples Pact. <https://ajppnet.org/wp-content/uploads/2020/02/2-CLR-AIPP-Corrected-2.pdf>.
- Partenariat de collaboration sur les forêts (2018). *About the collaborative partnership on forests*. <https://www.fao.org/collaborative-partnership-on-forests> (consulté le 11 octobre 2018).
- Porsanger, J. et Guttorm, G. (dir.) (2011). *Working with Traditional Knowledge: Communities, Institutions, Information Systems, Law and Ethics: Writings from the Arbediehtu Pilot Project on Documentation and Protection of Sami Traditional Knowledge*. Trondheim : Sámi University College. https://samas.brage.unit.no/samas-xmlui/bitstream/handle/11250/177065/Diedut-1-2011-bokblokka_hele.pdf.
- Pottinger, L. (2012). *Why Our Rivers Need a Citizen Science Movement*. https://archive.internationalrivers.org/sites/default/files/attached-files/wrr_december_2012_infographic.pdf.
- Programme d'éducation et d'observation mondial au profit de l'environnement (2018). *About GLOBE*. <https://www.globe.gov/about/overview> (consulté le 20 juillet 2018).
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2012). *Global Environment Outlook-5: Environment for the Future We Want*. Nairobi : Programme des Nations Unies pour l'environnement. <https://www.unenvironment.org/resources/global-environment-outlook-5>.
- Programme pour les populations forestières (2016). *Local Biodiversity Outlooks: Indigenous Peoples' and Local Communities' Contributions to the Implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020. A Complement to the Fourth Edition of the Global Biodiversity Outlook*. Moreton-in-Marsh. <https://www.cbd.int/gbo4/gbo4/publication/lbo-en.pdf>.
- Protocole sur les registres des rejets et transferts de polluants (2003). Signé le 21 mai 2003. https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=IND&mtidsg_no=XXVI-13-a&chapter=27&clang=fr.
- Pulse Lab Kampala (2017). Using machine learning to analyse radio content in Uganda: Opportunities for sustainable development and humanitarian action. *Global Pulse*. <https://www.unglobalpulse.org/document/using-machine-learning-to-analyse-radio-content-in-uganda/>.
- Raygorodetsky, G. (2017). Braiding science together with indigenous knowledge. *Observations*. <https://blogs.scientificamerican.com/observations/braiding-science-together-with-indigenous-knowledge/>.
- Réseau local d'observation de l'environnement (2017). *LEO Reporter Mobile App*. <https://www.leonetwork.org/en/docs/about/mobile> (consulté le 11 octobre 2018).
- Roelfsema, C., Thurstan, R., Beger, M., Dudgeon, C., Loder, J., Kovacs, E. et al. (2016). A citizen science approach: A detailed ecological assessment of subtropical reefs at Point Lookout, Australia. *PLoS One* 11(10), e0163407. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163407>.
- Rominger, J. et Ikeda, S. (2015). The role of big data in solving environmental problems. *Gradient Trends: Risk Science and Application* 64. <https://gradientcorp.com/pdfs/newsletter/Trends64.pdf>.
- Rotman, D., Preece, J., Hammock, J., Prociat, K., Hansen, D., Parr, C. et al. (2012). Dynamic changes in motivation in collaborative citizen-science projects. *Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work*, 217-226. <https://doi.org/10.1145/2145204.2145238>.
- Secrétariat consultatif d'experts indépendants (2014). *A World That Counts: Mobilising the Data Revolution for Sustainable Development*. New York: Organisation des Nations Unies. <https://www.undatarevolution.org/report/>.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (s.d.). *Article 8(j) – Traditional Knowledge, Innovations and Practices*. <https://www.cbd.int/traditional/>.
- See, L., Fritz, S., Dias, E., Hendriks, E., Mijling, B. et Snik, F. (2016). Supporting earth-observation calibration and validation: A new generation of tools for crowdsourcing and citizen science. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine* 4(3), 38-50. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7570340>.
- Shirk, J.L., Ballard, H.L., Wilderman, C.C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R. et al. (2012). Public participation in scientific research: A framework for deliberate design. *Ecology and Society* 17(2), 29. <https://doi.org/10.5751/ES-04705-170229>.
- Spitz, R., Pereira, C., Jr., Cardarelli Leite, L., Pedruzzi Ferranti, M., Kogut, R., Oliveira, W. et al. (2017). Gamification, citizen science and civic engagement. In search of the common good. *Balance-Unbalance 2017*. Plymouth. <http://balance-unbalance2017.org/events/gamification-citizen-science-and-civic-engagement-in-search-of-the-common-good/>.
- Stodden, V. (2014). *What Scientific Idea Is Ready for Retirement?* Edge Foundation. <https://www.edge.org/responses/what-scientific-idea-is-ready-for-retirement> (consulté le 5 juin 2018).
- Storksdieck, M., Shirk, J.L., Cappadonna, J.L., Domroese, M., Göbel, C., Haklay, M. et al. (2016). Associations for citizen science: Regional knowledge, global collaboration. *Citizen Science: Theory and Practice* 1(2). <https://doi.org/10.5334/cstp.55>.
- Takahashi, D. (2017). *Got It Debuts Knowledge-as-a-Service That Uses AI to Help You Find Human Experts*. VentureBeat. <https://venturebeat.com/2017/06/06/got-it-debuts-knowledge-as-a-service-that-uses-ai-to-find-you-human-experts/>.
- Tengö, M., Brondizio, E.S., Elmqvist, T., Malmier, P. et Spierenburg, M. (2014). Connecting diverse knowledge systems for enhanced ecosystem governance: The multiple evidence base approach. *Ambio* 43(5), 579-591. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0501-3>.
- The Economist* (2017). The world's most valuable resource is no longer oil, but data. <https://www.economist.com/news/leaders/21721656-data-economy-demands-new-approach-antitrust-rules-worlds-most-valuable-resource>.
- Thomas, R. et McSharry, P. (2015). *Big Data Revolution: What Farmers, Doctors and Insurance Agents Teach Us about Discovering Big Data Patterns*. Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Big+Data+Revolution%3A+What+farmers%2C+doctors+and+insurance+agents+teach+us+about+discovering+big+data+patterns-p-9781118943717>.
- Tsuji, L.J.S. (1996). Cree traditional ecological knowledge and science: A case study of the sharp-tailed grouse, *Tympanuchus phasianellus phasianellus*. *The Canadian Journal of Native Studies* 16(1), 67-79. http://www3.brandou.ca/cjns/16_1/tsuji.pdf.
- Tsuji, L.J.S. et Ho, E. (2002). Traditional environmental knowledge and western science: In search of common ground. *The Canadian Journal of Native Studies* 22(2), 327-360. http://www3.brandou.ca/cjns/22_2/cjnsv22no2_pg327-360.pdf.
- Uitto, J. (2016). Use of big data in environmental evaluation. Focus session on use of new technologies in M&E and implications for evaluation. *19th Meeting of the DAC Network on Development Evaluation*. Paris, 26-27 avril 2016. <https://www.gefco.org/sites/default/files/ieo/ieo-documents/Presentation-big-data.pdf>.
- Université de l'Ouest de l'Angleterre – Unité de communication scientifique (2013). *Science for Environment Policy. In-Depth Report: Environmental Citizen Science*. Rapport produit pour la Commission européenne. http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR9_en.pdf.
- UrbanEmissions.info (2016). *Air Quality Forecasting for All India*. <http://www.urbanemissions.info/> (consulté le 11 octobre 2018).
- Vacarelu, F. (2017). New paper from UN Global Pulse and UNHCR explores use of digital data for insights into forced displacement. *Global Pulse*. <https://www.unglobalpulse.org/news/new-paper-unglobal-pulse-and-unhcr-explores-use-digital-data-insights-forced-displacement>.
- Van Vliet, K. et Moore, C. (2016). Citizen science initiatives: Engaging the public and demystifying science. *Journal of Microbiology & Biology Education* 17(1), 13-16. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i1.1019>.
- Vidal, J. (2016). The tribes paying the brutal price of conservation. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/global-development/2016/aug/28/exiles-human-cost-of-conservation-indigenous-peoples-eco-tourism>.
- Webb, A. et Usher, D. (2017). New vulnerability monitoring platform to assist drought-affected populations in Indonesia. *Global Pulse*. <https://www.unglobalpulse.org/news/new-vulnerability-monitoring-platform-assist-drought-affected-populations-indonesia>.
- Wells, T.N.C., Willis, P., Burrows, J.N. et van Huijsduijn, R.H. (2016). Open data in drug discovery and development: Lessons from malaria. *Nature Reviews: Drug Discovery* 15(10), 661-662. <https://doi.org/10.1038/nrd.2016.154>.
- Williams, T. et Hardison, P. (2013). Culture, law, risk and governance: Contexts of traditional knowledge in climate change adaptation. *Climatic Change* 120, 531-544. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0850-0>.
- World Wide Web Foundation (2017). *Open Data Barometer: rapport mondial, 4^e édition*. World Wide Web Foundation. <https://opendatabarometer.org/doc/4thEdition/ODB-4thEdition-GlobalReport-FR.pdf>.





Annexes





Annexe 1-1: Mission du sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial

Dans le cadre du mandat du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), qui consiste à soumettre l'environnement à un examen continu, les États membres ont demandé au PNUE de poursuivre la surveillance de la dimension environnementale des objectifs de développement durable (ODD) qui sont au cœur du Programme de développement durable à l'horizon 2030 (ONU, 2015a). Le rapport GEO-6, un outil puissant pour renforcer le rôle du PNUE au confluent de la science et de la politique, remplit des fonctions multiples :

- ❖ Soutenir le rôle primordial du PNUE dans la publication d'évaluations, d'analyses stratégiques ou intégratives et la formulation d'approches pour réaliser la dimension environnementale des ODD, y compris le processus de suivi et d'examen.
- ❖ Être l'instrument du PNUE pour l'appui aux États membres, aux grands groupes, aux parties prenantes et aux entités du système des Nations Unies dans la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030, par le biais du cadre de stratégies pour l'environnement à l'échelle du système des Nations Unies (*System-Wide Framework of Strategies on the Environment*) des Nations Unies adopté en 2016.
- ❖ Aider le PNUE à aligner sa planification stratégique sur le Programme de développement durable à l'horizon 2030 (Programme 2030) et à renforcer la collaboration avec le reste du système des Nations Unies et, ce faisant, intégrer l'environnement dans les cadres normatifs mondiaux et traiter les questions environnementales émergentes (PNUE, 2016d).

L'évaluation GEO-6 respecte également les principes fondamentaux du PNUE en ce qui concerne la réalisation de la dimension environnementale du Programme de développement durable à l'horizon 2030, y compris les principes suivants :

- a) l'universalité [tous les peuples – par-delà les frontières – dans le cadre d'une action collective] : d'envergure mondiale, le Programme 2030 couvre toutes les nations. C'est un programme commun qui exige une réponse collective de la part de la communauté internationale, des gouvernements, des entreprises et des groupes de citoyens ;
- b) les droits de la personne et l'équité [vecteurs d'un monde juste, équitable et durable] : le Programme 2030 préconise une répartition plus équilibrée des richesses et des ressources, l'égalité des chances, un accès équitable à l'information et le maintien de l'État de droit, y compris le

développement de nouvelles approches qui renforcent les capacités à tous les niveaux de la société ;

- c) l'intégration [agissant comme un tout harmonieux] : les approches antérieures traitaient les dimensions sociale, environnementale et économique du développement durable comme des dimensions isolées ; le nouveau programme intègre quant à lui l'ensemble de ces trois dimensions de façon équilibrée ;
- d) l'innovation [l'invention est la clé de voûte du progrès] : l'accélération et le transfert des innovations technologiques sont essentiels à la réalisation du Programme 2030. Le monde aura besoin de nouvelles voies d'innovation qui s'appuieront sur la science officielle, les savoirs traditionnels et la sagesse des citoyens (PNUE, 2015b).

Comparativement aux précédents rapports GEO, la sixième édition constitue la première base de référence intégrative produite à l'aune des mégatendances mondiales confirmées par diverses sources de données et d'informations en libre accès, et une base de connaissances plurielle, tenant dûment compte des questions liées au genre et à la jeunesse, des savoirs autochtones et des dimensions culturelles. Autre nouveauté dans la présente édition : l'intégration et l'examen des aspects économiques du développement durable et de la dimension de l'équité sociale tout au long de l'évaluation, non seulement pour renforcer la pertinence globale des politiques, mais également pour souligner un fait avéré : les changements environnementaux et la dégradation de l'environnement exercent une pression significative sur la prospérité économique mondiale, la justice sociale et le bien-être humain. Le rapport GEO-6 se penche également sur l'impact des enjeux liés à la prospérité économique et à la justice sociale sur la dégradation de l'environnement.

Le processus GEO a posé les jalons d'une évaluation socio-économique et environnementale continue et intensifiée à toutes les échelles pertinentes, témoignant d'une vision à la fois thématique et intégrative, facilitant et éclairant les transitions sociétales et le suivi des ODD et de leurs cibles, ainsi que des objectifs environnementaux précédemment convenus au niveau international. En substance, le rapport GEO-6 vise à aider les États membres, les organismes internationaux et les principaux intervenants (tels que les organisations non gouvernementales) à emprunter la voie la plus efficace pour opérer la transition vers un avenir durable à diverses échéances (2030-2050), en tenant compte des interdépendances notables entre l'environnement et le bien-être des populations (à l'instar de l'approche « Une planète saine pour des populations en bonne santé »).

Annexe 1-2 : Corpus d'évaluations environnementales intégrées dont s'inspire le sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial



Le rapport GEO-6 se nourrit des conclusions des principales évaluations environnementales mondiales, notamment celles du GIEC et de l'IPBES, et les intègre.

Tableau A.1 : Exemples d'évaluations environnementales mondiales et leurs liens avec le rapport GEO-6

Évaluation	Organisations responsables	URL	Objectifs	Liens avec le rapport GEO-6
Rapports d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)	PNUE, OMM	http://www.ipcc.ch	Fournir aux décideurs politiques des évaluations périodiques des bases scientifiques du changement climatique, de ses impacts et des risques futurs, ainsi que des pistes d'adaptation et d'atténuation.	Les résultats constituent un référent clé, car ils abordent le changement climatique en tant que question transversale, influant sur tous les autres thèmes, y compris les réponses stratégiques et les perspectives.
Évaluations mondiales et régionales de la biodiversité et des services écosystémiques (IPBES)	PNUE, UNESCO, FAO, PNUD	http://www.ipbes.net	Évaluer l'état et les tendances de la biodiversité et des services écosystémiques apportés à la société, en réponse aux demandes des décideurs. Renforcer les liens entre science et politiques pour la biodiversité et ses services écosystémiques aux fins de la conservation et de l'utilisation durable de la biodiversité, du bien-être humain à long terme et du développement durable.	Les résultats constituent un référent clé pour les chapitres sur l'état de l'environnement portant sur les biotes, les terres, l'eau douce et les océans. Les résultats ont également servi de référence dans la partie B (Politiques et gouvernance) et la partie C (Perspectives).
Perspectives mondiales de la diversité biologique 4	Convention sur la diversité biologique (CDB)	https://www.cbd.int/gbo4	Évaluer et résumer périodiquement les données les plus récentes sur l'état de la biodiversité et tirer des conclusions pertinentes pour la poursuite de la mise en œuvre de la Convention.	Référent clé pour le chapitre thématique sur la biodiversité, y compris les réponses stratégiques et les perspectives.
Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau (WWAP)	UNESCO, initiative interinstitutionnelle des Nations Unies (ONU-Eau)	http://www.unesco.org/new/fr/natural-sciences/environment/water/wwap/	Examen complet livrant une vue d'ensemble de l'état des ressources mondiales en eau douce et visant à doter les décideurs des outils nécessaires pour assurer une utilisation durable des ressources en eau. Fournir un mécanisme de surveillance des changements affectant les ressources et leur gestion, tout en suivant les progrès vers la réalisation des cibles, en particulier celles des OMD et des ODD. Proposer des pratiques exemplaires ainsi que des analyses théoriques approfondies pour faire émerger des idées et des actions en vue d'une meilleure intendance du secteur de l'eau.	Les rapports dans le cadre du WWAP et leurs résultats ont fait office de référents pour le chapitre thématique sur l'eau douce et les questions transversales connexes, y compris les réponses stratégiques et les perspectives.
Évaluation des océans du monde I (2015)	Groupe d'experts du Mécanisme, Assemblée générale des Nations Unies	http://www.worldoceanassessment.org	Mécanisme mondial d'examen continu de l'état du milieu marin, y compris les aspects socio-économiques, par la prestation d'évaluations mondiales et suprarégionales périodiques et la formulation d'une vision intégrée des aspects environnementaux, économiques et sociaux.	Les résultats de la première Évaluation des océans du monde ont servi de référents pour le chapitre thématique sur les océans, les régions côtières et les questions transversales pertinentes, notamment les réponses et les perspectives stratégiques.



Évaluation	Organisations responsables	URL	Objectifs	Liens avec le rapport GEO-6
Évaluation mondiale de la dégradation des sols, Évaluation mondiale de la santé des sols (2015)	FAO, PNUE	http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/indicateurs-et-evaluation-de-la-sante-des-sols-du-monde/fr/	Fournir une évaluation scientifique globale des conditions actuelles et projetées des sols en s'appuyant sur l'analyse des données et les expertises régionales. Étudier les implications de cet état des sols pour la sécurité alimentaire, le changement climatique, la qualité et la quantité de l'eau, la diversité biologique, ainsi que la santé et le bien-être humains. Conclure par une série de recommandations pour l'action des décideurs politiques et autres parties prenantes.	Les résultats de ces évaluations ont servi de référents pour le chapitre thématique sur les terres et les questions intersectorielles pertinentes, telles que la sécurité alimentaire, y compris les réponses stratégiques et les perspectives.
Perspectives territoriales mondiales (PTM) (2017)	CNULCD	https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res_French_0.pdf	Les PTM présentent un aperçu de l'état des terres et un ensemble clair de réponses pour optimiser l'utilisation, la gestion et la planification des terres, et créer ainsi des synergies intersectorielles dans la prestation de biens et de services axés sur la terre. Cette approche intégrée est à la base du cadre conceptuel de la neutralité de la dégradation des terres, une cible perçue comme le moteur essentiel pour la mise en œuvre de la CNULCD et un volet important du Programme 2030.	Les résultats des PTM ont été utilisés aux fins du chapitre thématique sur les terres et les sols et des questions intersectorielles pertinentes, telles que la sécurité alimentaire, y compris les réponses stratégiques et les perspectives.
Perspectives mondiales en matière de gestion des déchets (2015)	PNUE, Association internationale des déchets solides	https://www.unep.org/resources/report/global-waste-management-outlook	Évaluer l'état global de la gestion des déchets. Élaborer une approche holistique en la matière et reconnaître que la gestion des déchets et des ressources contribue substantiellement au développement durable et à l'atténuation des effets du changement climatique. En complément des ODD du Programme de développement post-2015, les Perspectives énoncent des objectifs mondiaux de gestion des déchets et lancent un appel mondial à l'action pour atteindre ces objectifs.	Les résultats des Perspectives mondiales en matière de gestion des déchets ont servi de référents pour aborder les principaux défis de la gestion des déchets et des ressources en tant que questions transversales dans le rapport GEO-6, y compris les réponses stratégiques et les perspectives.
Perspectives mondiales en matière de produits chimiques I	PNUE	https://www.unep.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/policy-and-governance/global-chemicals-outlook	Promouvoir une compréhension globale de l'environnement ainsi qu'une évaluation actualisée abordant les tendances et les changements qui touchent la production et l'utilisation des produits chimiques, leurs effets sur la santé et l'environnement, les implications économiques et les axes d'intervention stratégiques tout au long de leur cycle de vie. Le premier rapport « Perspectives mondiales en matière de produits chimiques » se veut un document informatif qui illustre à la fois l'intérêt économique et la nécessité d'investir dans une bonne gestion des produits chimiques.	Les résultats avancés dans le premier rapport « Perspectives mondiales en matière de produits chimiques » ont servi de référents pour faire face aux principaux défis liés aux produits chimiques sous forme de questions transversales dans le rapport GEO-6, y compris les réponses stratégiques et les perspectives.
Évaluation mondiale du mercure (2002, 2008, 2013, 2018)	PNUE	https://www.unep.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/mercury/global-mercury-assessment	L'Évaluation mondiale du mercure regroupe les données les plus récentes disponibles sur les émissions, les rejets et le transport du mercure dans les milieux atmosphériques et aquatiques à l'échelle mondiale. Elle est destinée à éclairer la prise de décisions, l'accent étant mis sur les émissions (de mercure dans l'atmosphère) et les rejets (de mercure dans l'eau et la terre) anthropiques, c'est-à-dire liés aux activités humaines.	Les résultats de la dernière Évaluation mondiale du mercure (2013-2018) ont servi de référents dans le chapitre thématique sur l'air et pour le thème transversal des produits chimiques, y compris les réponses stratégiques et les perspectives.
Rapport sur les perspectives mondiales en matière de genre et d'environnement (GGEO) (2016)	PNUE	https://www.unep.org/resources/report/global-gender-and-environment-outlook-ggeo	Le rapport GGEO propose pour la première fois un aperçu mondial complet des liens entre l'égalité entre les sexes et l'environnement dans le contexte des ODD et du Programme 2030. Il se donne pour objectifs de favoriser la compréhension de l'environnement au travers du prisme de genre en vue d'une meilleure prise en compte de cette variable dans l'élaboration et la mise en œuvre des politiques internationales et nationales sur l'environnement, et d'amplifier l'impact produit par le biais de partenariats.	Pour les chapitres 4 et 17 sur les questions transversales, le rapport GGEO a joué un rôle déterminant, en servant de base à l'analyse des rapports de genre. Comme ce rapport examine les aspects sexospécifiques de divers domaines, politiques, données et approches touchant l'environnement, ses idées phares sont également intégrées dans plusieurs autres chapitres et sections du rapport GEO-6.

Annexe 1-3 : La théorie du changement mise en œuvre dans le sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial (GEO-6)



Fondée sur les principes des évaluations environnementales intégrées, la théorie du changement proposée dans le rapport GEO-6 est intégrée à la structure et à la visée du rapport. Elle repose sur un processus social qui fait évoluer une communauté d'institutions et d'individus vers une nouvelle façon de penser (stratégiquement) et d'agir (en fonction des objectifs). Grâce à ce processus social, les données probantes présentées dans l'évaluation GEO-6 sont considérées comme légitimes, crédibles et pertinentes (ou parlantes) pour la communauté, ce qui facilite leur acceptation en tant que contribution à une politique environnementale améliorée, un vecteur de progrès sur la voie du développement durable.

Le rapport GEO-6 se veut un agent de changement, par son processus englobant les données, la science et les approches expérimentales et participatives. Il s'appuie sur des perspectives multidisciplinaires pour générer des conclusions fondées sur les connaissances. Le rapport GEO-6 vise également le changement en faisant ressortir les avantages et le potentiel, pour les citoyens et les communautés, que recèlent les réformes, voire ruptures, préconisées. Les nouvelles technologies, notamment en lien avec l'observation de la Terre, ont révolutionné notre capacité à comprendre les changements environnementaux et leurs impacts sur le bien-être humain, et vice-versa. Le rapport GEO-6 vise à communiquer les résultats de son évaluation de manière à pouvoir influencer l'action des parties prenantes et des décideurs. Cette approche facilite, à son tour, l'élaboration de réponses stratégiques

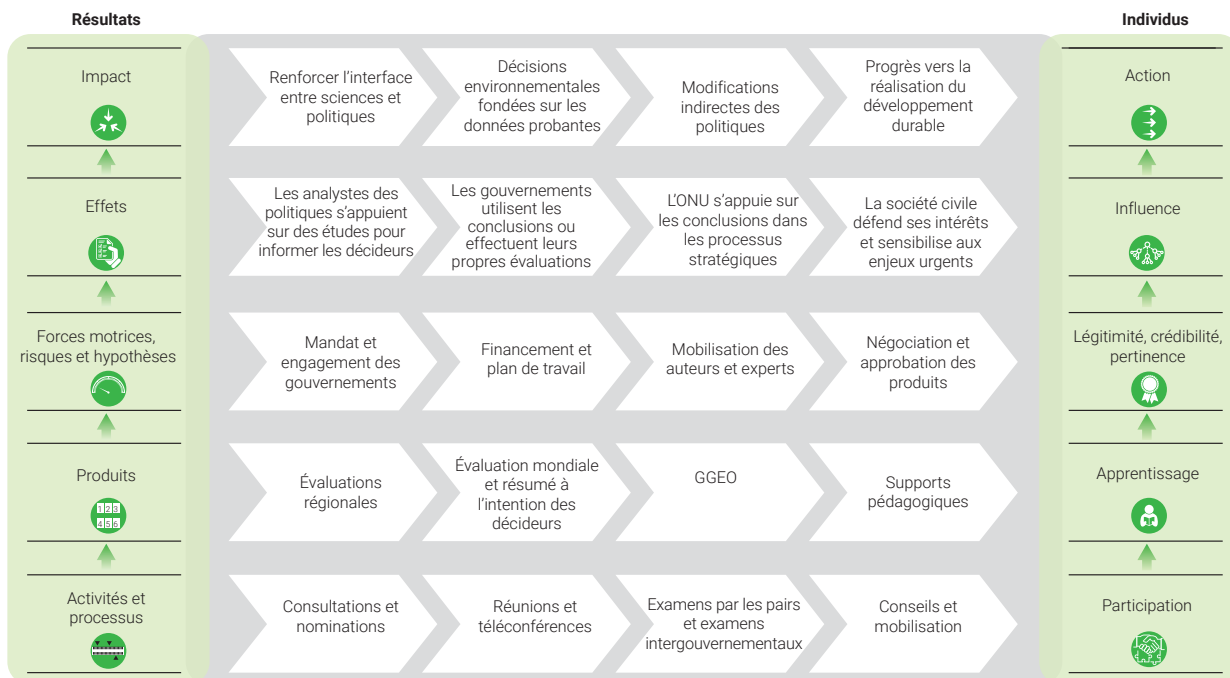
plus appropriées, plus équitables et plus efficaces, notamment en orientant l'investissement, la production, la distribution et la consommation sur des voies plus durables, et en améliorant les capacités de gouvernance tous azimuts.

La **figure A.1** illustre comment le GEO produit un impact notable par sa capacité à influencer les actions des individus.

Activités et processus

Le processus de *L'avenir de l'environnement mondial* est lancé dans le cadre d'une série de consultations avec des gouvernements et d'autres parties prenantes. À partir de ces consultations, les nominations des fonctionnaires, des parties prenantes et des experts participant au processus permettent de constituer la communauté qui assurera le suivi du processus et sera guidée par celui-ci. Des réunions et des conférences téléphoniques régulières sont nécessaires pour pérenniser l'engagement de ces communautés et recueillir leurs avis, afin qu'elles s'approprient le processus et le produit qui en résulte. Les processus d'examen par les pairs et d'examen intergouvernemental permettent à une communauté élargie d'experts, de fonctionnaires et de parties prenantes d'émettre leur point de vue, d'offrir leur expertise et d'élever le niveau d'engagement. Les membres de la communauté, motivés par le sentiment d'appropriation découlant de leur participation au processus, deviennent les ambassadeurs de la vision portée par le rapport GEO.

Figure A.1 : Théorie du changement du rapport GEO-6





Produits

Les quatre principaux produits du processus GEO contiennent les données probantes et la logique sous-tendant les conclusions susceptibles d'influer sur la trajectoire future des politiques afférentes à l'environnement et au développement durable. En voici une brève description :

- ❖ Six évaluations environnementales régionales mettent des informations pertinentes à la disposition des décideurs et proposent des perspectives d'action à l'échelon régional ou national. Ces évaluations régionales favorisent l'appropriation des conclusions à un échelon où les pouvoirs publics ont une marge de manœuvre. En outre, divers regroupements géographiques sont mis à contribution dans le processus de mise en œuvre des conclusions du rapport GEO.
- ❖ La publication des évaluations régionales est suivie de la conduite d'une évaluation environnementale mondiale portant sur des questions plus globales, telles que l'état de l'environnement mondial, et présentant des conclusions à un échelon où les pouvoirs publics peuvent agir conjointement.
- ❖ L'une des principales questions d'équité associées à l'analyse environnementale tient à l'analyse, différenciée selon le sexe, des impacts et des actions sur l'environnement. À cet égard, un lien systémique est établi avec le rapport GGEO.
- ❖ Les conclusions et les nouvelles connaissances apportées par le rapport GEO devraient être traduites et diffusées sous forme d'outils d'enseignement et de vulgarisation, afin de renforcer les capacités ; ce, afin de démocratiser l'accès du rapport, notamment auprès des jeunes et des éducateurs, et de favoriser la communication de ses conclusions et des nouvelles orientations préconisées, prolongeant par là même son impact sur les changements environnementaux et la viabilité des actions menées sur le long terme.

Forces motrices, hypothèses et risques

Le processus d'évaluation repose sur différentes hypothèses, à commencer par la capacité à présenter ses conclusions comme légitimes, scientifiquement crédibles et pertinentes aux yeux des publics visés, en particulier les pouvoirs publics. Ces trois critères sont définis comme suit :

- ❖ Conclusions légitimes : considérées comme impartiales, respectant la diversité des points de vue des parties prenantes et conformes aux lois et règlements en vigueur.
- ❖ Conclusions crédibles : considérées comme scientifiquement solides et faisant autorité, produisant une information fiable, à laquelle on peut accorder crédit.
- ❖ Conclusions pertinentes : considérées comme opportunes et conformes aux besoins des utilisateurs finaux.

Le rapport GEO tire sa légitimité, sa crédibilité et sa pertinence de différents facteurs, à partir de certaines hypothèses et sous réserve de certains risques :

- ❖ Les pouvoirs publics définissent un mandat clair pour la production du rapport GEO et aident à définir certains paramètres clés tels que les délais, la structure organisationnelle, le plan de travail et les grands axes analytiques.
- ❖ Un financement suffisant est mis à disposition, suivant un plan de travail clairement défini, qui est élaboré et approuvé par le Secrétariat en concertation avec les organes consultatifs compétents qui sont parties au processus.
- ❖ Une cohorte suffisamment élargie et diversifiée d'auteurs et d'experts est engagée pour produire le rapport de sorte à garantir la crédibilité scientifique de l'évaluation et à consacrer

le temps nécessaire à l'analyse et à la rédaction des chapitres pendant la durée convenue du programme de travail. Cette cohorte comprend les pairs examinateurs et d'autres experts intervenant en dehors du processus principal de rédaction.

- ❖ Un processus intensif de négociation des produits connexes destinés aux décideurs (par exemple, le *Résumé à l'intention des décideurs*) est mis en œuvre. Ce processus transparent tient compte des points de vue de tous les États membres. Les produits en question contribuent à accroître la légitimité du processus d'évaluation, et des recommandations ciblées pourront renforcer leur crédibilité.

Résultats

Le processus GEO table sur la prise de conscience de l'état actuel de l'environnement et sur la connaissance des solutions stratégiques permettant d'y faire face, tout en envisageant les conséquences futures de l'inaction et en anticipant les bénéfices des initiatives permettant la réalisation des objectifs environnementaux. Pour concrétiser ces objectifs, les divers acteurs doivent comprendre ou mettre à profit les conclusions de l'évaluation et les appliquer dans leur travail quotidien et leur vie personnelle, ce qui signifie :

- ❖ que les analystes des politiques ont accès aux conclusions du rapport GEO, les comprennent et savent en tirer parti afin de sensibiliser les décideurs ;
- ❖ de façon plus générale, que les acteurs publics (et éventuellement d'autres entités non étatiques) se saisissent des conclusions et s'en servent pour faire avancer leurs politiques. La méthodologie du rapport GEO peut également constituer un référent pour les aider à préparer leur propre évaluation régionale, nationale ou infranationale, s'il y a lieu ;
- ❖ que les intervenants au sein de l'ONU et des autres organisations internationales sont en mesure de comprendre les conclusions du rapport GEO et de les appliquer à leurs évaluations, à leurs politiques et à leurs pratiques ;
- ❖ que la société civile et les organisations non gouvernementales sont à même de s'emparer des conclusions du rapport GEO et de les intégrer à leurs propres travaux, par exemple en agissant sur l'élaboration des politiques et la prise de décisions concernant l'environnement.

Impact

Les réponses et les mesures mises en œuvre par les pouvoirs publics, les institutions et les particuliers dans leur domaine de travail et leur vie quotidienne permettront de juger de l'impact du rapport GEO. Pour accroître cet impact, le PNUE facilite les mesures visant à :

- ❖ aider les pays à renforcer l'interface entre sciences et politiques par la promotion du processus GEO et de ses conclusions ;
- ❖ promouvoir la prise de décision fondée sur des données probantes en s'appuyant sur les conclusions du rapport GEO, sur ses divers produits dérivés et sur d'autres sources scientifiques ;
- ❖ encourager, directement et indirectement, la réforme des politiques régionales et nationales à l'aune des orientations du processus GEO et de ses rapports.

La théorie du changement qui sous-tend le GEO aide les divers acteurs, y compris les administrations nationales, à accomplir des progrès vers l'atteinte des objectifs de développement durable. L'intégration des conclusions du rapport GEO dans le processus stratégique et la mise en œuvre du Programme 2030 peut y contribuer.

Annexe 1-4 : Structure et explication des niveaux de confiance utilisés dans le sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial



Orientations du Groupe consultatif scientifique

Le présent document est une adaptation des orientations élaborées par la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), IPBES/5/INF/6.

Élaboration et application des niveaux de confiance

La caractérisation et la communication du degré de confiance et d'incertitude associé aux conclusions sont essentielles pour garantir la crédibilité scientifique du processus d'évaluation, aider les parties prenantes et les décideurs à comprendre la force et la portée de la base de données probantes sous-jacente et éclairer la prise de décision. La présente note d'orientation vise à accompagner les auteurs de *L'avenir de l'environnement mondial* (GEO-6) dans la description cohérente et transparente de la part de confiance et d'incertitude dont leurs conclusions sont empreintes. La note suggère une approche commune et le recours à un vocabulaire gradué qui peuvent servir de façon générale à élaborer des jugements d'experts ainsi qu'à évaluer et communiquer le degré de certitude.

Qu'est-ce que la confiance?

Dans une évaluation, le niveau de confiance correspond au degré d'assurance des auteurs quant aux résultats (données et informations) présentés dans les différents chapitres. Un faible niveau de confiance signifie que, faute de connaissances exhaustives, nous ne pouvons pas expliquer entièrement un résultat ou prédire de façon fiable un effet futur, tandis qu'un niveau de confiance élevé indique la possession de connaissances approfondies et la capacité d'expliquer un effet ou de prédire des conséquences avec un degré de certitude supérieur.

Trois éléments clés d'une évaluation doivent toujours être assortis de niveaux de confiance :

1. les conclusions principales énoncées dans la **synthèse** de chaque chapitre technique d'un rapport d'évaluation ;
2. les conclusions principales énoncées dans toute **synthèse technique** produite à partir du rapport principal ;
3. le **Résumé à l'intention des décideurs**.

Il n'est pas obligatoire d'appliquer des niveaux de confiance dans l'ensemble du texte principal du rapport d'évaluation. Toutefois, dans certaines parties, notamment dans les domaines où l'on doit décrire un éventail de points de vue, l'équipe d'auteurs peut indiquer des niveaux de confiance si elle le juge approprié. Il ne faut en aucun cas mentionner un niveau de confiance de façon improvisée ou désinvolte, afin d'éviter toute source de confusion. N'utilisez les termes consacrés que si vous avez suivi les étapes recommandées pour évaluer le niveau de confiance.

L'évaluation de la confiance

Lors de l'élaboration de ses conclusions principales, l'équipe d'auteurs doit évaluer les données probantes connexes et le niveau de consensus observé dans le corpus de données probantes. Selon la nature des données évaluées, l'équipe peut soit attribuer un degré de confiance qualitatif, soit quantifier de façon probabiliste l'incertitude associée à une conclusion. Une évaluation qualitative de la confiance reflète un jugement d'expert sur le niveau de consensus et les données probantes. Une évaluation quantitative de la confiance est une estimation de la vraisemblance de la survenue future d'une conséquence prédéfinie. Les estimations probabilistes sont fondées sur l'analyse statistique des observations et/ou des résultats des modèles, combinée à un

jugement expert. Toutefois, compte tenu de la nature des données probantes disponibles, il est parfois impossible de fournir une évaluation quantitative du niveau de confiance lié à une conclusion.

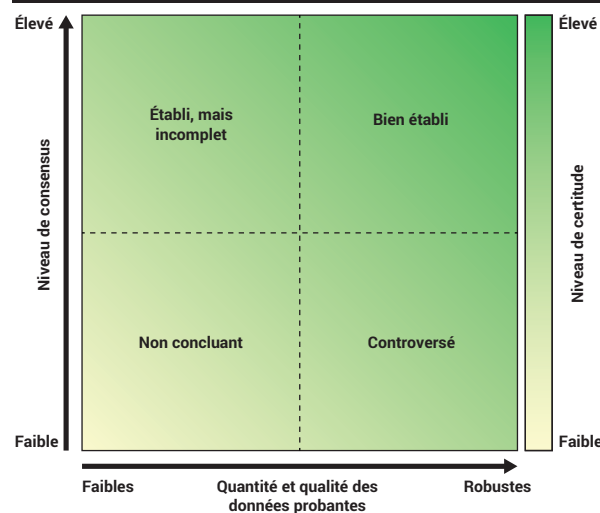
Afin d'assurer l'uniformité des communications, des termes spécifiques servent à décrire le niveau de confiance ou le degré d'incertitude. Le choix du terme repose sur le jugement expert de l'équipe d'auteurs quant à la quantité et à la qualité des preuves corroborantes et quant au niveau de consensus scientifique.

Le sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial utilise un modèle de confiance à quatre cases (**figure A.2**), fondé sur les données probantes et le niveau de consensus, qui se divise en quatre niveaux de confiance principaux pour l'évaluation qualitative de la confiance : « *bien établi* » (données abondantes, niveau de consensus élevé), « *controversé* » (données abondantes, niveau de consensus faible), « *établi, mais incomplet* » (données restreintes, niveau de consensus élevé) et « *non concluant* » (données restreintes ou inexistantes, niveau de consensus faible).

L'évaluation qualitative de la confiance

La présente section traite du processus et des termes que toutes les équipes d'auteurs doivent adopter pour évaluer et communiquer un niveau de confiance qualitatif. Les facteurs suivants sont à prendre en compte lors de l'évaluation de la confiance dans un message ou une conclusion : le type, la quantité, la qualité et l'uniformité des données probantes (la documentation existante examinée par des pairs, la littérature grise, etc.) et le niveau de consensus (concordance entre les données, entre les publications et entre les experts, et pas seulement au sein de l'équipe d'auteurs). Le jugement expert de l'équipe d'auteurs sur le niveau de preuve et de consensus sert de base pour l'application d'un degré de confiance (**figure A.2**) :

Figure A.2 : Modèle à quatre cases pour l'indication qualitative du degré de confiance



Il est à noter que les niveaux extrêmes de probabilité sont intégrés aux niveaux plus généraux des catégories « probable » et « improbable ».

Source : Adapté de Mastrandrea et al. (2010).



- ❖ **Non concluant** – issu ou relevant d’une suggestion ou d’une spéculation ; absence de données probantes ou données lacunaires ; aucun consensus clairement établi sur les données probantes.
- ❖ **Controversé** – traité dans de nombreuses études indépendantes, qui arrivent toutefois à des conclusions divergentes.
- ❖ **Établi, mais incomplet** – suscitant un accord général entre un nombre toutefois restreint d’études, sans synthèse complète; traitement imprécis de la question dans les études existantes.
- ❖ **Bien établi** – méta-analyse ou synthèse complète ; consensus entre plusieurs études indépendantes.

La case **bien établi** de la **figure A.2** peut être subdivisée afin de donner à l’équipe d’auteurs la souplesse nécessaire pour mettre l’accent sur les messages et conclusions clés auxquels elle accorde un très haut niveau de confiance :

- ❖ **Très bien établi** – base de données probantes très complète ; très faible niveau de divergence.
- ❖ **Quasi certain** – base de données très solide couvrant de multiples échelles temporelles et spatiales ; presque aucune divergence.

Il convient de noter que l’expression « quasi certain » indique une évaluation qualitative de la confiance. Elle ne doit pas être interprétée de manière probabiliste, et aucun niveau de « signification statistique » ne s’y rattache. Ces subdivisions de la case « bien établi » donnent aux auteurs la souplesse nécessaire pour mettre l’accent sur les conclusions qui peuvent être considérées comme des faits ou qui reflètent un consensus scientifique.

Le niveau de confiance des conclusions subordonnées à d’autres conclusions doit faire l’objet d’évaluations et de rapports distincts.

Lors de l’évaluation des niveaux de preuve et de consensus se rattachant à un énoncé, il importe de normaliser l’utilisation des niveaux au sein de chaque équipe d’auteurs, entre les équipes et, si possible, dans l’ensemble de l’évaluation, pour en garantir une utilisation uniforme. Pour normaliser l’utilisation des niveaux de confiance ci-dessus, l’équipe d’auteurs peut se concentrer sur les messages et les conclusions consignés dans les **Synthèses** et discuter des niveaux à appliquer et des raisons motivant chaque choix. Le cas échéant, les équipes peuvent envisager d’utiliser des méthodes formelles de sollicitation pour organiser et quantifier la sélection des niveaux de confiance.

L’équipe d’auteurs doit être consciente de la propension de certains groupes à convenir d’un point de vue exprimé et à y accorder une confiance démesurée. Une méthode permettant d’éviter une telle situation consiste à demander à chaque membre de l’équipe d’auteurs de consigner son évaluation individuelle du niveau de confiance avant d’engager une discussion de groupe. Faute de la mise en place de cette étape avant les débats, la discussion et l’évaluation de certains points de vue importants et des différents degrés de confiance importants risquent d’être insuffisantes. Il importe de reconnaître l’évolution de certains points de vue individuels à la suite d’interactions en groupe et de se donner le temps d’examiner ces changements (Mastrandrea *et al.*, 2010). Quelle que soit l’approche adoptée, la production et la consignation de comptes rendus traçables s’imposent pour démontrer comment s’est opérée l’évaluation du niveau de confiance (voir la section « La traçabilité » ci-après).

Il importe de faire preuve de rigueur dans la formulation des messages et conclusions clés, car elle reflète notre capacité à communiquer clairement notre approche s’agissant du degré de confiance. Par exemple, il arrive que la principale conclusion

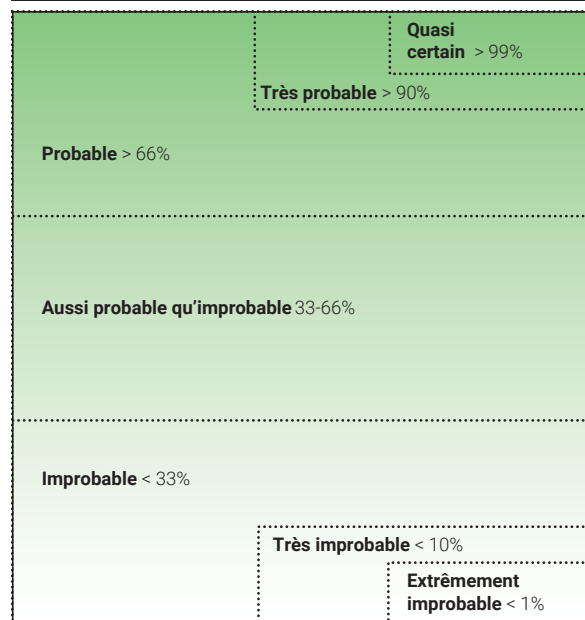
combine un élément **bien établi** et un élément **établi, mais incomplet**. Dans ce cas, il peut être utile de structurer la formulation de manière à ce que l’élément **bien établi** vienne en premier et l’élément **établi, mais incomplet** soit présenté en second, ou fasse l’objet d’une autre phrase. Dans la mesure du possible, évitez d’utiliser les barèmes **controversé** et **établi, mais incomplet** : rédigez ou reformulez les messages et conclusions clés en fonction de ce qui relève du connu plutôt que de l’inconnu. L’équipe d’auteurs doit s’attacher à présenter ce qui est **bien établi** dans la mesure du possible, afin d’indiquer clairement aux décideurs ce qui est connu. L’attribution de niveaux de confiance à nos principales conclusions exige donc souvent une reformulation des phrases, plutôt que la simple adjonction d’un niveau de confiance au texte existant.

L’évaluation quantitative de la confiance

Dans bien des cas, il est possible d’évaluer quantitativement le niveau d’incertitude associé à un résultat ou un événement. La présente section traite du processus et des termes que l’équipe d’auteurs pourrait éventuellement appliquer pour évaluer et caractériser le niveau de confiance quantitatif corrélé à un résultat potentiel. La probabilité exprime une estimation probabiliste de la vraisemblance d’un événement unique ou d’un résultat dans une fourchette donnée. L’estimation probabiliste se fonde sur l’analyse statistique des observations et/ou celle des résultats d’un modèle, combinée à un jugement expert.

Lorsque l’information probabiliste disponible est suffisante, examinez les corpus de résultats et les probabilités qui y sont associées, en vous concentrant sur les résultats ayant des conséquences potentielles graves. Le jugement expert de l’équipe d’auteurs sur l’ordre de grandeur de la probabilité servira ensuite à appliquer un des degrés de vraisemblance présentés à la **figure A.3**.

Figure A.3 : Échelle de vraisemblance pour la communication quantitative de la probabilité qu’un effet se produise



Il est à noter que les niveaux extrêmes de probabilité sont imbriqués dans les niveaux plus larges des catégories «probable» et «improbable».

Source : Adapté de Mastrandrea *et al.* (2010).



Les catégories de la **figure A.3** peuvent être considérées comme imbriquées les unes dans les autres. Par exemple, le fait de décrire un effet comme **probable** ou **très probable** indique, dans les deux cas, que la probabilité de ce résultat pourrait se situer dans la plage 95-100 %, mais dans le cas d'un résultat **probable**, la plage plus large (66 à 100 %) indique un niveau de confiance plus élevé que pour un résultat **très probable** (90-100 %). En formulant son jugement expert, l'équipe d'auteurs devrait partir du barème **aussi probable qu'improbable** et se demander si les informations quantitatives disponibles suffisent pour attribuer la plage de probabilité **probable** ou **improbable**. Ce n'est qu'après avoir réfléchi à cette plage initiale que l'équipe d'auteurs se demandera si les données probantes sont suffisantes pour leur attribuer un niveau de probabilité extrême.

L'équipe d'auteurs doit noter que l'attribution d'un degré de probabilité concernant un effet donné implique que d'autres effets ont une probabilité inverse ; par exemple, si un effet est **probable** (plage 66-100 %), cela implique que d'autres effets sont **improbables** (0-33 % de probabilité).

Si l'équipe d'auteurs considère que les informations dont elle dispose sont suffisamment fiables pour faire une « estimation optimale » de la probabilité d'occurrence d'un événement, il sera alors préférable de préciser la plage complète des probabilités (par exemple, 90-95 %) dans le texte, sans utiliser les termes présentés à la **figure A.3**. De même, le niveau « **aussi probable qu'improbable** » traduit non pas un manque de connaissances, mais simplement une estimation de la probabilité basée sur les informations disponibles.

L'équipe d'auteurs doit être attentive à la manière dont sont formulés les messages et conclusions clés. La formulation d'un énoncé influence la façon dont il est interprété ; à titre d'exemple, une probabilité de décès de 10 % est interprétée de façon plus négative que des chances de survie de 90 %. Envisagez des énoncés réciproques pour éviter les interprétations erronées en termes de valeurs ; par exemple, indiquez à la fois le risque de décès et les chances de survie (Mastrandrea *et al.*, 2010).

Enfin, l'équipe d'auteurs évitera, en vue d'atteindre un consensus, d'éluider les événements prêtant à controverse tels que les impacts ou les événements ayant de graves conséquences, mais présentant un degré de probabilité extrêmement faible.

La présentation du niveau de confiance selon le modèle à quatre cases

Les niveaux de confiance sont indiqués dans le cadre des conclusions principales d'une évaluation. Ces conclusions sont présentées dans la **Synthèse** de chaque chapitre du rapport technique d'évaluation complet. Les conclusions principales sont constituées de faits et d'informations tirés directement du chapitre. Il est recommandé d'énoncer les principales conclusions comme suit :

La première phrase de la conclusion est en caractères gras et se termine par la mention d'un niveau de confiance tiré du modèle à quatre cases, en italique et entre parenthèses. Cette première phrase est suivie de deux à quatre phrases qui viennent étayer l'information qu'elle contient. Les phrases subséquentes peuvent être assorties d'un niveau de confiance entre parenthèses, le cas échéant. Il n'est pas nécessaire d'indiquer le niveau de confiance dans chaque phrase, si l'intégralité du paragraphe relève du même niveau.

Les termes employés pour le modèle à quatre cases et l'échelle de probabilité **sont proscrits** dans le texte de l'évaluation, sauf pour l'attribution formelle du niveau de confiance. Si, par exemple, le mot « probable » est utilisé dans un sens différent de celui défini pour l'échelle de probabilité, alors il devra être remplacé par un autre (par exemple, « vraisemblable »).

La présentation du niveau de confiance selon l'échelle de probabilité

Dans certains cas, comme ci-dessus, l'équipe d'auteurs sera éventuellement amenée à compléter le niveau de confiance **bien établi** par un degré tiré de l'échelle de probabilité. Si l'on utilise un degré de l'échelle de probabilité, on l'intègre dans le texte, en italique, avant l'impact ou l'effet dont il décrit la probabilité.

La traçabilité

L'équipe d'auteurs doit justifier son jugement expert quant à la confiance à l'endroit des messages et des conclusions clés en effectuant un compte rendu clair et traçable. Un compte rendu traçable est une description, dans le chapitre de l'évaluation, du type, de la quantité, de la qualité et de l'uniformité des données probantes et du niveau de consensus qui forment la base du message ou de la conclusion clé en question (Mastrandrea *et al.*, 2010). Dans la mesure du possible, la description doit préciser et analyser les vecteurs de confiance. L'utilisation de la typologie présentée dans le **tableau A.2** ci-après permet d'assurer l'uniformité dans le classement des vecteurs de confiance au sein des équipes d'auteurs et entre les équipes dans le cadre des évaluations de *L'avenir de l'environnement mondial*.

Il doit être aisé de retracer l'évolution d'un énoncé clé du **Résumé à l'intention des décideurs** en remontant jusqu'à un ou plusieurs énoncés de la **Synthèse**, puis jusqu'à une ou plusieurs sections du texte du chapitre et, le cas échéant, jusqu'aux sources primaires par recoupement des références.

Le renvoi à l'énoncé pertinent de la **Synthèse** est présenté entre accolades (par exemple, {1.2}).

Résumé des étapes de l'attribution des niveaux de confiance

Les étapes suivantes sont recommandées pour évaluer et indiquer le niveau de confiance dans les synthèses et les résumés à l'intention des décideurs :

1. Identifier les messages et conclusions clés du chapitre.
2. Évaluer les preuves justificatives et le niveau de consensus scientifique.
3. Établir si les données probantes sont probabilistes ou non (par exemple, tirées des prédictions d'un modèle).
4. Lorsque les données sont plutôt qualitatives ou probabilistes, choisir un terme du modèle à quatre cases (**figure A.2**) pour communiquer le niveau de confiance de l'équipe d'auteurs quant au message ou à la conclusion clé :
 - a) évaluer la quantité et la qualité des données probantes ainsi que le degré de convergence au sein de la communauté scientifique ;
 - b) déterminer le niveau de confiance de l'équipe d'auteurs et utiliser le terme correspondant.
5. Lorsque des estimations quantitatives concernant la probabilité qu'un résultat ou un impact se produise sont disponibles (par exemple, à partir des prédictions d'un modèle), choisir un degré de probabilité dans l'échelle de probabilité (**figure A.3**) pour communiquer le jugement expert de l'équipe d'auteurs quant à la plage des probabilités de survenue.
6. S'assurer que le texte principal contient toujours un « compte rendu traçable » décrivant comment l'équipe d'auteurs a adopté ce niveau de confiance, y compris les principaux axes de données probantes utilisés, la norme de preuve appliquée et les approches adoptées pour combiner ou rapprocher plusieurs axes de données.
7. FACULTATIF : Envisager de recourir à des cadres officiels pour évaluer le jugement expert de chaque équipe d'auteurs.

**Tableau A.2 : Sources d'un faible niveau de confiance**

Source d'un faible niveau de confiance	Définition et exemples	Qualités	Moyens de parer au manque de confiance
Sens imprécis des mots (incertitude linguistique)	Caractère vague et ambigu des termes EXEMPLE : Conclusion employant des termes tels que « bien-être humain », « risque », « reproduction probante des végétaux », « déficit de pollinisation ».	Réductible Non quantifiable	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Définition claire et commune des termes (glossaire de l'IPBES). ❖ Protocoles utilisés dans la modélisation basée sur des agents pour faire face à la dépendance au contexte.
Système intrinsèquement imprévisible (incertitude stochastique)	Faible confiance en raison de la nature chaotique des systèmes naturels, sociaux ou économiques complexes (incertitude « aléatoire »). Ce faible niveau de confiance s'applique aux conclusions fondées sur des variables météorologiques ou climatiques, ou sur des prix du marché. EXEMPLE : Déficit de pollinisation, valeurs mesurées localement.	Non réductible Quantifiable	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Communication claire. ❖ Recours à des approches probabilistes. ❖ Priorité accordée aux études multisites à grande échelle et à long terme pour quantifier la variation dans l'espace et le temps, afin de caractériser le faible niveau de confiance. ❖ Synthèse des données probantes. ❖ Renforcement des capacités des chercheurs et des décideurs.
Limites des méthodes et des données (incertitude scientifique)	Données insuffisantes pour répondre pleinement à la question, du fait du caractère insatisfaisant des méthodes, des outils statistiques, de la conception des expériences ou de la qualité des données (incertitude « épistémique »). EXEMPLE : Impacts des pesticides sur les populations de pollinisateurs dans le champ, tendances en matière d'abondance des pollinisateurs, estimations de la prestation de services écosystémiques.	Réductible Quantifiable	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Reconnaissance des différences dans les cadres conceptuels (au sein de chaque système de connaissances et entre les systèmes). ❖ Amélioration de la conception des expériences. ❖ Élargissement de la collecte de données. ❖ Appui à une recherche approfondie et méthodologique. ❖ Évaluation de la qualité des connaissances. ❖ Synthèse des données probantes. ❖ Renforcement des capacités des chercheurs.
Différences d'appréhension du monde (incertitude décisionnelle)	Faible niveau de confiance imputable à la diversité et à la subjectivité des jugements humains, des croyances, des visions du monde et des cadres conceptuels (incertitude « épistémique »). Sur le plan de l'orientation des politiques, le faible niveau de confiance est dû à des préférences et des attitudes qui peuvent varier selon le contexte social et politique. Ainsi, un résultat peut sembler différent dans différents systèmes de connaissances difficiles à harmoniser. EXEMPLES : Les effets de l'agriculture biologique semblent différents si l'on estime que la nature à l'état sauvage (en dehors des terres agricoles) a une valeur supérieure à la diversité biologique des terres agricoles, ou au contraire, que la production alimentaire globale à grande échelle est plus importante que les impacts locaux sur l'environnement. Il existe ainsi des interprétations et des perceptions divergentes du bien-être.	Parfois réductible Non quantifiable	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Reconnaissance des différences entre les cadres conceptuels (au sein des systèmes de connaissances et entre eux). ❖ Documentation, cartographie et intégration, si possible. ❖ Reconnaissance de l'existence de préjugés. ❖ Analyse multicritère, outils d'aide à la décision. ❖ Renforcement des capacités des décideurs.

* Adapted from the IPBES guide on the production of assessments

Annexe 4-1 : Vers un suivi de la dimension environnementale des ODD



Introduction

Les objectifs de développement durable (ODD), les indicateurs des accords multilatéraux sur l'environnement et d'autres indicateurs liés aux forces motrices, à l'état, aux pressions, aux impacts et aux réponses dans le domaine de l'environnement sont utiles à la conduite des évaluations environnementales, notamment en ce qui concerne certaines dimensions de l'environnement, en prenant en compte les échelons mondial, régional et national. De plus, les indicateurs socio-économiques peuvent se combiner à des indicateurs environnementaux pour mieux contextualiser la problématique de l'environnement et faire ressortir les liens entre l'environnement, les individus et l'économie.

Les ODD constituent un cadre au service d'un programme mondial de développement visant à réaliser un avenir meilleur et plus durable pour tous. Ces objectifs constituent un appel à tous les pays – pauvres, riches et à revenu moyen – à promouvoir la prospérité tout en protégeant la planète. Ils reconnaissent que l'élimination de la pauvreté doit aller de pair avec des stratégies qui favorisent la croissance économique et répondent à une série de besoins sociaux, notamment l'éducation, la santé, la protection sociale et les perspectives d'emploi, tout en s'attaquant au changement climatique et en veillant à la protection de l'environnement. Un cadre de 244 indicateurs a été adopté pour le suivi des ODD, mais il ne saurait constituer une liste exhaustive de toutes les informations nécessaires à la compréhension des mécanismes de fonctionnement de la planète.

La présente publication GEO s'accompagne d'une annexe statistique que l'on peut trouver à l'adresse https://environmentlive.unep.org/media/global_assessment_review_documents/annex4_1.pdf et qui présente sous forme de tableaux des données utiles aux experts techniques pour mieux comprendre l'écologie et les liens entre l'environnement, la société et l'économie. En outre, la présente annexe tire certains indicateurs de l'Annexe statistique pour actualiser les progrès accomplis dans la réalisation des ODD liés à l'environnement. Il est à noter que l'Annexe statistique ne comprend ni analyse ni figure. Une analyse des informations contenues dans l'Annexe statistique sera publiée dans un produit dérivé du rapport GEO, intitulé *Mesure des progrès*, faisant suite à une publication réalisée dans le cadre du rapport GEO-5.

La présente annexe reprend les données de l'Annexe statistique qui ont un lien direct avec ces ODD et des informations dérivées, afin de présenter un résumé de l'état actuel de la dimension environnementale des ODD.

Méthodes statistiques

L'expression « dimension environnementale des ODD » n'a pas de définition précise, et les points de vue divergent sur ce que devrait inclure la dimension environnementale du développement. Devrait-elle inclure uniquement les indicateurs liés à l'état de l'environnement ? Qu'en est-il des indicateurs liés à l'accès aux ressources naturelles telles que l'eau ? Peut-être devrait-elle inclure tous les indicateurs, puisque chaque aspect de la vie est étroitement lié à l'environnement ? Aux fins de la présente analyse, nous utiliserons la liste des indicateurs liés à l'environnement du point de vue du PNUÉ. Le Secrétariat du PNUÉ a dressé la liste des indicateurs des ODD qui sont considérés comme faisant partie de la dimension environnementale des ODD et l'a présentée au Comité des représentants permanents de l'Assemblée pour l'environnement lors de la réunion du sous-comité du 20 septembre 2018

(voir <https://www.unenvironment.org/events/subcommittee-meetings/committee-permanent-representatives-subcommittee-meeting-14>). Cette liste est reproduite à la fin de la présente annexe.

Les données figurant dans l'Annexe statistique et dans la présente annexe sont basées sur le contenu de la base de données UN Environment Live Global (<https://uneplive.unep.org>). Dans la mesure où ces données proviennent de diverses bases de données internationales et d'autres sources, le PNUÉ tient à observer des critères stricts concernant les informations incluses dans UN Environment Live Global :

1. Les données doivent être publiées par un organisme des Nations Unies ou une autre entité mondiale de réputation fiable.
2. Les données doivent être fondées sur des méthodologies transparentes et comporter des métadonnées accessibles au public.
3. Les données doivent être compilées à l'échelle mondiale (les données disponibles pour un seul pays ou une seule région ne sont pas retenues).
4. Seules les données dont la série chronologique comprend plus de deux référents temporels sont retenues.
5. Le référent le plus récent de la série chronologique ne doit pas remonter à plus de 10 ans.

La base de données UN Environment Live Global s'appuie également sur une méthodologie statistique d'agrégation des données nationales afin d'obtenir des regroupements mondiaux, régionaux, sous-régionaux et spéciaux de pays. Des informations sur les procédures d'agrégation sont disponibles à l'adresse suivante : https://uneplive.unep.org/media/docs/graphs/agggregation_methods.pdf.

Dans la présente annexe, des procédures d'extrapolation simples servent à estimer si les cibles des ODD seraient atteintes au regard de l'état actuel des indicateurs des ODD (c'est-à-dire si rien n'était fait pour infléchir la tendance actuelle). Ainsi, il a été estimé que les progrès réalisés au cours des 15 prochaines années seraient identiques à ceux enregistrés ces 15 dernières années à l'échelle mondiale. Le PNUÉ a extrapolé les données agrégées selon le modèle de la régression exponentielle, sur la base des points de données disponibles chaque année. Le seuil utilisé pour l'extrapolation et l'analyse des données est l'année 2030. Nous avons déterminé si la cible serait atteinte ou non en comparant les données de 2030 à la cible de l'indicateur. Par exemple, si une cible affiche une augmentation de 5 % à l'horizon 2030, cette augmentation est considérée comme une évolution positive, et un changement d'état basé sur cet indicateur est indiqué comme une orientation positive entre 2000 et 2030. Il en est de même pour toute diminution supérieure à -5 %. Toute variation en pourcentage se situant dans une fourchette de -5% à +5% est considérée comme une variation négative minimale ou positive entre 2000 et 2030.

On considère qu'un indicateur est sans données s'il n'y a pas suffisamment de données pour réaliser une agrégation globale. Pour déterminer si tel est le cas, nous avons adopté le modèle d'agrégation globale exposé sur Environment Live. Lorsque des données suffisantes sont disponibles, des agrégations sont effectuées pour tous les indicateurs qui ont la même unité et qui sont considérés comme comparables à l'échelle internationale. Les indicateurs exprimés en devise nationale ou dans une autre unité nationale ne sont pas agrégés.



Les progrès vers l'atteinte des ODD

Au cours des 15 dernières années, 20 des 93 indicateurs des ODD liés à l'environnement ont enregistré des progrès significatifs, de sorte que si ces progrès se poursuivent, l'atteinte de ces ODD est probable. Toutefois, bon nombre de ces indicateurs impliquent des efforts particuliers en matière d'établissement de rapports ou de financement. Ainsi, la superficie des aires terrestres, montagneuses et marines protégées a augmenté ; les efforts de lutte contre les espèces envahissantes se sont multipliés ; des progrès notables ont été accomplis en ce qui concerne l'énergie renouvelable raccordée aux réseaux ; la production de rapports sur la durabilité et l'intégration de celle-ci dans les politiques ont progressé ; l'aide au développement axé sur le changement climatique et l'environnement a, quant à elle, augmenté. Pour huit indicateurs

des ODD liés à l'environnement, les progrès ont été plutôt minces et pour sept autres, des efforts supplémentaires seront nécessaires. En particulier, plusieurs indicateurs liés à l'état de l'environnement affichent une évolution négative (il s'agit notamment d'indicateurs relatifs aux forêts, à la pêche durable, aux espèces menacées, à la consommation matérielle nationale et à l'empreinte matérielle). Malheureusement, ce tableau est très incomplet, car l'on dispose de trop peu de données pour évaluer méthodiquement l'état de 58 des 93 indicateurs des ODD liés à l'environnement – toutefois, la recherche scientifique et le présent rapport GEO montrent que beaucoup de ces domaines affichent une tendance particulièrement négative. Le diagramme ci-après, qui offre un aperçu des progrès vers l'atteinte de ces indicateurs, est suivi d'un tableau général des progrès accomplis.

Figure A.4 : Progrès relatifs au regard des indicateurs des objectifs de développement durable



Figure A.5 : Dimensions environnementales des ODD – Fiche de notation



<p>ODD 1: Pas de pauvreté</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Droits fonciers (ODD 1.4.2) ● Catastrophes : personnes touchées (ODD 1.5.1) ● Catastrophes : pertes économiques (ODD 1.5.2) ● Stratégies de réduction des risques de catastrophe (ODD 1.5.3) ● Réduction des risques de catastrophe par les administrations locales (ODD 1.5.4) 	<p>ODD 12: Consommation et production responsables</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Plans d'action pour la durabilité (ODD 12.1.1) ● Empreinte matérielle (ODD 8.4.1) ● Consommation matérielle nationale (ODD 8.4.2) ● Pertes alimentaires (ODD 12.3.1) ● Déclaration au titre des accords sur les substances chimiques (ODD 12.4.1) ● Production de déchets dangereux (ODD 12.4.2) ● Recyclage (ODD 12.5.1) ● Rapports sur la viabilité des sociétés (ODD 12.6.1) ● Pratiques durables de passation des marchés publics (ODD 12.7.1) ● Éducation au développement durable (ODD 12.8.1) ● Recherche sur les modes de vie durables (ODD 12.a.1) ● Stratégies de tourisme durable (ODD 12.b.1) ● Subventions aux combustibles fossiles (ODD 12.c.1)
<p>ODD 2: Faim « zéro »</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Pratiques agricoles durables (ODD 2.4.1) ● Ressources génétiques destinées à l'alimentation sécurisées (ODD 2.5.1) ● Variétés et races locales (ODD 2.5.2) 	<p>ODD 13: Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Catastrophes: personnes touchées (ODD 13.1.1) ● Stratégies nationales de réduction des risques de catastrophe (ODD 13.1.2) ● Stratégies locales de réduction des risques de catastrophe (ODD 13.1.3) ● Plans d'action sur les changements climatiques (ODD 13.2.1) ● Éducation sur l'adaptation aux changements climatiques (ODD 13.3.1) ● Approches communautaires en matière de CC (ODD 13.3.2) ● Ressources mobilisées pour l'action climatique (ODD 13.a.1) ● Soutien aux PMA dans le domaine de l'action climatique (ODD 13.b.1)
<p>ODD 3: Bonne santé et bien-être</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mortalité attribuable à la pollution de l'air (ODD 3.9.1) ● Mortalité attribuable à l'insalubrité de l'eau (ODD 3.9.2) ● Mortalité attribuable à un empoisonnement accidentel (ODD 3.9.3) 	<p>ODD 14: Vie aquatique</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Débris de plastique et eutrophisation côtière (ODD 14.1.1) ● Gestion des zones marines (ODD 14.2.1) ● Acidité des mers (ODD 14.3.1) ● Stocks de poisson viables (ODD 14.4.1) ● Aires marines protégées (ODD 14.5.1) ● Réglementation de la pêche (ODD 14.6.1) ● Proportion du PIB correspondant aux activités de pêche viables (ODD 14.7.1) ● Recherche sur les techniques marines (ODD 14.a.1) ● Instruments de conservation des océans (ODD 14.c.1)
<p>ODD 4: Éducation de qualité</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Éducation à l'environnement (ODD 4.7.1) 	<p>ODD 15: Vie terrestre</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Protection des sites importants pour la biodiversité (ODD 15.1.2) ● Gestion durable des forêts (ODD 15.2.1) ● Terres dégradées (ODD 15.3.1) ● Dégradation du terrain (ODD 15.3.1) ● Sites de montagne protégés (ODD 15.4.1) ● Couverture vert montagne (ODD 15.4.2) ● Couvert végétal montagneux (ODD 15.4.2) ● Espèces menacées (ODD 15.5.1) ● Braconnage et trafic illicite d'espèces sauvages (ODD 15.7.1) ● Stratégies de prévention des espèces allogènes envahissantes (ODD 15.8.1) ● Progrès vers l'Objectif 2 d'Aichi pour la biodiversité (ODD 15.9.1) ● Investissements dans la biodiversité et les écosystèmes (ODD 15.a.1) ● Investissements dans les forêts durables (ODD 15.b.1) ● Protection contre le braconnage et le trafic illicite (ODD 15.c.1)
<p>ODD 5: Égalité des sexes</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Femmes propriétaires de terrains agricoles (ODD 5.a.1) 	<p>ODD 16: Paix, justice et institutions efficaces</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Participation à la gouvernance mondiale (ODD 16.8.1)
<p>ODD 6: Eau propre et assainissement</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Eau potable (ODD 6.1.1) ● Traitement des eaux usées (ODD 6.3.1) ● Qualité de l'eau (ODD 6.3.2) ● Efficacité de l'utilisation de l'eau (ODD 6.4.1) ● Stress hydrique (ODD 6.4.2) ● Gestion des ressources en eau (ODD 6.5.1) ● Coopération dans le domaine de l'eau (ODD 6.5.2) ● Écosystèmes tributaires de l'eau (ODD 6.6.1) ● Investissements consacrés à l'eau et à l'assainissement (ODD 6.a.1) ● Gestion locale de l'eau (ODD 6.b.1) 	<p>ODD 17: Partenariats pour la réalisation des objectifs</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Coopération scientifique et technologique (ODD 17.6.1) ● Financement de technologies respectueuses de l'environnement (ODD 17.7.1) ● Financement pour le renforcement des capacités (ODD 17.9.1) ● Mécanismes renforçant la cohérence des politiques (ODD 17.14.1)
<p>ODD 7: Énergie propre et d'un coût abordable</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Utilisation de carburants propres (ODD 7.1.2) ● Part de l'énergie renouvelable (ODD 7.2.1) ● Intensité énergétique (ODD 7.3.1) ● Recherche-développement dans le domaine des énergies propres (ODD 7.a.1) ● Investissements dans l'efficacité énergétique (ODD 7.b.1) 	
<p>ODD 8: Travail décent et croissance économique</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Empreinte matérielle (ODD 8.4.1) ● Consommation matérielle nationale (ODD 8.4.2) ● Emploi dans le tourisme durable (ODD 8.9.2) 	
<p>ODD 9: Industrie, innovation et infrastructure</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Émissions de CO2 (ODD 9.4.1) 	
<p>ODD 10: Inégalités réduites</p> <p>La dimension environnementale n'est pas représentée dans l'ODD 10</p>	
<p>ODD 11: Villes et communautés durables</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Accès aux transports publics (ODD 11.2.1) ● Taux d'utilisation de terres (ODD 11.3.1) ● Urbanisme (ODD 11.3.2) ● Investissements dans le patrimoine culturel et naturel (ODD 11.4.1) ● Catastrophes: personnes touchées (ODD 11.5.1) ● Catastrophes: pertes économiques (ODD 11.5.2) ● Gestion des déchets urbains solides (ODD 11.6.1) ● Pollution de l'air ambiant (ODD 11.6.2) ● Espaces publics dans les villes (ODD 11.7.1) ● Stratégies nationales de réduction des risques de catastrophes (ODD 11.b.1) ● Stratégies locales de réduction des risques de catastrophes (ODD 11.b.2) ● Assistance financière aux pays les moins avancés (ODD 11.c.1) 	

● Représente un changement d'état positif au titre de cet indicateur entre 2000 et 2017 (ne signifie pas que la cible de l'ODD sera atteinte).

○ Représente une variation négative ou positive minimale au titre de cet indicateur entre 2000 et 2017.

○ Représente un changement d'état négatif au titre de cet indicateur entre 2000 et 2017.

○ Les données disponibles ne sont pas suffisantes pour une analyse des changements sur la durée.

○ Aucune donnée n'est disponible.



Tableau A.3 : Cibles et indicateurs environnementaux énoncés dans le cadre mondial d'indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable

Objectif	70 cibles	93 indicateurs
Objectif 1. Éliminer la pauvreté sous toutes ses formes et partout dans le monde	1.4 D'ici à 2030, faire en sorte que tous les hommes et les femmes, en particulier les pauvres et les personnes vulnérables, aient les mêmes droits aux ressources économiques et qu'ils aient accès aux services de base, à la propriété foncière, au contrôle des terres et à d'autres formes de propriété, à l'héritage, aux ressources naturelles et à des nouvelles technologies et des services financiers adaptés à leurs besoins, y compris la microfinance	1.4.2 Proportion de la population adulte totale qui dispose de la sécurité des droits fonciers et de documents légalement authentifiés et qui considère que ses droits sur la terre sont sûrs, par sexe et par type d'occupation.
	1.5 D'ici à 2030, renforcer la résilience des pauvres et des personnes en situation vulnérable et réduire leur exposition aux phénomènes climatiques extrêmes et à d'autres chocs et catastrophes d'ordre économique, social ou environnemental et leur vulnérabilité	1.5.1 Nombre de personnes décédées, disparues ou directement touchées lors de catastrophes, pour 100 000 personnes
		1.5.2 Pertes économiques directement attribuables à des catastrophes par rapport au produit intérieur brut mondial (PIB)
		1.5.3 Nombre de pays ayant adopté et mis en place des stratégies nationales de réduction des risques de catastrophe, conformément au Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (2015-2030)
1.5.4 Proportion d'administrations locales ayant adopté et mis en place des stratégies locales de réduction des risques de catastrophe, conformément aux stratégies suivies à l'échelle nationale		
Objectif 2. Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable	2.4 D'ici à 2030, assurer la viabilité des systèmes de production alimentaire et mettre en œuvre des pratiques agricoles résilientes qui permettent d'accroître la productivité et la production, contribuent à la préservation des écosystèmes, renforcent la capacité d'adaptation aux changements climatiques, aux phénomènes météorologiques extrêmes, à la sécheresse, aux inondations et à d'autres catastrophes et améliorent progressivement la qualité des terres et des sols	2.4.1 Proportion des zones agricoles exploitées de manière productive et durable
	2.5 D'ici à 2020, préserver la diversité génétique des semences, des cultures et des animaux d'élevage ou domestiqués et des espèces sauvages apparentées, y compris au moyen de banques de semences et de plantes bien gérées et diversifiées aux niveaux national, régional et international, et favoriser l'accès aux avantages que présentent l'utilisation des ressources génétiques et du savoir traditionnel associé ainsi que le partage juste et équitable de ces avantages, comme convenu à l'échelle internationale	2.5.1 Nombre de ressources génétiques animales et végétales destinées à l'alimentation et à l'agriculture sécurisées dans des installations de conservation à moyen ou à long terme
		2.5.2 Proportion des variétés et races locales considérées comme en danger, hors de danger ou exposées à un risque d'extinction de niveau non connu
Objectif 3. Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge	3.9 D'ici à 2030, réduire nettement le nombre de décès et de maladies dus à des substances chimiques dangereuses et à la pollution et à la contamination de l'air, de l'eau et du sol	3.9.1 Taux de mortalité attribuable à la pollution de l'air dans les habitations et à la pollution de l'air ambiant
		3.9.2 Taux de mortalité attribuable à l'insalubrité de l'eau, aux déficiences du système d'assainissement et au manque d'hygiène (accès à des services WASH inadéquats)
		3.9.3 Taux de mortalité attribuable à un empoisonnement accidentel
Objectif 4. Assurer à tous une éducation équitable, inclusive et de qualité et des possibilités d'apprentissage tout au long de la vie	4.7 D'ici à 2030, faire en sorte que tous les élèves acquièrent les connaissances et compétences nécessaires pour promouvoir le développement durable, notamment par l'éducation en faveur du développement et de modes de vie durables, des droits de l'homme, de l'égalité des sexes, de la promotion d'une culture de paix et de non-violence, de la citoyenneté mondiale et de l'appréciation de la diversité culturelle et de la contribution de la culture au développement durable	4.7.1 Degré d'intégration de i) l'éducation à la citoyenneté mondiale et ii) l'éducation au développement durable, y compris l'égalité des sexes et le respect des droits de l'homme, dans a) les politiques nationales d'éducation, b) les programmes d'enseignement, c) la formation des enseignants et d) l'évaluation des étudiants
Objectif 5. Parvenir à l'égalité des sexes et autonomiser toutes les femmes et les filles	5.a Entreprendre des réformes visant à donner aux femmes les mêmes droits aux ressources économiques, ainsi que l'accès à la propriété et au contrôle des terres et d'autres formes de propriété, aux services financiers, à l'héritage et aux ressources naturelles, dans le respect de la législation interne	5.a.1 a) Proportion de la population agricole totale ayant des droits de propriété ou des droits garantis sur des terres agricoles, par sexe ; b) proportion de femmes parmi les titulaires de droits de propriété ou de droits garantis sur des terrains agricoles, par type de droit

Note : Les indicateurs pour lesquels le PNUÉ est l'organisme de tutelle sont indiqués en caractères bleus.



Objectif	70 cibles	93 indicateurs
Objectif 6. Garantir l'accès de tous à des services d'alimentation en eau et d'assainissement gérés de façon durable	6.1 D'ici à 2030, assurer l'accès universel et équitable à l'eau potable, à un coût abordable	6.1.1 Proportion de la population utilisant des services d'alimentation en eau potable gérés en toute sécurité
	6.3 D'ici à 2030, améliorer la qualité de l'eau en réduisant la pollution, en éliminant l'immersion de déchets et en réduisant au minimum les émissions de produits chimiques et de matières dangereuses, en diminuant de moitié la proportion d'eaux usées non traitées et en augmentant nettement à l'échelle mondiale le recyclage et la réutilisation sans danger de l'eau	6.3.1 Proportion des eaux usées traitées sans danger 6.3.2 Proportion des plans d'eau dont la qualité de l'eau ambiante est bonne
	6.4 D'ici à 2030, faire en sorte que les ressources en eau soient utilisées beaucoup plus efficacement dans tous les secteurs et garantir la viabilité des prélèvements et de l'approvisionnement en eau douce afin de remédier à la pénurie d'eau et de réduire nettement le nombre de personnes qui manquent d'eau	6.4.1 Variation de l'efficacité de l'utilisation des ressources en eau 6.4.2 Niveau de stress hydrique : prélèvements d'eau douce en proportion des ressources en eau douce disponibles
	6.5 D'ici à 2030, assurer la gestion intégrée des ressources en eau à tous les niveaux, y compris au moyen de la coopération transfrontière selon qu'il convient	6.5.1 Degré de mise en œuvre de la gestion intégrée des ressources en eau (0-100) 6.5.2 Proportion de bassins hydriques transfrontaliers où est en place un dispositif de coopération opérationnel
	6.6 D'ici à 2020, protéger et restaurer les écosystèmes liés à l'eau, notamment les montagnes, les forêts, les zones humides, les rivières, les aquifères et les lacs	6.6.1 Variation de l'étendue des écosystèmes tributaires de l'eau
	6.a D'ici à 2030, développer la coopération internationale et l'appui au renforcement des capacités des pays en développement en ce qui concerne les activités et programmes relatifs à l'eau et à l'assainissement, y compris la collecte, la désalinisation et l'utilisation rationnelle de l'eau, le traitement des eaux usées, le recyclage et les techniques de réutilisation	6.a.1 Montant de l'aide publique au développement consacrée à l'eau et à l'assainissement dans un plan de dépenses coordonné par les pouvoirs publics
	6.b Appuyer et renforcer la participation de la population locale à l'amélioration de la gestion de l'eau et de l'assainissement	6.b.1 Proportion d'administrations locales ayant mis en place des politiques et procédures opérationnelles encourageant la participation de la population locale à la gestion de l'eau et de l'assainissement
Objectif 7. Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable	7.1 D'ici à 2030, garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables et modernes, à un coût abordable	7.1.2 Proportion de la population utilisant principalement des carburants et technologies propres
	7.2 D'ici à 2030, accroître nettement la part de l'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique mondial	7.2.1 Part de l'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie
	7.3 D'ici à 2030, multiplier par deux le taux mondial d'amélioration de l'efficacité énergétique	7.3.1 Intensité énergétique [rapport entre énergie primaire et produit intérieur brut (PIB)]
	7.a D'ici à 2030, renforcer la coopération internationale en vue de faciliter l'accès aux sciences et technologies de l'énergie propre, notamment les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique et les nouvelles technologies de combustion propre des combustibles fossiles, et encourager l'investissement dans l'infrastructure énergétique et les technologies propres dans le domaine de l'énergie	7.a.1 Flux financiers internationaux à destination des pays en développement à l'appui de la recherche-développement dans le domaine des énergies propres et de la production d'énergie renouvelable, notamment au moyen de systèmes hybrides
	7.b D'ici à 2030, développer l'infrastructure et améliorer la technologie afin de fournir des services énergétiques modernes et durables à tous les habitants des pays en développement, en particulier des pays les moins avancés, des petits États insulaires en développement et des pays en développement sans littoral, dans le respect des programmes d'aide qui les concernent	7.b.1 Investissements dans l'efficacité énergétique en proportion du PIB et montant de l'investissement étranger direct sous la forme de transferts financiers destinés à l'infrastructure et à la technologie nécessaires aux services de développement durable
Objectif 8. Promouvoir une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous	8.4 Améliorer progressivement, jusqu'en 2030, l'efficacité de l'utilisation des ressources mondiales dans les modes de consommation et de production et s'attacher à dissocier croissance économique et dégradation de l'environnement, comme prévu dans le Cadre décennal de programmation concernant les modes de consommation et de production durables, les pays développés montrant l'exemple en la matière	8.4.1 Empreinte matérielle, empreinte matérielle par habitant et empreinte matérielle par unité de PIB 8.4.2 Consommation matérielle nationale, consommation matérielle nationale par habitant et consommation matérielle nationale par unité de PIB
	8.9 D'ici à 2030, élaborer et mettre en œuvre des politiques visant à développer un tourisme durable qui crée des emplois et met en valeur la culture et les produits locaux	8.9.2 Proportion d'emplois dans le secteur du tourisme durable, par rapport au nombre total d'emplois dans l'industrie du tourisme
Objectif 9. Bâti une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation	9.4 D'ici à 2030, moderniser l'infrastructure et adapter les industries afin de les rendre durables, par une utilisation plus rationnelle des ressources et un recours accru aux technologies et procédés industriels propres et respectueux de l'environnement, chaque pays agissant dans la mesure de ses moyens	9.4.1 Émissions de CO ₂ par unité de valeur ajoutée



Objectif	70 cibles	93 indicateurs
Objectif 11. Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables	11.2 D'ici à 2030, assurer l'accès de tous à des systèmes de transport sûrs, accessibles et viables, à un coût abordable, en améliorant la sécurité routière, notamment en développant les transports publics, une attention particulière devant être accordée aux besoins des personnes en situation vulnérable, des femmes, des enfants, des personnes handicapées et des personnes âgées	11.2.1 Proportion de la population ayant aisément accès aux transports publics, par âge, sexe et situation au regard du handicap
	11.3 D'ici à 2030, renforcer l'urbanisation durable pour tous et les capacités de planification et de gestion participatives, intégrées et durables des établissements humains dans tous les pays	11.3.1 Ratio entre le taux d'utilisation des terres et le taux de croissance démographique 11.3.2 Proportion de villes dotées d'une structure de participation directe de la société civile à la gestion et à l'aménagement des villes, fonctionnant de façon régulière et démocratique
	11.4 Redoubler d'efforts pour protéger et préserver le patrimoine culturel et naturel mondial	11.4.1 Dépenses totales (publiques et privées) par habitant consacrées à la préservation, à la protection et à la conservation de l'ensemble du patrimoine culturel et naturel, par type de patrimoine (culturel, naturel, mixte, inscrit au patrimoine mondial), niveau d'administration (national, régional et local/municipal), type de dépense (dépenses de fonctionnement/investissement) et type de financement privé (dons en nature, secteur privé à but non lucratif, parrainage)
	11.5 D'ici à 2030, réduire nettement le nombre de personnes tuées et le nombre de personnes touchées par les catastrophes, y compris celles qui sont liées à l'eau, et réduire nettement la part du produit intérieur brut mondial représentée par les pertes économiques directement imputables à ces catastrophes, l'accent étant mis sur la protection des pauvres et des personnes en situation vulnérable	11.5.1 Nombre de personnes décédées, disparues ou directement touchées lors de catastrophes, pour 100 000 personnes 11.5.2 Pertes économiques directes mesurées par rapport au PIB mondial, dommages causés aux infrastructures critiques et nombre de perturbations des services de base résultant de catastrophes
	11.6 D'ici à 2030, réduire l'impact environnemental négatif des villes par habitant, y compris en accordant une attention particulière à la qualité de l'air et à la gestion, notamment municipale, des déchets	11.6.1 Proportion de déchets urbains solides régulièrement collectés et éliminés de façon adéquate sur le total des déchets urbains solides générés, par ville 11.6.2 Niveau moyen annuel de particules fines (PM 2,5 et PM 10, par exemple) dans les villes, pondéré en fonction du nombre d'habitants
	11.7 D'ici à 2030, assurer l'accès de tous, en particulier des femmes et des enfants, des personnes âgées et des personnes handicapées, à des espaces verts et des espaces publics sûrs	11.7.1 Proportion moyenne de la surface urbaine construite consacrée à des espaces publics, par sexe, âge et situation au regard du handicap
	11.b D'ici à 2020, accroître nettement le nombre de villes et d'établissements humains qui adoptent et mettent en œuvre des politiques et plans d'action intégrés en faveur de l'insertion de tous, de l'utilisation rationnelle des ressources, de l'adaptation aux effets des changements climatiques et de leur atténuation et de la résilience face aux catastrophes, et élaborer et mettre en œuvre, conformément au Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (2015-2030), une gestion globale des risques de catastrophe à tous les niveaux	11.b.1 Nombre de pays ayant adopté et mis en place des stratégies nationales de réduction des risques de catastrophe, conformément au Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (2015-2030) 11.b.2 Proportion d'administrations locales ayant adopté et mis en place des stratégies locales de réduction des risques de catastrophe, conformément aux stratégies suivies à l'échelle nationale
	11.c Aider les pays les moins avancés, y compris par une assistance financière et technique, à construire des bâtiments durables et résilients en utilisant des matériaux locaux	11.c.1 Proportion de l'assistance financière allouée aux pays les moins avancés qui est consacrée à la construction de bâtiments durables, résilients et économes en ressources et à la remise à niveau d'anciens bâtiments, en utilisant des matériaux locaux



Objectif	70 cibles	93 indicateurs
Objectif 12. Établir des modes de consommation et de production durables	12.1 Mettre en œuvre le Cadre décennal de programmation concernant les modes de consommation et de production durables avec la participation de tous les pays, les pays développés montrant l'exemple en la matière, compte tenu du degré de développement et des capacités des pays en développement	12.1.1 Nombre de pays ayant adopté des plans d'action nationaux relatifs aux modes de consommation et de production durables ou ayant inscrit cette question parmi les priorités ou objectifs de leurs politiques nationales
	12.2 D'ici à 2030, parvenir à une gestion durable et à une utilisation rationnelle des ressources naturelles	12.2.1 Empreinte matérielle, empreinte matérielle par habitant et empreinte matérielle par unité de PIB
		12.2.2 Consommation matérielle nationale, consommation matérielle nationale par habitant et consommation matérielle nationale par unité de PIB
	12.3 D'ici à 2030, réduire de moitié à l'échelle mondiale le volume de déchets alimentaires par habitant, au niveau de la distribution comme de la consommation, et diminuer les pertes de produits alimentaires tout au long des chaînes de production et d'approvisionnement, y compris les pertes après récolte	12.3.1 Indice mondial des pertes alimentaires
	12.4 D'ici à 2020, parvenir à une gestion écologiquement rationnelle des produits chimiques et de tous les déchets tout au long de leur cycle de vie, conformément aux principes directeurs arrêtés à l'échelle internationale, et réduire nettement leur déversement dans l'air, l'eau et le sol, afin de minimiser leurs effets négatifs sur la santé et l'environnement	12.4.1 Nombre de parties aux accords internationaux multilatéraux sur l'environnement relatifs aux substances chimiques et autres déchets dangereux ayant satisfait à leurs engagements et obligations en communiquant les informations requises par chaque accord
		12.4.2 Production de déchets dangereux par habitant et proportion de déchets dangereux traités, par type de traitement
	12.5 D'ici à 2030, réduire nettement la production de déchets par la prévention, la réduction, le recyclage et la réutilisation	12.5.1 Taux de recyclage national, tonnes de matériaux recyclés
	12.6 Encourager les entreprises, en particulier les grandes entreprises et les sociétés transnationales, à adopter des pratiques viables et à intégrer dans les rapports qu'elles établissent des informations sur la viabilité	12.6.1 Nombre de sociétés publiant des rapports sur la viabilité
	12.7 Promouvoir des pratiques durables dans le cadre de la passation des marchés publics, conformément aux politiques et priorités nationales	12.7.1 Nombre de pays mettant en œuvre des politiques et plans d'action en faveur des pratiques durables de passation des marchés publics
	12.8 D'ici à 2030, faire en sorte que toutes les personnes, partout dans le monde, aient les informations et connaissances nécessaires au développement durable et à un style de vie en harmonie avec la nature	12.8.1 Degré d'intégration de i) l'éducation à la citoyenneté mondiale et ii) l'éducation au développement durable (y compris l'éducation aux changements climatiques) dans a) les politiques nationales d'éducation, b) les programmes d'enseignement, c) la formation des enseignants et d) l'évaluation des étudiants
	12.a Aider les pays en développement à se doter des moyens scientifiques et technologiques qui leur permettent de s'orienter vers des modes de consommation et de production plus durables	12.a.1 Montant de l'aide apportée aux pays en développement au titre d'activités de recherche-développement consacrées aux modes de consommation et de production durables et aux technologies écologiquement rationnelles
12.b Mettre au point et utiliser des outils de contrôle de l'impact sur le développement durable d'un tourisme durable créateur d'emplois et valorisant la culture et les produits locaux	12.b.1 Nombre de stratégies ou de politiques en place dans le domaine du tourisme durable et de plans d'action mis en œuvre en appliquant des outils d'évaluation et de suivi convenus	
12.c Rationaliser les subventions aux combustibles fossiles qui sont source de gaspillage, grâce à l'élimination des distorsions du marché, eu égard au contexte national, y compris au moyen de la restructuration de la fiscalité et de la suppression progressive des subventions préjudiciables qui sont en place, en mettant en évidence leur impact sur l'environnement, en tenant pleinement compte des besoins et de la situation propres aux pays en développement et en réduisant au minimum les éventuels effets négatifs sur le développement de ces pays tout en protégeant les pauvres et les populations concernées	12.c.1 Montant des subventions aux combustibles fossiles par unité de PIB (production et consommation) et en proportion des dépenses nationales totales consacrées à ces combustibles	



Objectif	70 cibles	93 indicateurs
Objectif 13. Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions	13.1 Renforcer, dans tous les pays, la résilience et les capacités d'adaptation face aux aléas climatiques et aux catastrophes naturelles liées au climat	13.1.1 Nombre de personnes décédées, disparues ou directement touchées lors de catastrophes, pour 100 000 personnes 13.1.2 Nombre de pays ayant adopté et mis en place des stratégies nationales de réduction des risques, conformément au Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (2015-2030) 13.1.3 Proportion d'administrations locales ayant adopté et mis en place des stratégies locales de réduction des risques de catastrophe, conformément aux stratégies suivies à l'échelle nationale
	13.2 Incorporer des mesures relatives aux changements climatiques dans les politiques, les stratégies et la planification nationales	13.2.1 Nombre de pays ayant déclaré avoir mis en place ou mis en œuvre une politique/une stratégie/un plan intégré visant à améliorer leur aptitude à s'adapter aux incidences négatives des changements climatiques, à renforcer leur résilience face à ces changements et à favoriser de faibles émissions de gaz à effet de serre, sans menacer la production alimentaire (notamment un plan national d'adaptation, une contribution déterminée au niveau national, une communication nationale et un rapport biennal actualisé, entre autres)
	13.3 Améliorer l'éducation, la sensibilisation et les capacités individuelles et institutionnelles en ce qui concerne l'adaptation aux changements climatiques, l'atténuation de leurs effets et la réduction de leur impact et les systèmes d'alerte rapide	13.3.1 Nombre de pays ayant intégré dans leurs programmes d'enseignement primaire, secondaire et tertiaire les questions relatives à l'adaptation aux changements climatiques, à l'atténuation des effets de ces changements et à la réduction de leur impact, ainsi qu'aux systèmes d'alerte rapide 13.3.2 Nombre de pays ayant fait état du renforcement de leurs capacités institutionnelles, systémiques et individuelles pour favoriser les mesures d'adaptation et d'atténuation, le transfert de technologie et les activités en faveur du développement
	13.a Mettre en œuvre l'engagement que les pays développés parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques ont pris de mobiliser ensemble auprès de multiples sources 100 milliards de dollars par an d'ici à 2020 pour répondre aux besoins des pays en développement en ce qui concerne les mesures concrètes d'atténuation et la transparence de leur mise en œuvre et rendre le Fonds vert pour le climat pleinement opérationnel en le dotant dans les plus brefs délais des moyens financiers nécessaires	13.a.1 Montant (en dollars des États-Unis) des ressources mobilisées par année, de 2020 à 2025, au titre de l'engagement de 100 milliards de dollars
	13.b Promouvoir des mécanismes de renforcement des capacités afin que les pays les moins avancés et les petits États insulaires en développement se dotent de moyens efficaces de planification et de gestion pour faire face aux changements climatiques, l'accent étant mis, notamment, sur les femmes, les jeunes, la population locale et les groupes marginalisés	13.b.1 Nombre de pays les moins avancés et de petits États insulaires en développement recevant un appui spécialisé aux fins de la mise en place de moyens efficaces de planification et de gestion face aux changements climatiques, en privilégiant notamment les femmes, les jeunes, la population locale et les groupes marginalisés, et importance de cet appui en termes de financement, de technologie et de renforcement des capacités



Objectif	70 cibles	93 indicateurs
Objectif 14. Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable	14.1 D'ici à 2025, prévenir et réduire nettement la pollution marine de tous types, en particulier celle résultant des activités terrestres, y compris les déchets en mer et la pollution par les nutriments	14.1.1 Indicateur du potentiel d'eutrophisation côtière (ICEP) et densité des débris de plastiques flottant en surface des océans
	14.2 D'ici à 2020, gérer et protéger durablement les écosystèmes marins et côtiers, notamment en renforçant leur résilience, afin d'éviter les graves conséquences de leur dégradation et prendre des mesures en faveur de leur restauration pour rétablir la santé et la productivité des océans	14.2.1 Proportion de zones économiques exclusives nationales gérées à l'aide d'approches écosystémiques
	14.3 Réduire au maximum l'acidification des océans et lutter contre ses effets, notamment en renforçant la coopération scientifique à tous les niveaux	14.3.1 Acidité moyenne des mers (pH) mesurée à plusieurs points de prélèvement représentatifs
	14.4 D'ici à 2020, réglementer efficacement la pêche, mettre un terme à la surpêche, à la pêche illicite, non déclarée et non réglementée et aux pratiques de pêche destructrices et exécuter des plans de gestion fondés sur des données scientifiques, l'objectif étant de rétablir les stocks de poissons le plus rapidement possible, au moins à des niveaux permettant d'obtenir un rendement constant maximal compte tenu des caractéristiques biologiques	14.4.1 Proportion de stocks de poissons dont le niveau est biologiquement viable
	14.5 D'ici à 2020, préserver au moins 10 pour cent des zones marines et côtières, conformément au droit national et international et compte tenu des meilleures informations scientifiques disponibles	14.5.1 Surface des aires marines protégées, en proportion de la surface totale
	14.6 D'ici à 2020, interdire les subventions à la pêche qui contribuent à la surcapacité et à la surpêche, supprimer celles qui favorisent la pêche illicite, non déclarée et non réglementée et s'abstenir d'en accorder de nouvelles, sachant que l'octroi d'un traitement spécial et différencié efficace et approprié aux pays en développement et aux pays les moins avancés doit faire partie intégrante des négociations sur les subventions à la pêche menées dans le cadre de l'Organisation mondiale du commerce	14.6.1 Progrès réalisés par les pays dans la mise en œuvre des instruments internationaux visant à combattre la pêche illicite, non déclarée et non réglementée
	14.7 D'ici à 2030, faire bénéficier plus largement les petits États insulaires en développement et les pays les moins avancés des retombées économiques de l'exploitation durable des ressources marines, notamment grâce à une gestion durable des pêches, de l'aquaculture et du tourisme	14.7.1 Proportion du PIB correspondant aux activités de pêche viables dans les petits États insulaires en développement, les pays les moins avancés et tous les pays
	14.a Approfondir les connaissances scientifiques, renforcer les moyens de recherche et transférer les techniques marines, conformément aux Critères et principes directeurs de la Commission océanographique intergouvernementale concernant le transfert de techniques marines, l'objectif étant d'améliorer la santé des océans et de renforcer la contribution de la biodiversité marine au développement des pays en développement, en particulier des petits États insulaires en développement et des pays les moins avancés	14.a.1 Proportion du budget total de la recherche allouée à la recherche sur les techniques marines
	14.c Améliorer la conservation et l'utilisation durable des océans et de leurs ressources en application des dispositions du droit international, énoncées dans la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, qui fournit le cadre juridique requis pour la conservation et l'utilisation durable des océans et de leurs ressources, comme il est rappelé au paragraphe 158 de « L'avenir que nous voulons »	14.c.1 Nombre de pays progressant dans la ratification, l'acceptation et la mise en œuvre, au moyen de cadres juridiques, opérationnels et institutionnels, des instruments relatifs aux océans visant à donner effet aux dispositions du droit international énoncées dans la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer qui concernent la conservation et de l'utilisation durable des océans et de leurs ressources



Objectif	70 cibles	93 indicateurs
Objectif 15. Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité	15.1 D'ici à 2020, garantir la préservation, la restauration et l'exploitation durable des écosystèmes terrestres et des écosystèmes d'eau douce et des services connexes, en particulier des forêts, des zones humides, des montagnes et des zones arides, conformément aux obligations découlant des accords internationaux	15.1.1 Surface des zones forestières, en proportion de la surface terrestre 15.1.2 Proportion des sites importants pour la biodiversité terrestre et la biodiversité des eaux douces qui se trouvent dans des aires protégées (par type d'écosystème)
	15.2 D'ici à 2020, promouvoir la gestion durable de tous les types de forêt, mettre un terme à la déforestation, restaurer les forêts dégradées et accroître nettement le boisement et le reboisement au niveau mondial	15.2.1 Progrès vers la gestion durable des forêts
	15.3 D'ici à 2030, lutter contre la désertification, restaurer les terres et sols dégradés, notamment les terres touchées par la désertification, la sécheresse et les inondations, et s'efforcer de parvenir à un monde sans dégradation des terres	15.3.1 Surface des terres dégradées, en proportion de la surface terrestre
	15.4 D'ici à 2030, assurer la préservation des écosystèmes montagneux, notamment de leur biodiversité, afin de mieux tirer parti de leurs bienfaits essentiels pour le développement durable	15.4.1 Sites importants pour la biodiversité des montagnes qui se trouvent dans des aires protégées
		15.4.2 Indice de couvert végétal montagneux
	15.5 Prendre d'urgence des mesures énergiques pour réduire la dégradation du milieu naturel, mettre un terme à l'appauvrissement de la biodiversité et, d'ici à 2020, protéger les espèces menacées et prévenir leur extinction	15.5.1 Indice de la Liste rouge
	15.6 Favoriser le partage juste et équitable des bénéfices découlant de l'utilisation des ressources génétiques et promouvoir un accès approprié à celles-ci, ainsi que cela a été décidé à l'échelle internationale	15.6.1 Nombre de pays ayant adopté des cadres législatifs, administratifs et opérationnels destinés à assurer un partage juste et équitable des bénéfices
	15.7 Prendre d'urgence des mesures pour mettre un terme au braconnage et au trafic d'espèces végétales et animales protégées et s'attaquer au problème sous l'angle de l'offre et de la demande	15.7.1 Proportion du braconnage et du trafic illicite dans le commerce des espèces de faune et de flore sauvages
	15.8 D'ici à 2020, prendre des mesures pour empêcher l'introduction d'espèces allogènes envahissantes, atténuer sensiblement les effets que ces espèces ont sur les écosystèmes terrestres et aquatiques et contrôler ou éradiquer les espèces prioritaires	15.8.1 Proportion de pays ayant adopté une législation nationale pertinente et allouant des ressources suffisantes à la prévention ou au contrôle des espèces allogènes envahissantes
	15.9 D'ici à 2020, intégrer la protection des écosystèmes et de la biodiversité dans la planification nationale, dans les mécanismes de développement, dans les stratégies de réduction de la pauvreté et dans la comptabilité	15.9.1 Progrès accomplis dans la réalisation des objectifs nationaux établis conformément à l'objectif 2 d'Aichi pour la biodiversité du Plan stratégique pour la diversité biologique 2011-2020
	15.a Mobiliser des ressources financières de toutes provenances et les augmenter nettement pour préserver la biodiversité et les écosystèmes et les exploiter durablement	15.a.1 Aide publique au développement et dépenses publiques consacrées à la préservation et à l'exploitation durable de la biodiversité et des écosystèmes
	15.b Mobiliser d'importantes ressources de toutes provenances et à tous les niveaux pour financer la gestion durable des forêts et inciter les pays en développement à privilégier ce type de gestion, notamment aux fins de la préservation des forêts et du reboisement	15.b.1 Aide publique au développement et dépenses publiques consacrées à la préservation et à l'exploitation durable de la biodiversité et des écosystèmes
	15.c Apporter, à l'échelon mondial, un soutien accru à l'action menée pour lutter contre le braconnage et le trafic d'espèces protégées, notamment en donnant aux populations locales d'autres moyens d'assurer durablement leur subsistance	15.c.1 Proportion du braconnage et du trafic illicite dans le commerce des espèces de faune et de flore sauvages
Objectif 16. Promouvoir l'avènement de sociétés pacifiques et inclusives aux fins du développement durable, assurer l'accès de tous à la justice et mettre en place, à tous les niveaux, des institutions efficaces, responsables et ouvertes à tous	16.8.1 Proportion de pays en développement qui sont membres d'organisations internationales et y disposent du droit de vote	



Objectif	70 cibles	93 indicateurs
Objectif 17. Renforcer les moyens de mettre en œuvre le Partenariat mondial pour le développement durable	17.6 Renforcer l'accès à la science, à la technologie et à l'innovation et la coopération Nord-Sud et Sud-Sud et la coopération triangulaire régionale et internationale dans ces domaines et améliorer le partage des savoirs selon des modalités arrêtées d'un commun accord, notamment en coordonnant mieux les mécanismes existants, en particulier au niveau des organismes des Nations Unies, et dans le cadre d'un mécanisme mondial de facilitation des technologies	17.6.1 Nombre d'accords et de programmes de coopération scientifique et technologique entre pays, par type de coopération
	17.7 Promouvoir la mise au point, le transfert et la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement en faveur des pays en développement, à des conditions favorables, y compris privilégiées et préférentielles, arrêtées d'un commun accord	17.7.1 Montant total des financements approuvés pour les pays en développement aux fins de la promotion de la mise au point, du transfert et de la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement
	17.9 Apporter, à l'échelon international, un soutien accru pour assurer le renforcement efficace et ciblé des capacités des pays en développement et appuyer ainsi les plans nationaux visant à atteindre tous les objectifs de développement durable, notamment dans le cadre de la coopération Nord-Sud et Sud-Sud et de la coopération triangulaire	17.9.1 Valeur en dollars de l'aide financière et technique promise aux pays en développement (notamment dans le cadre de la coopération Nord-Sud et Sud-Sud et de la coopération triangulaire)
	17.14 Renforcer la cohérence des politiques de développement durable	17.14.1 Nombre de pays ayant mis en place des mécanismes pour renforcer la cohérence des politiques de développement durable
Total	72	93



Annexe 6-1 : Principales conventions relatives à la diversité biologique

 <p>Convention on Biological Diversity</p>	<p>Convention sur la diversité biologique (CDB) La CDB a pour objet d'assurer la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation commerciale et autre des ressources génétiques. Elle couvre l'ensemble des écosystèmes, des espèces et des ressources génétiques.</p>
	<p>Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) La CITES vise à garantir que le commerce international des spécimens d'animaux et de végétaux sauvages ne menace pas leur survie. Ses trois annexes accordent des degrés de protection variables à plus de 36 000 espèces végétales et animales.</p>
 <p>CMS</p>	<p>Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS) La CMS, ou Convention de Bonn, vise à assurer la conservation des espèces migratrices terrestres, marines et aviaires dans toute leur aire de répartition. Les Parties à la CMS œuvrent ensemble à conserver les espèces migratrices et leurs habitats en veillant à une protection stricte des espèces migratrices les plus menacées, en concluant des accords multilatéraux régionaux pour la conservation et la gestion d'espèces ou de catégories d'espèces spécifiques et en entreprenant de façon concertée des activités de recherche et de conservation. https://www.cms.int/fr/</p>
	<p>Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture Le Traité international entend favoriser la conservation et l'utilisation durable des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation, en harmonie avec la Convention sur la diversité biologique, aux fins d'une agriculture durable et de la sécurité alimentaire. Le Traité international couvre toutes les ressources phytogénétiques destinées à l'alimentation et à l'agriculture, tandis que son Système multilatéral d'accès et de partage des avantages couvre une liste détaillée de 64 cultures et fourrages. Le Traité comporte également des dispositions relatives aux droits des agriculteurs.</p>
 <p>Ramsar</p>	<p>Convention sur les zones humides (Convention de Ramsar) La Convention de Ramsar est le seul traité international portant sur les zones humides. Elle constitue une plateforme de 170 Parties contractantes œuvrant ensemble à assurer la conservation et l'exploitation rationnelle des zones humides et à fournir les meilleurs avis, données, et recommandations de politiques possibles pour partager les bienfaits des zones humides pleinement fonctionnelles au service de la nature et de la société. Les Parties à la Convention reconnaissent que les zones humides sont des écosystèmes capitaux pour la conservation de la diversité biologique. Elles se sont déjà engagées à préserver les caractéristiques écologiques de plus de 2 300 zones humides d'importance internationale s'étendant sur près de 250 millions d'hectares, soit 13 à 18% des zones humides mondiales.</p>
 <p>Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture</p> <ul style="list-style-type: none"> • World Heritage Convention 	<p>Convention du patrimoine mondial (CPM) La mission première de la CPM est d'identifier et de conserver le patrimoine culturel et naturel mondial, en établissant une liste de sites dont les richesses exceptionnelles devraient être préservées pour l'humanité tout entière, mais aussi d'assurer leur protection grâce à une coopération plus étroite entre les nations.</p>
 <p>Convention internationale pour la protection des végétaux</p>	<p>Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV) La CIPV vise à protéger les ressources végétales mondiales, y compris les plantes cultivées et les plantes sauvages, en empêchant l'introduction et la propagation des organismes nuisibles aux végétaux et en promouvant les mesures appropriées pour leur contrôle. La Convention prévoit les mécanismes nécessaires pour élaborer les normes internationales pour les mesures phytosanitaires (NIMP) et aider les pays à mettre en œuvre les NIMP et autres obligations découlant de la CIPV, en facilitant le développement des capacités nationales, l'établissement de rapports nationaux et le règlement des différends. Le Secrétariat de la CIPV est hébergé par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).</p>

Annexe 9-1 : Les contaminants de l'eau et leurs occurrences



Contaminant de l'eau	Sources du contaminant	Cheminement vers le plan d'eau	Impacts de l'eau contaminée et de l'insuffisance de l'assainissement ou de l'hygiène	Exemples d'occurrences
Pathogènes	Excréments humains et animaux (bactériens).	Traitement inadéquat des effluents d'égout ; les eaux d'égout et les eaux pluviales se déversent dans des rivières, des lacs et des zones humides.	90 % des décès d'enfants sont causés par des maladies diarrhéiques (OMS et UNICEF, 2012).	Le tiers de tous les cours d'eau des régions Afrique, Asie-Pacifique et Amérique latine (PNUE, 2016a).
Parasites (non bactériens)	Excréments humains et animaux (non bactériens).	Excréments humains et animaux ; fuites des fosses septiques dans les eaux de surface et les eaux souterraines.	Environ la moitié des décès d'enfants de moins de 5 ans.	Villes et communautés rurales d'Afrique, de l'Asie-Pacifique, de l'Amérique latine, de l'Inde, du Pakistan, de la Chine, du Nigéria et de la République démocratique du Congo.
Virus (non bactériens)		Eau potable traitée (Bergeron <i>et al.</i> , 2015) ; présence naturelle dans une gamme de concentrations (Kümmerer, 2009).		
Composés antibiotiques ou antimicrobiens	Excréments humains ; pratiques d'agriculture et d'aquaculture intensives.	Effluents d'égouts ; ruissellement agricole et urbain.	Maladies et décès humains dus à des infections résistantes aux antimicrobiens et aux antibiotiques.	Selon les prévisions, cause majeure de décès dans le monde d'ici à 2050 (O'Neill Commission, 2014).
Nutriments	Engrais inorganiques agricoles (PNUE, 2016a) ; excréments humains et animaux.	Rejets d'eaux usées insuffisamment traitées ou non traitées ; ruissellement urbain et agricole ; aquaculture.	Eutrophisation et prolifération d'algues (OCDE, 1982 ; Research Center for Sustainability and Environment, Shiga University et ILEC, 2014).	Les cinq régions du PNUE ; les zones rurales de Chine, d'Inde, de Thaïlande et des Philippines sont également touchées par l'usage excessif d'engrais chimiques (Novotny <i>et al.</i> , 2010).
		Les apports en nutriments charriés par les cours d'eau dans les zones côtières ont augmenté d'environ 80 % entre 1970 et 2000.	La prolifération d'algues nuisibles peut avoir un impact sur les fonctions de l'écosystème. Aquaculture ; santé animale et humaine par la bioaccumulation de la toxicité (O'Neil <i>et al.</i> , 2012).	37 cours d'eau transfrontaliers d'Amérique latine sont très pollués par les eaux usées et les nutriments des eaux de ruissellement agricoles à l'échelle du bassin hydrographique.
Sédiments	Déforestation ; mauvaises pratiques agricoles ; surpâturage du bétail ; collecte intensive de bois de chauffage ; extraction de sable ; implantations non planifiées causant l'exposition de la surface des sols et l'érosion.	Les eaux de ruissellement résultant des tempêtes peuvent charrier des sédiments, des nutriments, des métaux lourds, des pesticides et d'autres polluants dans les rivières, les lacs et les zones humides, en particulier en milieu agricole.	Les polluants associés aux sédiments interfèrent avec la consommation humaine de l'eau. Incidences possibles sur la santé ; dégradation du métabolisme et de l'habitat d'organismes aquatiques.	En Asie-Pacifique, certains fleuves charrient des charges élevées de métaux lourds associés aux sédiments.
	Le détournement des voies d'écoulement des sédiments (digues, canaux, drainage urbain, barrages) peut entraîner une forte érosion et de fortes charges sédimentaires.		Charge sédimentaire des océans et des écosystèmes côtiers (deltas, zones humides, plages, etc.).	En Afrique de l'Ouest, 50% des sols érodés en amont sont déposés dans le sous-bassin de la Volta Blanche. L'érosion d'origine anthropique a affecté environ 2,2 millions de km ² de terres en Amérique latine.
Polluants organiques biodégradables	Processus caractérisé par une forte demande biochimique en oxygène, résultant de la décomposition microbienne de déchets humains et du bétail ainsi que de la prolifération d'algues associée à l'eutrophisation, en particulier dans les lacs et les zones humides.	Eaux usées industrielles et domestiques.	La décomposition des algues et des végétaux aquatiques par les bactéries peut entraîner l'hypoxie et la diminution de la teneur en oxygène dans les plans d'eau, ce qui cause la décimation des poissons et facilite la libération des métaux lourds des sédiments de fond dans la colonne d'eau.	Augmentation observée en Afrique, en Asie-Pacifique et en Amérique latine (PNUE, 2016a). Diminution observée dans les pays développés, grâce à l'amélioration du traitement des eaux usées.
	Applications et activités industrielles et agricoles.			Les pays en voie d'urbanisation et d'industrialisation rapides (par exemple, la Chine, l'Inde, l'Éthiopie et le Mexique) et les fleuves en aval des grandes villes d'Asie centrale.



Contaminant de l'eau	Sources du contaminant	Cheminement vers le plan d'eau	Impacts de l'eau contaminée et de l'insuffisance de l'assainissement ou de l'hygiène	Exemples d'occurrences
Polluants organiques persistants (pesticides organiques, substances chimiques industrielles, solvants des insecticides organiques néonicotinoïdes)	DDT (produit à l'échelle mondiale); insecticides néonicotinoïdes (introduits dans les années 1990); substances chimiques et solvants organiques utilisés dans les procédés de fabrication.	Ruissellement agricole et urbain; eaux usées industrielles et domestiques.	Ces polluants s'accumulent et persistent dans les tissus gras des humains, des poissons et d'autres organismes aquatiques, nuisant à leur santé s'ils sont toxiques. Les néonicotinoïdes sont toxiques pour les invertébrés aquatiques et la biodiversité. Le DDT présente des risques cancérigènes et tératogènes pour les humains (par exemple, les fortes concentrations de DDT dans l'écosystème du lac Kariba et dans le lait maternel des femmes de la région).	Le DDT est encore utilisé dans de nombreux pays en développement pour lutter contre le paludisme. Les néonicotinoïdes sont les insecticides les plus utilisés dans le monde. Environ 40 % de la superficie terrestre mondiale est touchée par le ruissellement d'insecticides. Une large gamme de procédés chimiques industriels fait intervenir des solvants organiques. La réduction de l'utilisation du DDT s'est soldée par des résultats positifs (par exemple, la reconstitution des populations d'aigles et d'autres oiseaux en Amérique du Nord).
	Insecticides néonicotinoïdes.		Contaminent les ressources en eau douce, les zones humides, les habitats estuariens et les systèmes marins à l'échelle mondiale. Posent de graves menaces pour les pollinisateurs tels que les abeilles (IPBES, 2017); contaminent les chaînes alimentaires. Accroissent considérablement l'exposition humaine aux substances chimiques de synthèse (Kim <i>et al.</i> , 2017).	
Métaux lourds	Déchets industriels, agricoles, médicaux, technologiques et miniers; ruissellement des eaux pluviales (par exemple, sur les routes).	Rejets d'eaux usées industrielles et municipales non traitées dans les cours d'eau, les lacs, les zones humides; ruissellement des terres; sédimentation.	Peuvent affecter directement la santé humaine par l'ingestion d'eau de boisson. Peuvent s'accumuler biologiquement dans les légumes, le riz et d'autres plantes comestibles irriguées à l'eau contaminée (Arunakumara, Walpola et Yoon, 2013; Lu <i>et al.</i> , 2015). Le mercure, le plomb, le chrome, le cadmium et l'arsenic ont des effets toxiques sur les humains et d'autres organismes.	Les eaux et les sédiments des cours d'eau de la région Asie-Pacifique contiennent des taux élevés de métaux lourds provenant des rejets non traités des tanneries et des opérations de finissage des métaux ainsi que des eaux de ruissellement des routes (par exemple, le zinc dans l'ouest de Java; le plomb à Erdenet, en Mongolie; le chrome dans certains cours d'eau du Bangladesh et du Japon [Sikder <i>et al.</i> , 2013]; les cours d'eau urbains de Chine [Qu et Fan, 2010]). Zones urbaines d'Amérique du Sud. En revanche, la contamination par les métaux lourds a diminué de façon générale dans les pays de l'UE.
	Contamination naturelle (par l'arsenic dans les eaux souterraines, etc.).			Largement répandue dans les eaux souterraines du Bangladesh et de l'Inde; dans certaines régions de la Chine, de l'Iran, de la Mongolie, du Pakistan et du Népal (Rahman, Ng et Naidu, 2009).



Contaminant de l'eau	Sources du contaminant	Cheminement vers le plan d'eau	Impacts de l'eau contaminée et de l'insuffisance de l'assainissement ou de l'hygiène	Exemples d'occurrences
Salinité	Drainage de l'eau d'irrigation agricole ; évaporation des lacs et des zones humides.	Taux d'évaporation élevés.	La plupart des organismes et des écosystèmes dulcicoles ont une tolérance limitée à la salinité (PNUE, 2016a) ; la salinisation compromet les utilisations agricoles et industrielles de l'eau. L'intrusion d'eau salée peut entraîner la salinisation d'aquifères côtiers.	Les problèmes de salinité affectent un dixième de l'ensemble des cours d'eau en Afrique, en Asie-Pacifique et en Amérique latine ; la salinisation des eaux de surface est un problème majeur en Asie centrale.
	Pratiques agricoles intensives ; effluents d'égouts domestiques et industriels.	Salinisation des sols.		
	Intrusion d'eau de mer.	Prélèvement excessif d'eaux souterraines.		
Nouveaux contaminants préoccupants	Produits pharmaceutiques vétérinaires et humains ; insectifuges ; désinfectants antimicrobiens ; ignifugeants ; métabolites de détergents.	Effluents des égouts municipaux et industriels.	Les déséquilibres hormonaux contribuent à la réduction de la fertilité humaine et à la transformation sexuelle des poissons mâles (Gross-Sorokin, Roast et Brighty, 2006). Multiplication des données probantes sur la présence d'organismes résistants aux antibiotiques dans les sources d'eau, ce qui pourrait modifier les écosystèmes microbiens aquatiques.	Le US Geological Survey a détecté ces contaminants dans 80 % des cours d'eau échantillonnés aux États-Unis ; on en a également détecté dans toutes les mers paneuropéennes.
	Microplastiques et nanoparticules (Kolpin <i>et al.</i> , 2002).		Affectent aussi bien les écosystèmes d'eau douce que les écosystèmes marins. Il est avéré que les microplastiques contiennent et absorbent des substances chimiques toxiques.	Problème d'envergure mondiale (Dris <i>et al.</i> , 2015).
Autres préoccupations relatives à la qualité de l'eau	Pollution des eaux souterraines associée aux activités de fracturation pétrolière et gazière.	De grands volumes d'« eau produite » et de substances chimiques connexes sont rejetés dans les voies navigables.	Les polluants associés à la fracturation hydraulique font l'objet de recherches (Osborn <i>et al.</i> , 2011).	Amériques (Vengosh <i>et al.</i> , 2014).
	Acidification des lacs due au dépôt atmosphérique d'émissions de combustibles fossiles.	Pluies acides.	Impacts sur les écosystèmes d'eau douce, y compris les poissons et autres organismes aquatiques.	L'acidification des lacs continue de poser problème dans les régions où les sols ou le substratum rocheux ne sont pas en mesure de jouer un rôle de tampon face aux pluies acides. La situation s'améliore là où les émissions de SO _x et de NO _x ont diminué (par exemple, les lacs touchés de la région des Adirondacks de l'État de New York se rétablissent à des rythmes différents) (Driscoll <i>et al.</i> , 2016).



Annexe 13-1 : La conservation de la biodiversité et les accords internationaux sur l'environnement

L'Université de l'Oregon a constitué la base de données concernant les accords internationaux sur l'environnement (AIE) la plus complète à ce jour. Nous avons recherché dans la base de données iea.uoregon.edu les AIE ayant trait à la conservation de la biodiversité. Une recherche des accords multilatéraux et bilatéraux sur les termes « biodiversity » ET « conservation » a généré 45 résultats en tout. Les modifications d'accords déjà jugés pertinents ont également été exclues ici pour éviter un double comptage. Après le processus de sélection, 33 AIE relatifs à la conservation de la biodiversité ont été relevés. Ils ont été entérinés en l'espace de trois décennies (soit entre

1985 et 2015). Quatre d'entre eux sont bilatéraux (signés par seulement deux pays) et les autres sont multilatéraux (signés par au moins trois pays). Le nombre de signataires de chaque accord multilatéral varie de 3 à 196 (médiane = 7). Vingt-huit AIE portent principalement sur une région géographique ciblée et six ont une portée mondiale. Parmi les accords portant sur une région terrestre, sept sont axés sur la conservation des écosystèmes ou des espèces en Amérique du Nord, cinq en Europe, six en Asie et trois en Afrique. Sept AIE portent également sur la conservation de la biodiversité en milieu non terrestre (océans Indien, Atlantique et Pacifique et mer Baltique).

Tableau A.4 : Liste des accords internationaux sur l'environnement signés entre 2010 et 2015



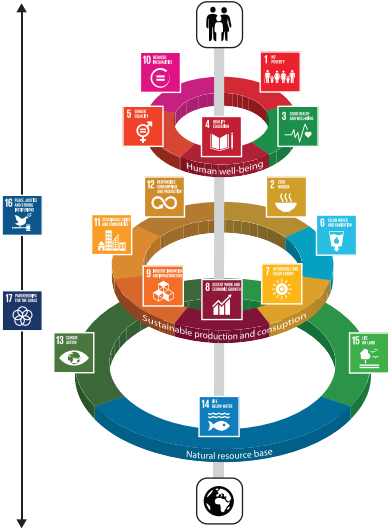


AIE	Année de signature	Thèmes
Accord sur la protection et le développement durable de la zone du parc de Prespa	2010	4
Protocole de Nagoya sur l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation relatif à la Convention sur la diversité biologique	2010	3
Accord de coopération forestière entre l'Association des nations de l'Asie du Sud-Est et la République de Corée	2011	2
Protocole de gestion durable des forêts à la Convention-cadre sur la protection et le développement durable des Carpates	2011	2
Protocole sur le tourisme durable à la Convention-cadre sur la protection et le développement durable des Carpates	2011	2
Accord sur la création de l'Institut mondial de la croissance verte	2012	2
Convention sur la conservation et la gestion des ressources halieutiques en haute mer dans le Pacifique Nord	2012	2
Protocole modifiant l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs entre les États-Unis d'Amérique et le Canada	2012	1
Convention du courant de Benguela	2013	4
Protocole sur le transport durable à la Convention-cadre sur la protection et le développement durable des Carpates	2014	2
Accord de Paris dans le cadre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques	2015	3

Les AIE ont été classés en quatre thèmes : prévention de la pollution (1), utilisation durable de la biodiversité (2), processus environnemental (3), protection des écosystèmes, des espèces et des gènes (4), en fonction du contexte prédominant dans lequel ils s'inscrivent.

Source : Mukherjee *et al.* (2018).

Annexe 13-2 : Aperçu des principales évolutions des politiques et des réponses en matière de gouvernance à l'échelle mondiale



 <p>Convention on Biological Diversity</p>	<p>La Convention sur la diversité biologique est depuis vingt ans la convention clé en ce qui a trait à la conservation de la biodiversité et à son utilisation durable, ainsi qu'à l'accès équitable aux ressources génétiques et au partage équitable de leurs avantages (UICN, 2018a ; 2018b).</p>
	<p>La nécessité d'intégrer la science de la biodiversité à la conception des politiques, comme c'est le cas pour le changement climatique, a conduit à la création de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) en 2012 (Diaz et al., 2015 ; Allison et Brown, 2017).</p>
 <p>The diagram illustrates the 17 Sustainable Development Goals (SDGs) arranged in a circular structure. At the top is 'Human well-being' (Goals 1-5), in the middle is 'Sustainable production and consumption' (Goals 6-12), and at the bottom is 'Natural resource base' (Goals 13-15). A vertical axis on the left indicates the timeline from 2015 to 2030.</p>	<p>L'importance de la biodiversité est également reconnue au titre des ODD 14 (vie aquatique) et 15 (vie terrestre) adoptés par les dirigeants mondiaux le 25 septembre 2015 à l'Assemblée générale des Nations Unies. Le regroupement des objectifs est examiné au chapitre 20 (voir la figure 20.1).</p>
	<p>En réponse à la nécessité de protéger la biodiversité, ont été créées et gérées les aires protégées, comme le reflète la cible 11 de la biodiversité d'Aichi du Plan stratégique pour la biodiversité 2011-2020. L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) définit une aire protégée comme étant « un espace géographique clairement défini, reconnu, dédié et géré, par des moyens juridiques ou d'autres moyens efficaces, pour assurer la conservation à long terme de la nature ainsi que les services écosystémiques et les valeurs culturelles qui lui sont associés » (UICN, 2018c). Figure : Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature et UICN, 2016.</p>
 <p>NATURAL CAPITAL COALITION</p>	<p>La Natural Capital Coalition, issue de The Economics of Ecosystems & Biodiversity (TEEB) for Business Coalition en 2014, est une collaboration internationale qui vise à intégrer les approches fondées sur le capital naturel dans les secteurs public et privé.</p>



Annexe 23-1 : Les plateformes d'initiatives ascendantes et leurs résultats

Initiative	Portée	Secrétariat	Participants	Description et projets	Théorie du changement	Nombre d'initiatives	ODD	Trajectoire potentielle	URL
Plateforme de coordination et d'information de Vision Amazonia (PID Amazonia)	Régionale (Colombie)	Société civile, administration locale	Pouvoirs publics, société civile, secteur privé, organisations internationales	En fournissant une structure permettant d'expertiser les savoirs, de développer des ressources financières, la CIP vise à soutenir la mise en œuvre d'activités d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES) et à faire en sorte que les résultats de ces activités (par exemple, l'information, les outils, les programmes et les mesures incitatives) profitent aux bénéficiaires visés.	Plateforme de connaissances et de données ; Suivi et déclaration ; Finances, mesures incitatives et subventions	200	13	Solutions décentralisées	http://www.pidamazonia.com
Solutions bleues – Gestion de la biodiversité marine et côtière dans les pays insulaires du Pacifique (MACBIO-Pacific)	Régionale (région des îles du Pacifique)	Gouvernement national, organisations internationales	Praticiens, gouvernements nationaux et régionaux	Compilation, documentation et partage des approches probantes pour faire face aux problèmes propres aux zones marines et côtières. En renforçant les capacités institutionnelles et individuelles, pour gérer et conserver la biodiversité dans les écosystèmes marins et côtiers, le MACBIO soutient les économies et les moyens de subsistance durables des pays insulaires du Pacifique.	Plateforme de connaissances et de données		14	Solutions décentralisées	http://macbio-pacific.info/tbook/
Plateforme des initiatives climatiques (Climate Initiative Platform)	Mondiale	Organisation internationale	Pouvoirs publics, secteur privé, société civile, organisations internationales	Portail en ligne pour la collecte, l'échange et le suivi des informations sur les initiatives internationales de coopération dans le domaine climatique entre les participants issus de villes, de régions, d'entreprises, de cercles d'investisseurs, de la société civile et de gouvernements nationaux.	Plateforme de connaissances et de données ; Suivi et déclaration	224	13	Solutions décentralisées	http://climateinitiativesplatform.org/index.php/Welcome
Plateforme de connaissances sur la croissance verte (Green Growth Knowledge Platform – GGKP)	Mondiale	Société civile, organisations internationales	Praticiens, organisations internationales, chercheurs universitaires, société civile, pouvoirs publics	La GGKP est un réseau mondial d'organisations et d'experts internationaux dont la mission consiste à relever et pallier les principales lacunes des connaissances sur la théorie et la pratique de la croissance verte. En encourageant une collaboration élargie et une recherche d'envergure mondiale, la GGKP fournit aux praticiens et aux décideurs les orientations stratégiques, les bonnes pratiques, les outils et les données nécessaires pour favoriser la transition vers une économie verte.	Plateforme de connaissances et de données ; Sensibilisation, connaissances, perfectionnement des compétences ; Organisations et entreprises nouvelles	337	12	Solutions décentralisées	http://www.greengrowthknowledge.org/
Initiative LifeWeb	Mondiale	Organisation internationale	Pouvoirs publics, organisations internationales, société civile	LifeWeb identifie les besoins en matière de biodiversité, de conservation et d'adaptation au changement climatique, à l'intention des donateurs qui sont en mesure de former des partenariats d'aide au développement, par l'entremise d'un centre d'information en ligne et de la participation à des tables rondes.	Plateforme de connaissances et de données ; Finances, mesures incitatives et subventions	18	14, 15, 17	Solutions décentralisées	https://lifeweb.cbdd.int/

Initiative	Portée	Secrétariat	Participants	Description et projets	Théorie du changement	Nombre d'initiatives	ODD	Trajectoire potentielle	URL
Zone des acteurs non étatiques pour l'action climatique (Non-state Actor Zone for Climate Action – NAZCA)	Mondiale	Organisation internationale	Pouvoirs publics, secteur privé, société civile, organisations internationales, chercheurs universitaires	La NAZCA recueille les engagements en faveur de l'action climatique pris par des entreprises, des villes, des entités infranationales, des régions, des investisseurs et des organisations de la société civile. Elle assure le suivi de la mobilisation et des actions qui aident les pays à atteindre et dépasser leurs engagements nationaux en matière de lutte contre le changement climatique.	Plateforme de connaissances et de données ; Suivi et déclaration	12 549	11, 13, 17	Solutions décentralisées	http://climateaction.unfccc.int/
Pacte mondial des Nations Unies	Mondiale	Organisation internationale	Secteur privé	Le Pacte mondial des Nations Unies aide les entreprises à aligner leurs stratégies et leurs opérations sur dix principes relatifs aux droits de la personne, au travail, à l'environnement et à la lutte contre la corruption. Il prend des mesures stratégiques pour l'avancement d'objectifs sociétaux plus généraux, tels les ODD, en mettant l'accent sur la collaboration et l'innovation.	Sensibilisation, connaissances, perfectionnement des compétences	49 861	6, 7, 8, 11	Solutions décentralisées	http://www.unglobalcompact.org/
Ensemble d'engagements NRDC (Cloud of Commitments)	Mondiale	Société civile	Pouvoirs publics, secteur privé, société civile, organisations internationales	La plateforme Cloud of Commitments met en évidence les coalitions, réseaux, partenariats et autres initiatives émergentes menant des actions dans les domaines de l'énergie, de l'eau, de l'urbanisme et la résolution d'autres défis clés de la durabilité examinés dans le cadre de la CNUDD et du Sommet Rio+20. On s'attend à ce qu'elle évolue dans le sens de la transparence, de l'engagement, des évaluations et de la responsabilisation au titre des engagements présentés.	Plateforme de connaissances et de données ; Suivi et déclaration	118	Divers	Solutions décentralisées	http://www.cloudofcommitments.org/
Seeds of Good Anthropocenes	Mondiale	Organisation internationale	Pouvoirs publics, secteur privé, société civile, organisations internationales	Cette initiative s'intéresse aux « germes » (seeds) du changement, c'est-à-dire aux initiatives existantes, même si elles restent rares. Il peut s'agir de programmes sociaux, de nouvelles technologies, d'outils économiques ou de projets socio-écologiques, ou encore d'organisations, de mouvements ou de nouvelles modalités d'action susceptibles de contribuer de façon substantielle à l'avènement d'un avenir juste, prospère et durable.	Plateforme de connaissances et de données ; Sensibilisation, connaissances, perfectionnement des compétences	400	13, 17	Solutions décentralisées ; Changement d'habitudes de consommation ; Technologie mondiale	https://goodanthropocenes.net/





Initiative	Portée	Secrétariat	Participants	Description et projets	Théorie du changement	Nombre d'initiatives	ODD	Trajectoire potentielle	URL
Projet Drawdown	Mondiale	Public, praticiens, société civile, secteur privé, décideurs, gouvernements, chercheurs universitaires	Praticiens, société civile, secteur privé, pouvoirs publics, chercheurs universitaires, organisations internationales	Le projet Drawdown facilite la mise en place d'une large coalition de chercheurs, de scientifiques, d'étudiants diplômés, de titulaires de doctorats, d'étudiants en études postdoctorales, de décideurs, de chefs d'entreprise et de militants en vue de rassembler et présenter les informations les plus à même de répondre aux enjeux climatiques, et de décrire les avantages financiers, sociaux et environnementaux qu'elles occasionneront d'ici trente ans.	Plateforme de connaissances et de données ; Sensibilisation, connaissances, perfectionnement des compétences	100	13	Solutions décentralisées	http://www.drawdown.org/
Climate Colab du MIT	Mondiale	Recherche universitaire	Public, société civile	Le Climate Colab est une plateforme ouverte de résolution de problèmes, où une communauté en pleine expansion comptant plus de 90 000 personnes – dont des centaines de spécialistes de premier plan du changement climatique et d'autres domaines connexes – élabore et évalue des plans pour l'atteinte des objectifs climatiques mondiaux.	Plateforme de connaissances et de données ; Sensibilisation, connaissances, perfectionnement des compétences ; Organisations et entreprises nouvelles	2 703	Divers	Solutions décentralisées	https://climatecolab.org/contests
VertMTL.org	Locale (Montréal, Canada)	Gouvernement local	Public, société civile	Dans le cadre de sa consultation sur la réduction de la dépendance des Montréalais aux combustibles fossiles, le Conseil consultatif public de Montréal invite les acteurs de l'innovation à élaborer des prototypes d'approches novatrices pour répondre aux besoins des Canadiens.	Plateforme de connaissances et de données ; Sensibilisation, connaissances, perfectionnement des compétences ; Organisations et entreprises nouvelles	58	6, 13, 2, 12	Solutions décentralisées	https://marathoncreatif.sparkboard.com/
Sustainia100	Mondiale (188 pays en 2016)	Société civile	Secteur privé, tous pouvoirs publics, société civile, organisations internationales, chercheurs universitaires	Depuis cinq ans, Sustainia100 étudie plus de 4 500 solutions provenant du monde entier qui s'attaquent à des défis mondiaux interdépendants et contribuent à l'atteinte des ODD.	Plateforme de connaissances et de données ; Sensibilisation, connaissances, perfectionnement des compétences	4 500	Divers	Solutions décentralisées	http://www.sustainia.me/solutions/
Beautiful Solutions	Mondiale	Société civile	Public, société civile, praticiens	La galerie et le laboratoire Beautiful Solutions sont des espaces interactifs hébergeant récits, solutions et propositions en vue d'édifier un nouveau pouvoir institutionnel et d'esquisser les contours d'un avenir juste, résilient et démocratique. Cette initiative combine une plateforme en ligne, un livre et un programme de formation conçus pour doter les particuliers des outils nécessaires pour bâtir le monde que nous appelons de nos vœux.	Plateforme de connaissances et de données ; Sensibilisation, connaissances, perfectionnement des compétences	18	13	Solutions décentralisées	https://solutions.thischangeeverything.org

Initiative	Portée	Secrétariat	Participants	Description et projets	Théorie du changement	Nombre d'initiatives	ODD	Trajectoire potentielle	URL
EcoTipping Points	Mondiale	Société civile	Public, société civile, praticiens	L'objectif pragmatique du projet EcoTipping Points est d'aider les particuliers à discerner les leviers de « points de bascule » disponibles dans leur environnement – favorisant des actions concrètes auxquelles eux et leur communauté peuvent donner suite. Ce projet vise à faire connaître les récits et les enseignements qui en découlent dans les médias, par des ateliers et dans le cadre d'une collaboration directe avec des groupes communautaires.	Plateforme de connaissances et de données ; Sensibilisation, perfectionnement des compétences	125	15, 17	Solutions décentralisées	http://www.ecotippingpoints.org
PANORAMA – Solutions pour une planète saine	Mondiale	Société civile, organisations internationales, gouvernements nationaux	Public, société civile, praticiens, pouvoirs publics, chercheurs universitaires, organisations internationales, secteur privé	L'initiative de partenariat PANORAMA documente et promeut des solutions inspirantes et reproductibles dans un éventail de sujets touchant la conservation et le développement, permettant un apprentissage et constituant une source d'inspiration selon une logique intersectorielle. PANORAMA permet aux praticiens de relater leurs expériences, de faire connaître leurs succès et de découvrir comment leurs homologues aux quatre coins du monde ont abordé certains problèmes, tout en encourageant la réflexion et l'apprentissage fondés sur des approches éprouvées.	Plateforme de connaissances et de données ; Sensibilisation, perfectionnement des compétences	373	Divers	Solutions décentralisées	https://panorama.solutions/fr
Initiative Élan pour le changement de la CCNUCC	Mondiale	Organisations internationales	Secteur privé, société civile, pouvoirs publics, organisations internationales	Élan pour le changement est une initiative pilotée par la CCNUCC, qui reconnaît les solutions innovantes et transformatrices permettant à la fois de faire face au changement climatique et de relever des défis économiques, sociaux et environnementaux plus généraux. Cette initiative propose des exemples pratiques, extensibles et reproductibles de ce que font des particuliers, des entreprises, des gouvernements et des industries pour lutter contre le changement climatique.	Organisations et entreprises nouvelles ; Finances, mesures incitatives et subventions	627	Divers	Technologie mondiale	http://unfccc.int/secretariat/momentum_for_change/items/6274.php
WorthWild	Régionale (États-Unis)	Secteur privé	Public, société civile, secteur privé, praticiens	WorthWild est une plateforme de financement participatif pour les entreprises, les organismes à but non lucratif et les particuliers sensibles aux questions environnementales qui souhaitent financer des projets aptes à protéger et soutenir la planète. WorthWild nourrit le débat écologique par des moyens technologiques, en guidant les personnes qui organisent leur première campagne de financement participatif et les philanthropes de longue date dans le processus d'élaboration de campagnes efficaces de bout en bout.	Organisations et entreprises nouvelles ; Finances, mesures incitatives et subventions	29	7	Solutions décentralisées	http://www.worthwild.com





Initiative	Portée	Secrétariat	Participants	Description et projets	Théorie du changement	Nombre d'initiatives	ODD	Trajectoire potentielle	URL
Greencrowd	Régionale (Pays-Bas)	Secteur privé	Public, société civile, secteur privé, praticiens	La plateforme néerlandaise Greencrowd vise à accélérer la réalisation de projets d'énergie durable. Les investissements dans les projets Greencrowd se traduisent par un impact environnemental ainsi que des bénéfices financiers. Greencrowd évalue minutieusement les risques liés aux projets et veille à ce que des garanties (assurances ou biens immobiliers à titre de garantie) minimisent le risque de perte.	Organisations et entreprises nouvelles ; Finances, mesures incitatives et subventions	43	Divers	Solutions décentralisées ; Changement d'habitudes de consommation	https://greencrowd.nl/
Divvy	Mondiale	Société civile	Public, société civile, secteur privé, praticiens	Divvy est une plateforme de financement participatif de projets communautaires axés sur la durabilité. Elle facilite considérablement la mise en pratique des projets durables formulés par des responsables communautaires mus par une vision écologique. Le cas échéant, elle aide même les initiateurs de projets à obtenir des devis concurrentiels de prestataires locaux, afin qu'ils concentrent toute leur attention sur la mobilisation de leur communauté.	Organisations et entreprises nouvelles ; Finances, mesures incitatives et subventions	9	Tous	Solutions décentralisées ; Technologie mondiale	http://divvygreen.com/
Partenariats pour la réalisation des ODD	Mondiale	Organisation internationale	Public, praticiens, société civile, pouvoirs publics, organisations internationales, secteur privé, chercheurs universitaires	La plateforme en ligne des Partenariats pour la réalisation des ODD est le registre mondial des engagements volontaires et des partenariats multipartites de l'ONU. Elle facilite l'implication de toutes les parties prenantes dans le monde entier, en appui à la mise en œuvre des ODD.	Plateforme de connaissances et de données ; Suivi et déclaration	3 808	Tous	Solutions décentralisées	https://sdgs.un.org/partnerships

Initiatives ascendantes présentées



Ateliers pilotes

Atelier	Intitulé du projet pilote	Description
Singapour [MM81]	Microréseaux d'énergie renouvelable	Des microréseaux d'énergie renouvelable sont mis en place dans des zones vulnérables au changement climatique et aux catastrophes, afin de renforcer la sécurité énergétique, la résilience et la capacité des communautés isolées ou reculées à se relever après un événement climatique.
Singapour	Célébrer les rives de Singapour	Cette plateforme vise à rassembler les groupes maritimes en vue de célébrer l'Année internationale des récifs, un événement qui se produit tous les 10 ans.
Singapour	Calculateur de l'empreinte des déchets plastiques	Semblable aux calculateurs de l'empreinte carbone des particuliers, cette application Web évalue l'empreinte approximative des déchets plastiques des particuliers en fonction de leur mode de vie. L'application peut ensuite résumer ou déduire la quantité de déchets qu'une personne génère par semaine, par mois ou par année et suggérer des façons de modifier son mode de vie pour réduire sa production de déchets plastiques.
Singapour	Logiciel libre de production de rapports par chaîne de blocs	Ce logiciel utilise la chaîne de blocs comme outil pour accompagner les OSC dans l'établissement de leurs rapports. Le recours à la technologie facilite la communication et la mesure des données et de l'impact, afin d'aider les OSC à rendre des comptes et à sensibiliser le public.
Singapour	Coopérative d'éclairage solaire	Ce réseau électrique communautaire, décentralisé et coopératif accorde la priorité aux communautés pauvres et mal desservies. Chaque communauté gère son système dans le cadre d'un régime coopératif.
Singapour	Mise en œuvre de la biomimétique pour un changement de mode de vie	Dans le but de maintenir le lien entre l'industrie et la conservation de la biodiversité, ce projet promeut le biomimétisme, une technologie inspirée par la nature. La biomimétique est un ensemble de services culturels qui tirent leur inspiration des services écosystémiques, tels que le tissu de maillot de bain imitant la peau de requin, ou encore les modèles d'urbanisme s'inspirant des écosystèmes environnants.
Singapour	Barrage de la marina	Un barrage sert d'étude de cas pour atténuer les problèmes d'inondation au moyen de vannes automatiques.
Singapour	Utilisation de drones pour effectuer une évaluation environnementale préalable à l'aménagement	Ce projet consiste à collecter en temps réel des informations environnementales telles que la qualité de l'air et la composition des forêts.
Singapour	Repair Kopitiam	Des ateliers de réparation mensuels forment les résidents de différentes régions à la réparation des appareils et à la limitation de la production de déchets électroniques. Les participants peuvent aussi télécharger une série de vidéos et organiser leurs propres ateliers. L'une des forces de cette approche tient au fait que tout le monde a la capacité d'acquérir des compétences en réparation ; cette initiative remet également la culture de la réparation au goût du jour.
Singapour	Sondes de niveau d'eau de drainage	Des capteurs surveillent le niveau d'eau des drains et des canaux, fournissant ainsi un suivi en temps réel de l'état des sites pendant les fortes tempêtes, en vue d'améliorer le temps de réponse lors d'une inondation. Ce dispositif a toute son utilité dans les villes dotées d'un système de canalisations dense.
Singapour	Plateforme de données ouverte de Melbourne pour la gestion de l'environnement	Cette plateforme compile des informations portant sur tous les arbres de la ville de Melbourne.
Singapour	Imagerie satellitaire pour détecter la santé des palmiers	Cette technologie permet de détecter les arbres potentiellement malades sans avoir recours à des méthodes destructrices.
Singapour	Agriculture urbaine de légumes traditionnels	Ce projet de culture urbaine de légumes traditionnels et indigènes est mis en place dans la région métropolitaine de Tokyo. Des coopératives agricoles conservent des semences traditionnelles pour promouvoir la culture et l'agrobologie régionales (par exemple, le radis blanc).
Singapour	Surveillance citoyenne de la pollution	L'objectif est de donner aux citoyens les outils nécessaires pour produire des rapports sur la pollution locale (en particulier celle émise par les véhicules). Cette approche a le mérite de tirer parti de la technologie préexistante, tout en donnant une certaine visibilité à la lutte contre la pollution.
Singapour	Application China Black and Smelly Waters	Les citoyens peuvent signaler les cas d'eau sale ou malodorante dans les zones urbaines grâce à une application pour smartphone qui se connecte à WeChat. Les fonctionnaires locaux doivent répondre aux plaintes dans les sept jours.
Singapour	Repair Kopitiam	« Kopitiam » est le nom d'un café de quartier. Ce projet est piloté par le Sustainable Living Lab (SL2). Au bas des logements à loyer modéré, l'organisation aménage un espace où les résidents peuvent apporter des objets endommagés pour les faire réparer. Des bénévoles enseignent aux résidents à réparer des appareils électroniques, des vêtements, des articles ménagers et de consommation courante, etc. Il s'agit d'objets qui ont en général une valeur affective. Des photos sont prises par la suite. Cet atelier élit domicile dans l'un des quartiers de la ville tous les dimanches.
Singapour	Rapports de scientifiques citoyens	Des données recueillies par des particuliers sont partagées à des fins diverses et variées.
Singapour	Capture du dioxyde de carbone pour la décarbonisation de l'atmosphère	Des initiatives fondées sur les réactions chimiques ont été mises au point pour le captage direct du CO ₂ dans l'air ambiant. L'usine est située au-dessus d'une installation de récupération de chaleur résiduelle, qui alimente le dispositif. Les ventilateurs propulsent l'air à travers un système à filtre qui recueille le CO ₂ . Lorsque le filtre est saturé, le CO ₂ est extrait à des températures supérieures à 100 °C. Le gaz est ensuite acheminé par un gazoduc souterrain jusqu'à une serre.
Singapour	Eau sans emballage	On peut boire de l'eau sans utiliser de bouteilles en plastique.
Singapour	Culture d'algues pour l'alimentation du bétail	Les algues marines servent de substitut alimentaire pour le bétail et les vaches laitières. Il a été démontré que la consommation d'algues par les ruminants réduisait leurs émissions de méthane.



Atelier	Intitulé du projet pilote	Description
Singapour	Systèmes de transport par covoiturage	Ce système de transport est basé sur des mégadonnées. Une application pour téléphone offre aux utilisateurs un moyen pratique d'appeler une centrale de véhicules de transport. Le coût passager/kilomètre est réduit, tout comme les incidences du transport sur l'environnement. C'est une solution permettant de réduire potentiellement l'utilisation de voitures particulières. Les usagers ont la possibilité de covoiturer tout en bénéficiant du confort et de la commodité d'un moyen de transport privé.
Singapour	Diffusion de données sur le milieu sous-marin	Un dispositif d'enregistrement vidéo unique permet de diffuser des images du milieu sous-marin partout dans le monde en direct.
Singapour	Panneaux solaires polyvalents	Ces panneaux solaires peuvent s'installer partout afin d'accroître l'utilisation des énergies renouvelables.
Singapour	Exploitation de fermes solaires	L'exploitation de fermes solaires favorise une transition à grande échelle vers les énergies renouvelables. Situées sur des terres agricoles à faible rendement, les fermes solaires fournissent une source de revenus de substitution aux agriculteurs victimes d'une réduction de la productivité et des effets du changement climatique. De plus, les fermes solaires favorisent la réduction des émissions et la transition vers les énergies renouvelables. L'exploitation de fermes solaires crée par ailleurs un nouveau secteur au sein du marché de l'emploi et génère des revenus pour de nombreuses communautés rurales. D'autre part, les fermes n'empêchent pas le bétail (les ovins, notamment) de paître dans les champs et aux alentours des panneaux.
Singapour	Assainissement écologique des mangroves – Initiative de restauration des mangroves d'Ubin	Ce projet communautaire, qui vise à restaurer les mangroves sans plantation dans des étangs d'aquaculture abandonnés à Pulau Ubin, mobilise des universitaires, des pisciculteurs, des passionnés de la nature, des pêcheurs ou encore des défenseurs de l'environnement marin. La technologie repose sur la cartographie géographique scientifique du site à restaurer (mangroves).
Singapour	Échange de ressources	Cette initiative vise à réduire l'achat et à encourager l'échange de ressources existantes.
Singapour	Blue SG – Partage d'automobiles électriques	Comme pour le vélopartage, trois à quatre véhicules électriques et leur station de recharge sont placés dans un parking central, accessible en tout temps aux résidents. Cette option est préférable au règne de la voiture individuelle.
Singapour	Ferme intelligente	La ferme intelligente utilise une variété de technologies pour surveiller l'état des légumes. Elle permet aux agriculteurs de savoir dans quelle mesure les légumes et les fruits ont besoin de soleil et d'eau. Elle contribue par ailleurs à la sécurité alimentaire.
Singapour	Karthayam (Citoyens respectueux des ODD)	Ce programme délivre à un diplôme d'études pratiques axées sur la résolution de problèmes publics sous l'angle des objectifs de développement durable. Ses quatre parcours d'une durée totale de six mois sont dispensés aux enfants sous la forme de films, de podcasts et d'autres médias faciles à partager. Les cours portent sur l'apprentissage basé sur l'expérience, la conception d'initiatives localisées, la rédaction de livres d'histoires, le visionnage de films et la participation communautaire. L'un des points forts du cours est son recours à des supports visuels (réalisation de films) pour créer une plateforme décentralisée de partage des connaissances.
Singapour	Heka Leka	Rassemblement pour la cohésion sociale et l'édification de la communauté par l'éducation.
Singapour	Repair Kopitiam	On réunit des résidents pour leur apprendre à réparer les appareils en panne et à contribuer à la réduction des déchets. Ce projet vise également à limiter la consommation et à doter les résidents de compétences professionnelles. Ce faisant, il préserve aussi le patrimoine des industries en déclin (cordonnerie, etc.).
Singapour	Great British Bee Count	On encourage les gens à interagir avec les abeilles (et la biodiversité) en prenant des photos d'abeilles et en les partageant sur une plateforme centralisée. Les particuliers peuvent également acheter des semences afin d'aménager un jardin pour pollinisateurs dans leur quartier en échange de photos d'abeilles. L'initiative permet avant tout de recueillir des données sur les abeilles. En outre, elle tire parti de la technologie existante.
Singapour	Base de données sur l'économie circulaire mondiale	Cette base de données sur les initiatives d'économie circulaire est accessible sur une plateforme centrale. L'une de ses forces tient à sa capacité à mobiliser avec aisance des groupes variés qui contribuent à la base de données, laquelle pourra ensuite servir de plateforme d'apprentissage.
Singapour	Couverts comestibles	Ces ustensiles sont composés de blé, de riz et de sorgho. On utilise plus de 160 millions de tonnes de couverts en plastique en Inde chaque année. Cette initiative est parrainée par le Gouvernement indien.
Singapour	Horticulture sur les berges des rivières pérennes de l'Inde	L'idée derrière l'initiative consiste à remplacer la végétation par des arbres le long des berges des rivières pérennes, afin de prévenir l'érosion des sols et de favoriser le développement économique des agriculteurs.
Singapour	Trash to Treasure (marché aux puces gratuit)	Dans ce marché aux puces gratuit, les objets dont les gens n'ont plus besoin sont redistribués à ceux qui en ont besoin ou qui pourraient optimiser leur usage. Entre autres avantages, il est gratuit pour tous, peut s'organiser en tout lieu et ne nécessite aucune technologie.
Singapour	Toits verts	Il s'agit de toits verts planifiés et construits, et non simplement apposés sur des bâtiments existants. Ces toits végétalisés réduisent la consommation énergétique requise par la climatisation. Ingénieusement conçus, ils recueillent les eaux de pluie, réduisent le débit des eaux à écoulement rapide et atténuent le risque d'inondation dans les zones inondables. Cette initiative permet ainsi de fournir des habitats pour la biodiversité.
Singapour	Covoiturage	Les étudiants et les membres du corps enseignant d'une université sont incités à recourir le plus possible au covoiturage.
Singapour	Démarrage d'une installation de vermiculture	Les cultures de vers permettent de décentraliser la collecte des déchets alimentaires. Cette collecte, ainsi que le compostage, est opérée localement grâce à une colonie de vers de terre. Les déjections des vers sont ensuite livrées à des jardins communautaires, où elles servent d'engrais.
Singapour	Recharge solaire intelligente	Initiative de partage de voitures électriques à Utrecht.



Atelier	Intitulé du projet pilote	Description
Singapour	Skillsfuture SG	Ce projet d'éducation décentralisée, qui fait appel à divers prestataires d'enseignement et institutions, est organisé sur une plateforme gouvernementale financée par les fonds publics. Il présente l'avantage de s'appuyer sur des fonds publics. De plus, il parraine l'éducation et accroît le niveau de scolarité du pays.
Singapour	Régulation de l'alimentation	L'objectif est d'encourager les gens à changer de régime alimentaire par la promotion de choix végétariens.
Singapour	Fondation environnementaliste de l'Inde	Les bénévoles de ce projet veillent à restaurer les lacs urbains et les plans d'eau ruraux par l'action communautaire. Cette initiative a le mérite d'être simple et de faire écho aux aspirations des citoyens en matière de bénévolat.
Singapour	Lampe d'éclairage durable (SALT)	Il s'agit d'une source d'éclairage écologique et durable, qui fonctionne à l'eau salée.
Singapour	Community in Bloom	Cet organisme aménage des jardins communautaires à Singapour. Il compte déjà à son actif quelque 2 000 jardins répartis dans tout Singapour. Les jardins sont également gérés par les communautés locales.
Singapour	Production d'électricité à partir des courants océaniques	Production d'électricité au moyen de turbines sous-marines actionnées par la différence de température de l'eau.
Singapour	Intel Make Tomorrow	Perfectionnement des compétences dans l'utilisation des microcontrôleurs et de l'Internet des objets, pour les étudiants des instituts de formation professionnelle.
Singapour	Gestion de la crise des réfugiés	La technologie vient en aide aux réfugiés, qui peuvent recevoir des messages d'alerte ou autres.
Singapour	Fresh Direct Container Farms	Un entrepreneur nigérian a transformé des conteneurs en fermes intérieures et emploie principalement des femmes dans le besoin.
Singapour	Moniteur de consommation énergétique pour smartphone	L'entreprise Powershop fournit une plateforme d'applications permettant aux consommateurs de suivre la consommation énergétique de leur habitation. Le suivi en direct tient compte des apports énergétiques fournis par les panneaux photovoltaïques solaires. L'application propose également des incitations financières pour réduire la consommation : elle affiche la valeur en dollars de l'apport d'énergie solaire, favorisant ainsi une consommation consciente et une transition vers les énergies renouvelables.
Singapour	Purificateur d'eau à énergie solaire	Ce système est utilisé par des communautés locales pour le filtrage de l'eau et l'assainissement. Le système de filtrage est intégré à une bouteille, facilitant ainsi la consommation de l'eau.
Singapour	Normes de construction écologique	Établissement de normes pour la construction de nouveaux bâtiments et la rénovation.
Singapour	Application pour l'identification des végétaux	Cette application aide à identifier les arbres, les plantes et les fleurs. Quiconque voit une plante inconnue peut en prendre une photo en utilisant l'application, qui a ainsi une fonction éducative de premier plan auprès des utilisateurs.
Singapour	Voitures électriques sans conducteur	Il s'agit d'intégrer l'intelligence artificielle dans notre système de transport.
Singapour	Mouvement populaire pour mettre fin aux brumes toxiques et autres organisations militantes ciblant l'huile de palme	L'initiative SEED promeut l'utilisation de l'huile de palme durable sur le marché de Singapour en collaborant à la fois avec le secteur des aliments et boissons (côté offre) et les consommateurs (côté demande).
Singapour	Precious Plastic	Cette jeune initiative offre aux communautés des guides et des plans en libre accès pour concevoir des machines et des outils de recyclage du plastique. Elle apporte son appui et prodigue des conseils à toute personne intéressée par la fabrication de telles machines. Toutes les informations sont en libre accès, favorisant l'émergence d'initiatives de recyclage décentralisées.
Singapour	Youth Ki Awaaz	Youth Ki Awaaz est une plateforme en ligne décentralisée où les citoyens peuvent s'exprimer sur des questions sociales. N'importe qui peut y lancer une campagne et faciliter le changement. Les récits publiés sont un moyen puissant de faire face aux défis mondiaux. La plateforme favorise la participation de tous.
Singapour	Dispositifs portables	Moniteurs de santé portables personnels.
Singapour	Gaia Grid	Cette communauté agricole hors réseau a recours au financement participatif et aux médias sociaux pour instaurer une communauté autonome. Elle coopère avec les villages tribaux, éradique les problèmes sociaux et encourage l'agriculture biologique.
Singapour	Gravity Light	Utilisation de la gravité pour créer de l'électricité.
Singapour	Espaces sûrs pour des conversations approfondies sur le changement climatique	Cette ONG forme des animateurs qui facilitent des conversations à domicile dans le cadre de réseaux d'amis, autour du changement climatique. Cette approche incite les individus à mener des actions communautaires.
Singapour	Street Feeders of KL	Ce groupe de bénévoles se réunit régulièrement pour distribuer des denrées périssables et non périssables aux sans-abri. Cette action permet également de mieux comprendre les antécédents des sans-abri et de leur procurer des opportunités d'emploi. Cette initiative a l'avantage d'encourager les conversations en face à face et d'aider ainsi les communautés à établir un contact avec les sans-abri. Elle redonne également espoir aux personnes défavorisées.
Singapour	Système de crédits carbone REDD+ de l'ONU dans une aire protégée de la province de Quirino	Il s'agit de restaurer des paysages fragmentés, de promouvoir la plantation d'arbres fruitiers (pour assurer également la sécurité alimentaire) et de fournir des subventions aux agriculteurs assurant la défense de l'aire protégée.
Singapour	Base de données sur la vente d'ailerons de requins	Cette base de données centralisée permet aux citoyens de communiquer l'emplacement et les noms des restaurants qui servent des ailerons de requins. Cette initiative permet non seulement de faire connaître ces restaurants, mais aux citoyens de boycotter les restaurants qui servent des ailerons ou d'engager le dialogue avec eux. Elle présente l'avantage de tirer parti à faible coût de données communiquées par des citoyens au moyen d'une technologie existante.



Atelier	Intitulé du projet pilote	Description
Singapour	Mardi sans paille	Le projet Plastic-lite a démarré il y a un an et demi comme moyen de réduire et de surveiller la consommation individuelle de plastique. Ce groupe autofinancé, géré par des bénévoles, vise à déployer des initiatives dans les communautés pour promouvoir le changement de mode de vie. Il exploite le pouvoir des médias sociaux pour galvaniser les participants. Le « Mardi sans paille » a été adopté par les écoles un jour par semaine.
Singapour	GrabHitch	Cette plateforme technologique met en rapport les automobilistes (autres que les taxis) et les usagers pour faciliter le covoiturage, afin de réduire le nombre de véhicules et la demande de carburant. Elle tire parti de la technologie et des applications existantes pour réduire le nombre de véhicules en circulation.
Singapour	Programme Rain Proof d'Amsterdam	Exploitation des eaux de ruissellement urbaines pour la production de produits de substitution, par exemple la bière, afin de boucler le cycle de l'eau.
Singapour	Chauffage pour les sans-abri par le minage de bitcoins	Le minage de bitcoins dégage beaucoup d'énergie thermique.
Singapour	Station de sacs pour déjections canines	Ce moyen durable et pratique encourage les propriétaires à nettoyer les excréments de leurs animaux. Il s'agit pour les propriétaires d'animaux de compagnie de partager leurs sacs en plastique pour déjections non utilisés.
Singapour	Transformation de bouteilles en plastique (PET) en t-shirts	L'organisation caritative Tzu Chi transforme des bouteilles en plastique recyclé en t-shirts et en couvertures pour en faire don à des victimes de catastrophes naturelles.
Singapour	Lendor (application)	Les utilisateurs de cette bibliothèque virtuelle s'empruntent mutuellement des objets ménagers ou autres, au lieu de les acheter pour un usage unique.
Singapour	Campagne Innisfree de recyclage de bouteilles vides	Les clients rapportent des contenants usagés au kiosque (jusqu'à 50 points échangés) et obtiennent un rabais sur leurs achats futurs. La campagne permet d'établir des statistiques du nombre de bouteilles recyclées et réutilisées. Elle en appelle à la participation positive des citoyens.
Singapour	500 femmes scientifiques	Ce mouvement en faveur de l'ouverture et de l'égalité dans le domaine scientifique en Amérique latine a pour objectif de créer et de promouvoir une culture scientifique, ainsi que d'embrasser la technologie et les sciences. Ce mouvement citoyen vise à faire reconnaître la présence des femmes scientifiques. Il organise des rencontres mensuelles où des personnes sont invitées à discuter sur le modèle du <i>speed dating</i> ; des activités de mentorat et des visites d'écoles pour parler aux filles des sciences et de la technologie, de la politique du gouvernement, du caractère supposément inaccessible de certaines disciplines, du sentiment d'infériorité culturelle (face au « vieux mâle blanc »), et des moyens de décoloniser le monde universitaire et la science.
Singapour	Swapaholic	Les participants à cette plateforme virtuelle d'échange de vêtements apportent des habits de qualité déjà portés, en échange de points à dépenser lors des échanges de vêtements organisés régulièrement dans tout Singapour.
Singapour	Calculateur d'empreinte plastique	Cette application calcule l'empreinte plastique d'un individu et utilise cette information pour sensibiliser les populations et réduire l'utilisation des plastiques. http://whatismycarbonfootprint.com/plastic-footprint .
Singapour	Plastic Bank	Cette application transforme les déchets en monnaie en incitant les gens à collecter du plastique en échange de récompenses distribuées et authentifiées par Plastic Bank, grâce à la technologie de la chaîne de blocs. Elle transfère de la valeur au profit de ceux qui collectent le plastique. https://www.plasticbank.org/what-we-do/ .
Singapour	Repas végétaliens et végétariens d'ONU-Environnement	Ce service propose des options végétaliennes et végétariennes au menu lors des conférences et des événements de l'ONU et d'organisations non gouvernementales internationales pour faire connaître ces régimes alimentaires.
Singapour	Commissions locales de l'eau	En contexte de sécheresse ou de rationnement de l'eau, cette organisation communautaire mutualise les ressources et aide les membres les moins aptes à collecter l'eau en tirant parti des réseaux existants. La même structure peut également s'appliquer au partage de l'énergie et à la sécurité alimentaire.
Singapour	Grab	Cette application de services de transport, comprenant GrabShare et GrabHitch, incite les passagers à utiliser des services de transport plus abordables que la voiture individuelle. Réduisant la consommation de carburant, l'entreprise peut mobiliser des véhicules à énergie propre (par exemple, des voitures électriques).
Singapour	Premier cours sur le changement climatique dans une université du Costa Rica	Ce cours remédie aux carences en matière d'éducation et de communication sur le changement climatique dans ce pays.
Singapour	SECMDL	Cette école d'apprentissage alternatif a été mise en place par les jeunes d'une communauté. Le projet décentralisé, reproductible et autonome est transférable à d'autres communautés.
Singapour	Régime végétal et véganisme	Inclure et promouvoir davantage de menus à base de végétaux.
Singapour	Aquaculture durable	Ce projet intègre des systèmes multitrophiques, en utilisant les extrants (déchets) d'une espèce comme intrants (nourriture) pour les espèces en amont de la chaîne. Il favorise la reproduction des espèces locales et indigènes de Singapour, valorise le patrimoine de Singapour, et fait évoluer les goûts et préférences des individus afin de réduire l'empreinte carbone des produits alimentaires importés.



Atelier	Intitulé du projet pilote	Description
Singapour	Superwomarket	Ce supermarché et café conçu par des femmes scientifiques propose des produits qu'elles ont-elles-mêmes sélectionnés. Il comprend notamment : des emballages indiquant l'empreinte carbone et hydrique et les ODD pertinents ; des produits à emballage minimum ; un espace d'allaitement et d'expression, où une infirmière pourra dépister le cancer du sein et prodiguer des conseils sur ce sujet ; un espace de communication (café) où les femmes peuvent faire du réseautage, organiser des événements, etc. ; un espace de garde d'enfants où les jeunes enfants peuvent jouer sous la surveillance d'une auxiliaire pendant que les mères font leurs courses ou échangent entre elles. Cet « environnement sûr » permettra aux femmes de partager leur expertise sur divers sujets.
Singapour	Écologisation de la Conférence GEO	La prochaine réunion du GEO sera plus verte. Nous devons mettre en pratique ce que nous prônons. La conférence pourrait comprendre : des options de plats végétariens et végétaliens, des fonctionnalités de conférence à distance utilisant des robots de conférence (par exemple, « Double »). Cette perspective inclusive facilitera la participation des personnes qui ne peuvent pas voyager (parce qu'elles ont soit des enfants à garder – comme moi –, soit des problèmes de mobilité) ; une politique « zéro papier », moins de climatisation, des pratiques hôtelières durables, une empreinte carbone plus faible (moins de plastique) et l'usage des énergies renouvelables sont également encouragés. Les directives existantes d'ONU-Environnement datent de 2009 (http://www.greeningtheblue.org/sites/default/files/GreenMeetingGuide.pdf). Elles pourraient être mises à jour dans le prolongement de consultations en ligne avec les auteurs du rapport GEO (par exemple, « Quels thèmes doivent être abordés selon vous lors de la prochaine conférence GEO ? »), puis publiées en ligne avec le rapport GEO-6, en tant que document connexe.
Guangzhou	Réduire la consommation d'animaux sauvages	Réduire la consommation d'animaux sauvages (par exemple, ne pas manger d'animaux sauvages). Réduire l'achat de produits de la faune.
Guangzhou	Light and Shadow Ocean Pavillion	Le public ne devrait pas visiter l'aquarium des cétacés captifs (il s'agit de réduire le nombre de cétacés captifs, car les conditions de captivité ne sont pas adaptées à leur croissance). Le public pourrait privilégier le Light and Shadow Ocean Pavillion (où la visite physique est remplacée par la technologie « Ombres et lumières »).
Guangzhou	Musée de la photographie environnementale	Construction d'un musée de la photographie pour la protection de l'environnement.
Guangzhou	Communauté de partage ; dire NON au gaspillage	Proposition d'un mécanisme potentiel de partage pour promouvoir le développement durable des villes.
Guangzhou	Partage de téléphones portables	Le remplacement fréquent des téléphones cellulaires n'est pas encouragé. Le recyclage des téléphones cellulaires est facilité. Le partage des téléphones portables est encouragé.
Guangzhou	Réduire l'utilisation de meubles en bois massif	Réduction de l'utilisation de meubles en bois massif.
Guangzhou	Développement et utilisation d'un hydrate de gaz naturel	Les ressources en hydrates de gaz naturel sont très riches et pourraient être utilisées par les humains pendant 1 000 ans. Actuellement, on trouve beaucoup de points de ressources, et la technologie d'exploration s'est considérablement améliorée. La priorité devrait être d'encourager tous les pays à exploiter les hydrates de gaz naturel de manière propre.
Guangzhou	Bâtiments écologiques intelligents	Les bâtiments écologiques intelligents utilisent un processus naturel spontané (par exemple, la convection de l'air) pour réduire la consommation énergétique.
Guangzhou	Radiateur en aluminium anhydre	La technologie qui met l'accent sur la consommation d'électricité plutôt que de charbon est une approche efficace pour accroître l'efficacité énergétique et réduire les émissions de carbone. Le radiateur en aluminium anhydre en est un exemple.
Guangzhou	Changement du comportement d'achat des citoyens par la technologie des mégadonnées	Les mégadonnées ont un impact significatif sur la promotion de la sensibilisation à l'environnement et sur le comportement de consommation des citoyens ordinaires.
Guangzhou	Technologie de stockage d'énergie intelligente distribuée	Stockage d'énergie intelligente distribuée, Internet de l'énergie, communauté de l'énergie intelligente.
Guangzhou	Détection intelligente en ligne d'un système de purification d'eau potable	Cette initiative fait intervenir les technologies suivantes : Internet, surveillance en ligne, intelligence artificielle, fabrication artificielle, technologie de purification (par exemple, filtration physique et décomposition chimique), mégadonnées et informatique en nuage.
Guangzhou	Réduire la consommation d'eau au quotidien	Les eaux usées résidentielles pourraient être recyclées à d'autres fins (toilettes, lavage de la voiture, etc.).
Guangzhou	Assiettes en farine de sorgho comme substituts à la vaisselle jetable	La vaisselle pourrait être faite de farine de sorgho. Cette vaisselle pourrait être utilisée en remplacement de la vaisselle jetable.
Guangzhou	Réutilisation et recyclage d'emballages de produits de première nécessité	Les emballages de produits de première nécessité (par exemple, maquillage, shampoing, etc.) pourraient être réutilisés et recyclés.
Guangzhou	Récipient personnel pour boisson	Le client qui apporte sa bouteille au point de vente bénéficie d'une réduction. On peut ainsi réduire le nombre de contenants jetables.
Guangzhou	Limitation de la consommation de plastique et tribunal de l'environnement	Création d'un tribunal de l'environnement.



Atelier	Intitulé du projet pilote	Description
Guangzhou	Limitation de la consommation de plastique dans les universités	L'Université interdit l'utilisation de vaisselle jetable et de sacs en plastique fin.
Guangzhou	Simplifier le conditionnement des livraisons express	Simplifier le conditionnement des livraisons express serait un moyen de réduire le volume de déchets.
Guangzhou	Réduire l'utilisation du plastique, utiliser des produits de maquillage et des contenants écologiques	Cette initiative recommande de réduire la consommation de produits de maquillage contenant des molécules de plastique. Elle pourrait être appliquée sur le modèle de la limitation de l'utilisation de sacs en plastique dans les supermarchés mise en place ces dernières années.
Guangzhou	Éducation à l'environnement	Tous les responsables s'efforcent de promouvoir l'éducation à l'environnement dans les zones régionales avec un objectif clairement établi.
Guangzhou	Transfert d'air dans de l'eau potable et salubre	Après le transfert d'air, l'eau est potable et salubre, pouvant ainsi répondre aux normes les plus rigoureuses.
Guangzhou	Interface cerveau-ordinateur	L'électroencéphalogramme (langage cérébral) du cerveau humain sert à constituer une base de données. À chaque onde cérébrale correspondra une instruction informatique qui actionnera un robot.
Guangzhou	Prévention des catastrophes MR	Promotion de l'éducation à la prévention des catastrophes.
Guangzhou	Distribution décentralisée	Agriculture soutenue par la communauté, marché des agriculteurs.
Bangkok	Alliance mondiale des PDG	Cette initiative est aux avant-postes de la participation du secteur privé et sert à définir la proposition de valeur à partir des ODD (ce que peut en tirer le secteur privé).
Bangkok	Initiative sur l'économie du partage	Il s'agit des plateformes telles qu'Uber, AirBnB ou encore les structures d'échange de vêtements. On note un élan croissant en faveur d'une utilisation plus efficace de ressources sous-utilisées (la plupart des véhicules demeurent inutilisés, pour ne citer qu'un exemple). Cette pratique s'étend à de nouveaux domaines, tous secteurs confondus, et touche au cœur de la consommation et de la production durables.
Bangkok	Laboratoire d'innovation et incubateur d'idées	Ce projet contribue à élargir la portée des projets d'innovations ou de start-ups à petite échelle (par exemple, une initiative d'innovation dans le recyclage des boîtes de conserve).
Bangkok	Toits verts dans les espaces urbains	Cette technique permet de cultiver des produits pour l'alimentation, de produire de l'eau propre ou de mettre en application une infrastructure verte. Cette piste doit être davantage creusée.
Bangkok	Récupération de l'eau de pluie	Pertinente surtout en contexte urbain, où les surfaces perméables se raréfient.
Bangkok	Industrie de la mode éthique	Utilisation des tissus et des textiles mis au rebut par l'industrie de la mode. Application du concept d'économie circulaire à la création, à la production, à la vente au détail et à l'achat des produits de mode : il s'agit de répondre à une série d'enjeux, notamment l'exploitation, le commerce équitable, etc., tout en se souciant de la production durable et de la protection de l'environnement.
Bangkok	Fenêtres à panneaux solaires pour gratte-ciel	Immense potentiel en matière d'énergie renouvelable dans les environnements urbains : la grande quantité de verre dans les gratte-ciel représente un potentiel unique pour une technologie émergente qui transforme les fenêtres en panneaux solaires (Yale 360 : transformation des bâtiments en producteurs d'énergie).
Bangkok	Cuisinières solaires portables pour les toits	Projet relativement simple, à faible technicité et à faible coût.
Bangkok	Mégadonnées et données d'entreprises	Mise à l'échelle pour garantir l'absence de rejet de substances chimiques ou de colorants illégaux dans la chaîne d'approvisionnement.
Bangkok	Initiatives sobres en carbone	Ce projet de Climate Change Asia lancé à l'AIT est une initiative pionnière dans la région, qui aide à comprendre les moyens de restaurer les habitats vulnérables.
Bangkok	Foresterie communautaire et agriculture intelligente face au changement climatique	
Bangkok	Systèmes de transport intelligents	L'objectif est de permettre aux grandes villes de s'attaquer à la pollution de l'air et de garantir l'utilisation efficace des ressources et le respect des principes de sûreté : logiciel d'itinéraires fixes intégré dans tous les véhicules ; systèmes de programmation intégrés, système CAD/AVL entièrement intégré.
Bangkok	Campagnes mondiales de sensibilisation du public	L'objectif de ces campagnes est de contrer le discours de certains chefs de gouvernement qui nient le changement climatique.
Bangkok	Infrastructure urbaine verte – connectivité des parcs urbains	Une planification et une conception urbaines mûrement réfléchies privilégient la maximisation de la connectivité des espaces verts urbains par l'inclusion des parcs du centre-ville, le gradualisme des bordures des parcs et l'amélioration des liens avec la frange périurbaine.
Bangkok	Infrastructure verte pour la réduction du stress thermique urbain	Cette initiative encourage les projets d'amélioration de l'infrastructure essentielle (l'amélioration régulière de l'état des rues, les pratiques communautaires de réduction des îlots de chaleur telles que la plantation d'arbres, etc.).
Bangkok	Abaissement de l'âge des décideurs	Il s'agit de s'attaquer aux barrières sociales et aux législations des pays qui ont établi des limites d'âge (Italie, France, etc.).
Bangkok	Projets d'énergie renouvelable à petite échelle	Il s'agit par exemple de projets de panneaux solaires résidentiels ou de petites centrales hydroélectriques.
Bangkok	Innovation et renforcement des connaissances agricoles traditionnelles	Contrebalancer les forces qui dévalorisent les connaissances et langues traditionnelles ; considérer le sol comme une matière vivante dont il faut prendre soin.



Atelier	Intitulé du projet pilote	Description
Bangkok	Approche des systèmes alimentaires – de l'amont à l'aval	Engagement multisectoriel à chaque étape.
Bangkok	Comptabilité du capital naturel	Établir une corrélation entre l'impact de la conservation de la nature et le développement, et catalyser les services technologiques (c'est-à-dire, le suivi des déchets électroniques).
Bangkok	Assainissement axé sur les ressources	Convertir les détritres de la chaîne des déchets en intrants agricoles des systèmes alimentaires.
Bangkok	Économie circulaire et responsabilité élargie des producteurs	Réutilisation des déchets électroniques, des téléphones usagés, etc.
Bangkok	Technologie de l'hydrogène renouvelable	En tant qu'élément de l'économie circulaire.
Bangkok	Systèmes de gestion des déchets de bricolage	Fabriquer des meubles en matériaux recyclés.
Bangkok	Stratégies de partage des connaissances	Partager des idées sur des plateformes numériques.
Nairobi	Microréseaux intelligents d'énergie	
Nairobi	Smart H ₂ O	Smart H ₂ O est une application conviviale accessible gratuitement dans le monde entier. En un simple clic, elle permet aux citoyens de signaler les fuites, les infractions et le gaspillage d'eau très facilement et quasi instantanément. Grâce à Smart H ₂ O, les citoyens peuvent travailler en partenariat avec leur service d'approvisionnement en eau et participer de façon proactive à l'économie de l'eau.
Nairobi	Agriculture intelligente (cultures favorisant la productivité)	
Nairobi	Biogaz (déchets)	
Nairobi	Observation de la Terre	« Sanivation » et « Locate it ». Le groupe de travail sur les données spatiales à haute résolution assure le suivi du <i>decofly</i> en milieu scolaire, dans les domaines de la santé, du transport et de l'énergie. Cette initiative pilote exige de la technologie, des données probantes et des campagnes de communication. Simple d'utilisation, l'application se télécharge sur la plateforme Airbus. Elle vient d'être lancée dans le comté de Norok, à Nairobi. Elle est innovante, car à faible coût et de portée mondiale, pertinente au regard des ODD 3, 4 et 10.
Nairobi	Éducation – connectivité des écoles	Utilisation de la technologie pour produire une éducation de qualité. L'utilisation de liseuses réduit la production de déchets et la consommation de papier. L'initiative s'inscrit dans le cadre de l'ODD 4.
Nairobi	Surveillance de la qualité de l'air à un prix abordable	Dispositifs de capteurs à faible coût.
Nairobi	Initiatives participatives grâce aux applications intelligentes	
Nairobi	Produits en matières plastiques	Production de produits pétroliers à partir de matières plastiques, réutilisation des plastiques. Innovation en matière de production de fils d'impression 3D. Ce projet pilote adopte une « approche microéconomique ».
Nairobi	Sensibilisation	
Nairobi	Ecoflame – toilettes séparant les déchets solides et liquides	Ce système de gestion des déchets solides recycle les déchets pour produire du biogaz. Cette technologie produit de l'énergie à partir du compost. Les toilettes mobiles s'intègrent dans les foyers. Les déchets sont cuits à l'aide d'un miroir parabolique à 90° et transformés en charbon. Ecoflame est utilisé depuis un certain temps et compte plus de 10 000 utilisateurs à Naivasha (??). Le produit est inodore.
Nairobi	Énergie solaire sur les toits des habitations	Ce projet catalyseur suscite une prise de conscience sociale des problèmes énergétiques. Pertinent au regard des ODD 13, 9, 7 et 11. Le projet pionnier gagne du terrain à l'échelle mondiale ; voir par exemple, Pham Binh (Vietnam), Durga Prasad Dawadi (Népal) et Peter Mburu (Kenya).
Nairobi	Énergie intelligente	
Nairobi	Récupération de l'eau de pluie à partir des toits	
Nairobi	Gestion de l'eau et de l'agriculture en Iran (programme de petites subventions du FEM)	Ce programme iranien de gestion de l'eau s'attaque aux problèmes locaux de santé communautaire. Ce projet pilote est divisé en sous-projets qui amènent des communautés et des fermiers à prévenir les tempêtes de poussière et de sable. Pertinent au regard des ODD 1, 6, 8 et 17. Le programme est déjà établi, en collaboration avec le Gouvernement et les communautés locales. Il est actuellement appliqué le long de la frontière iranienne et pourrait être étendu aux pays voisins pour lutter contre la désertification. Ses principales faiblesses tiennent aux difficultés d'établir des liens entre l'administration nationale et la société civile (communautés locales). Plusieurs acteurs sont impliqués, notamment les médias, les pouvoirs publics, les communautés locales, le secteur privé et les banques et investisseurs.
Nairobi	Aires protégées à Madagascar	Des zones de l'est de Madagascar sont protégées en échange d'un crédit carbone. Il s'agit de réduire la déforestation et de promouvoir une agriculture climato-intelligente. Ce projet pilote est pertinent au regard des ODD 2, 3, 6, 7, 8, 13 et 15. On évite la déforestation en offrant d'autres perspectives économiques. Les principaux défis ont trait à la nécessité de promouvoir l'idée d'une agriculture climato-intelligente dans le reste du pays, et à l'incertitude quant à l'acceptation sociale de nouvelles idées ou approches. Les acteurs mobilisés sont notamment la population rurale et les autorités locales.



Atelier	Intitulé du projet pilote	Description
Nairobi	Voitures et camions électriques Tesla	Ce projet pilote déjà opérationnel trouve toute son utilité au regard des ODD 3, 7, 8, 9, 11, 12 et 13. Il est basé dans l'UE, aux États-Unis, en Chine et dans certains pays du Moyen-Orient. Il s'agit de remplacer les véhicules à moteur diesel ou à essence. L'application Tesla intégrée aux véhicules produit des données en temps réel sur les véhicules. Fait particulièrement prometteur, à Beijing, il se vend plus de véhicules électriques que de véhicules à essence, et leur coût est subventionné à 40 % par le Gouvernement. On relève quatre faiblesses principales : 1) les problèmes d'infrastructure énergétique, si la production d'électricité provient du charbon ou de combustibles fossiles ; 2) le risque d'aggraver les problèmes de congestion ; 3) l'effet de rebond ; 4) la concurrence avec le vélo électrique. Les acteurs concernés sont les entreprises, les consommateurs et les particuliers. Les compresseurs d'alimentation, les batteries à hydrogène et d'autres percées technologiques pourraient rendre les véhicules électriques plus rapides et plus commodes.
Nairobi	Transports publics innovants	Ce projet porte sur des embarcations à système électronique dans le cadre des infrastructures de transports publics et de tourisme. Il est pertinent au regard des ODD 3, 7, 8, 9, 11, 12 et 13. Actuellement en phase de démarrage, il est basé en Irak. Ces embarcations doivent être moins chères pour les consommateurs, écoénergétiques et plus rapides. Elles pourront réduire le nombre d'accidents de la circulation et la congestion tout en améliorant la sécurité. Parmi les principales pierres d'achoppement, mentionnons les risques de congestion, les conflits potentiels associés à l'eau et les incidences possibles sur la pollution de l'air, de l'eau ou issue des déchets. Les principaux acteurs impliqués sont les entreprises, les pouvoirs publics et les particuliers.
Nairobi	Partage de véhicules et de vélos	Cette initiative répond aux ODD 3, 7, 8, 11, 12 et 13. Elle est implantée et appliquée dans des centaines de villes (Mobike est présente dans 110 villes). Elle utilise de l'énergie propre. Cette solution à faible coût est facile à mettre en œuvre et à développer. Ses principales faiblesses résident dans la nécessité de disposer d'une application et d'un smartphone, sans oublier le risque d'accident dû à une flotte de vélos excessive. Les conditions les plus favorables à ce projet sont l'existence d'une infrastructure et d'une masse critique, une formation appropriée et le respect du contexte culturel. De nombreux avantages connexes sont prévus en cas d'intégration avec d'autres initiatives propres aux villes intelligentes.
Nairobi	Initiatives de paiement électronique et systèmes sans numéraire	Ces projets pilotes sont pertinents au regard des ODD 5, 9, 8 et 12. Implantés de longue date dans un certain nombre de pays, ils sont en phase de démarrage dans d'autres, et ce dans le monde entier. Particulièrement innovantes et pratiques, ces initiatives réduisent le besoin d'argent liquide et facilitent les échanges. Jouissant d'une popularité sans égale, elles peuvent contribuer à une consommation et une production durables. Leurs principales faiblesses concernent la gestion des déchets et la production accrue de déchets solides.
Nairobi	Limitation des emballages	Encourager les initiatives suivantes : emballages optionnels lors de l'achat de marchandises, magasins sans emballage, interdiction des sacs en plastique, politiques de taxation. Cette stratégie pilote est pertinente dans le cadre des ODD 2, 6, 9, 11, 12 et 13. Elle est en phase de démarrage, notamment à Dresde, en Allemagne. Cette démarche novatrice et bénéfique : 1) comprend la production d'emballages biologiques à partir de déchets agricoles, fermant ainsi le cycle du système ; 2) réduit les déchets alimentaires ; 3) offre des options de rechange incitatives ; 4) a une visibilité élevée, ce qui en fait un outil de communication efficace. Cette solution très évolutive comporte toutefois des travers : 1) les risques sanitaires associés à la vente en vrac ou en gros ; 2) les produits de substitution du plastique pourraient avoir des effets contre-productifs et la consommation de sacs pourrait augmenter ; 3) les emballages compostables ou biologiques ont besoin d'intrants, qui accentuent la pression sur l'agriculture. Les acteurs concernés sont les citoyens et les gouvernements, les entreprises, les points de vente urbains et les détaillants.

Visions inspirées des ateliers pilotes



Atelier	Trajectoire	Description
Bangkok	Communautés intelligentes (axée sur les solutions décentralisées)	<p>Cette alliance propose une vision et une approche pour développer ce qu'elle désigne sous le nom de « communautés intelligentes » – une vision nouvelle et radicalement différente des environnements bâtis futurs. La vision prospective présentée ici a pour postulat la remise en question du modèle et des principes conventionnels de l'urbanisme ainsi que des processus traditionnels qui sous-tendent la croissance, l'évolution et le fonctionnement des villes existantes. L'idée clé, qui s'appuie sur le concept du nouvel urbanisme, consiste à s'attaquer à la déconnexion entre les modèles urbanistiques actuels et les interactions à l'interface périurbaine qui caractérisent nos environnements bâtis. Le groupe de travail s'est efforcé de remédier aux inefficacités liées à l'expansion urbaine et suburbaine, aux schémas simplistes et contre-productifs de la croissance des métropoles, aux incitations pernicieuses liées aux investissements dans les infrastructures, à l'exode rural, etc.</p> <p>La proposition de l'Alliance des communautés intelligentes rassemble des projets communs et des attributs qui se renforcent mutuellement, conduisant à l'édification de communautés plus intelligentes et plus durables. Dans le cadre de cette alliance, les principaux principes pionniers ou idées qui changent la donne sont l'économie circulaire, l'agriculture périurbaine durable, le microfinancement, les systèmes de transport intelligents et durables et la sensibilisation du public et des communautés. L'alliance propose de s'attaquer aux cinq défis environnementaux régionaux qu'elle a relevés. Le groupe estime que la vision des communautés intelligentes est pertinente au regard des 17 ODD et plus particulièrement des ODD 1, 3, 6, 7, 11, 12, 13 et 17, dans le sens où elle met l'accent sur les synergies suivantes : les changements intelligents, les choix comportementaux, l'investissement soutenu dans la recherche-développement, l'innovation et les technologies propres, l'adaptabilité politique et sociale (et la gouvernance adaptative). Enfin, le groupe tient à préciser que l'intention des communautés intelligentes n'est pas de convertir les grandes villes existantes, mais plutôt de façonner les futurs environnements bâtis et les secteurs qui en sont aux premières phases de l'urbanisation.</p> <p>L'Alliance des communautés intelligentes a reçu une note finale de 17 ; elle a réussi à atteindre un certain nombre d'objectifs de développement durable et à tirer parti des synergies entre les objectifs de durabilité urbaine et les investissements dans les infrastructures urbaines durables (ou écocentriques). L'une des principales conditions du succès des approches ascendantes tient à leur durabilité et à la nécessité d'analyser leurs faiblesses. Sur ce point, l'alliance n'obtient que des résultats partiellement concluants. Le manque de discussions quant à la nécessité d'une acceptabilité sociale et politique semble être l'un des talons d'Achille en l'occurrence.</p>
Bangkok	Un avenir intelligent (approche axée sur le changement de mode de vie)	<p>La deuxième alliance engagée dans l'exercice de projection propose une approche holistique pour rassembler différents acteurs et catalyser des changements de comportement à grande échelle par un processus consistant à « influencer les personnes influentes ». Ici, l'alliance souligne l'importance de trouver un nouveau mécanisme de prestation pour déterminer qui sont les principaux dirigeants (ou agents d'influence) des secteurs privé et public, afin de leur présenter une seule et même proposition de valeur concernant les ODD.</p> <p>En guise d'approche secondaire, l'alliance a discuté de la nécessité de cibler les consommateurs et de tirer parti des perspectives qu'ouvre la révolution des mégadonnées. Elle avance que la vision des solutions d'avenir intelligentes est pertinente au titre de l'ensemble des 17 ODD et qu'elle répond aux cinq défis régionaux. Les attributs communs de cette alliance sont : des technologies d'innovation révolutionnaires (par exemple, les applications pour smartphone, l'informatique en nuage, les réseaux sociaux), des systèmes décisionnels axés sur les données, des villes durables et intelligentes, des solutions agro-économiques, des initiatives hautement inclusives et centrées sur la personne, l'intégration, des partenariats public-privé judicieux et un rendement axé sur les résultats afin d'améliorer les processus décisionnels.</p> <p>Le Comité consultatif scientifique attribue une note finale de 9 à l'Alliance pour des solutions d'avenir intelligentes. Malgré quelques idées révolutionnaires et prometteuses et plusieurs domaines de convergence, l'Alliance a fini par échouer du fait d'une proposition à portée trop générale. Réfléchissant au processus, le groupe a constaté que le principal obstacle tenait à une approche réflexive trop globale, assortie d'une force de proposition visant un trop grand nombre d'objectifs concurrents (et parfois mutuellement exclusifs).</p>
Bangkok	Technologie planétaire (axée sur les technologies mondiales)	<p>La troisième et dernière alliance, le groupe « Technologie planétaire », a incarné une vision futuriste, riche en hypertechnologie et mettant l'accent sur des technologies de modification de la planète et des systèmes terrestres faisant notamment appel à la géo-ingénierie et aux technologies de capture et de stockage du carbone, à l'exploration mésopélagique, à la technologie planétaire ou encore à l'intelligence artificielle. La vision proposée vise principalement à relever des défis environnementaux à l'échelle macroscopique et planétaire, notamment le changement climatique, la biodiversité et les enjeux complexes relatifs à l'atmosphère et aux océans. Cette alliance s'intéresse en substance aux risques de dommages de grande ampleur et, partant, aux possibilités de solutions transformatrices fondées sur le principe d'« alerte planétaire ». L'Alliance pour une technologie planétaire cible tout particulièrement les ODD 12, 14 et 17.</p> <p>Plusieurs obstacles et lacunes institutionnels ont été relevés, notamment les mécanismes d'évitement des conflits et les questions de gouvernance intergouvernementale et mondiale (par exemple, celles qui relèvent du Conseil de sécurité de l'ONU).</p> <p>L'Alliance pour une technologie planétaire a obtenu une note finale de 8 ; elle n'a pas su résoudre son scénario, initialement trop complexe, beaucoup trop pessimiste et, finalement, pas assez inspirant ou convaincant. Le scénario, trop ambitieux, n'a pu ainsi être retenu. Le groupe a reconnu que son concept global n'était pas suffisamment réaliste ou accessible pour susciter un engagement politique significatif et qu'il devrait affiner sa stratégie à dominance technologique.</p>



Atelier	Trajectoire	Description
Guangzhou	Proposition 1	<p>Comment associer les différents volets des projets pilotes ? L'habitat est essentiel à la survie. Il faut développer des liens nouveaux et appropriés afin d'assurer la coexistence entre les humains et les animaux.</p> <p>En quoi la proposition permet-elle de réaliser la trajectoire, et quels ODD vise-t-elle ? En améliorant les conditions de l'habitat des animaux, un facteur propice à la biodiversité.</p> <p>Quels sont les changements de politique nécessaires pour emprunter cette trajectoire ? Comment les politiques pourraient-elles aider à limiter les arbitrages avec d'autres ODD ?</p> <ol style="list-style-type: none">1. Sensibiliser le public à la protection des animaux.2. Adopter des lois et règlements en faveur de la protection des animaux.
Guangzhou	Proposition 2	<p>Comment associer les différents volets des projets pilotes ? Les projets présentent des caractéristiques similaires, qui pourraient bénéficier d'un soutien comparable en matière de politiques et de mécanismes de résolution.</p> <p>En quoi la proposition permet-elle de réaliser la trajectoire, et quels ODD vise-t-elle ? De nos jours, les achats en ligne produisent une grande quantité de déchets plastiques, difficiles à recycler ou à dégrader et entraînant une charge environnementale importante. En limitant l'utilisation de meubles en plastique et en bois massif, l'on pourrait réduire l'impact environnemental.</p> <p>Quels sont les changements de politique nécessaires pour emprunter cette trajectoire? Comment les politiques pourraient-elles aider à limiter les arbitrages avec d'autres ODD ?</p> <ol style="list-style-type: none">1. Instaurer une limite pour l'utilisation du plastique.2. Gérer et catégoriser les déchets.3. Élaborer des politiques et des règlements concrets dans le cadre des lois sur la protection de l'environnement.4. Sensibiliser le public à la protection de l'environnement.
Guangzhou	Proposition 3	<p>Comment associer les différents volets des projets pilotes ?</p> <ol style="list-style-type: none">1. La construction de structures et d'installations rythme la vie des communautés ; à cet égard, il est possible d'utiliser des technologies énergétiques avancées.2. Le modèle de communauté durable est facile à mettre à l'échelle et à dupliquer.3. La communication et la coopération entre les communautés, les villes et les pays sont utiles pour combiner tous les projets pilotes.4. La communauté pourrait être le « laboratoire » des technologies vertes. <p>En quoi la proposition permet-elle de réaliser la trajectoire, et quels ODD vise-t-elle ? Cette proposition pourrait aider à atteindre les ODD suivants :</p> <p>ODD 3 : Bonne santé et bien-être ODD 4 : Éducation de qualité ODD 6 : Eau propre et assainissement ODD 7 : Énergie propre et d'un coût abordable ODD 9 : Industrie, innovation et infrastructure ODD 11 : Villes et communautés durables ODD 12 : Consommation et production responsables ODD 13 : Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques ODD 17 : Partenariats pour la réalisation des objectifs</p> <p>Quels sont les changements de politique nécessaires pour emprunter cette trajectoire? Comment les politiques pourraient-elles aider à limiter les arbitrages avec d'autres ODD ?</p> <ol style="list-style-type: none">1. Campagnes de sensibilisation du public.2. Politique foncière et fiscale rationalisée .3. Financement public octroyé par les gouvernements. <p>Ces aspects pourraient contribuer à accroître l'efficacité énergétique.</p>
Nairobi	Changement de comportement	<p>Mettre à contribution les projets pilotes pour établir un cadre de normalisation de la durabilité de type ISO à l'intention des gouvernements nationaux (normes sur les déchets, le recyclage, l'emballage, etc.).</p> <p>Changements de politique nécessaires et corrélations avec d'autres ODD :</p> <p>résolutions de l'ONU ; législation nationale ; arguments destinés à convaincre les gouvernements nationaux : avantages concurrentiels, meilleures perspectives d'affaires pour les entreprises chefs de file.</p>
Nairobi	Technologie mondiale	<p>Propositions:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Populations en bonne santé.2. Conférence sur les villes intelligentes.
Nairobi	Solutions décentralisées	<p>Cette trajectoire regroupe l'agriculture climato-intelligente, la protection des forêts, les soins de santé et la promotion de l'égalité entre les sexes.</p> <p>Les projets pilotes s'alignent sur les directives des conseils des comités nationaux ou locaux. Pertinence au regard des ODD 1, 3, 10, 11, 13, 15, 16 et 17.</p> <p>Défis : maintenir les liens entre les communautés nationales et locales, gérer les risques pour la vie marine, s'adresser aux décideurs de haut niveau et aux médias pour mieux sensibiliser le public.</p> <p>Changements de politique nécessaires et arbitrages relatifs aux autres ODD :</p> <p>Risque pour la vie marine associé au recours accru aux engrais agricoles. Nécessité de renforcer le lien entre les administrations locales et les communautés. Politique d'incitation auprès du secteur privé pour augmenter les investissements. Nécessité de collaborer à l'échelle intersectorielle (soins de santé, agriculture et protection des forêts). Nécessité de recenser toutes les parties prenantes et de les impliquer afin de mieux sensibiliser le public. Il importe que les décideurs de haut niveau comprennent les activités locales – le rapport GEO peut y contribuer.</p>



Atelier	Trajectoire	Description
Singapour	Solutions énergétiques alternatives pour une utilisation mixte des terres	Les partenariats public-privé permettent de fidéliser une clientèle garantie en faveur des fermes solaires. Des drones peuvent servir à localiser l'emplacement idéal ; les citoyens peuvent contribuer au suivi des opérations par des boucles de rétroaction itératives.
Singapour	Systèmes agricoles intelligents au service du développement durable	Les projets pilotes à visée technologique que nous avons élaborés peuvent soutenir les connaissances agricoles urbaines et les savoirs autochtones des communautés déjà mobilisés dans des projets préexistants.
Singapour	Application facilitant le changement de mode de vie	Couvre différents aspects de la vie quotidienne.
Singapour	Campagne contre l'utilisation des pailles sur le thème « Même goût, moins de déchets »	Cette initiative s'appuie sur la campagne Straw-lite pour s'étendre aux entreprises et aux restaurants locaux, en amenant les lieux de restauration de divers quartiers de Singapour à cesser de distribuer automatiquement des pailles et à réduire la consommation de ces produits.
Singapour	Vie urbaine durable	Des bâtiments écologiques sont destinés à l'agriculture urbaine. Ces fermes urbaines produisent des couverts comestibles ainsi que des aliments. La technologie de la biomimétique et le covoiturage favorisent eux aussi la durabilité au sein de la communauté.
Singapour	Impact environnemental « zéro »	Les mesures peuvent être mises en œuvre dans la même université ou entreprise.
Singapour	Passer d'une logique de consommateurs à une approche communautaire	Il s'agit de partager plutôt que de consommer, tout en instaurant des communautés.
Singapour	Communauté écoénergétique	Les normes de construction écologique doivent comporter une réglementation détaillée en matière de construction et de rénovation durables ; il faut autoriser les coopératives d'énergie solaire à exploiter les toitures existantes.
Singapour	Production et consommation alimentaires durables en milieu urbain	Ces deux dimensions réduisent les déchets résultant de la consommation alimentaire et favorisent une production alimentaire durable.
Singapour	Jardins communautaires résilients	Objectif : réalisation des ODD 10, 2, 12, 13, 3, 8, 6. La proposition vise à mettre en synergie les différents projets pilotes en intégrant différents paramètres et initiatives de durabilité environnementale afin de promouvoir l'équité en matière d'emploi pour les handicapés mentaux.
Singapour	Ville modulable, durable et axée sur l'usage de conteneurs	Chacune des dimensions de cette proposition traite d'un défi urbain spécifique, par la transformation d'une fonction ou d'une technologie pilote pour créer un module-conteneur transportable en tant qu'élément de base d'une ville durable.
Singapour	Citadins (engagement citoyen dans l'action communautaire pour l'environnement)	<p>Créer une plateforme virtuelle des villes du monde, où les données et les actions environnementales sont agrégées. Les multiples fonctionnalités de cette plateforme touchent l'éducation à l'environnement, l'information citoyenne, la mise en application et l'éducation aux compétences intégrées dans les concepts de l'économie circulaire. Il s'agit également d'informer le public et de l'inviter à participer aux activités d'une communauté voisine. On réalise l'ODD 17 grâce à de multiples partenariats :</p> <ol style="list-style-type: none">1. Des conversations sont organisées dans un espace sûr, en corrélant la durabilité à des impacts très localisés (ODD 13).2. Les citoyens ainsi mobilisés contribuent au projet en participant à la plateforme en ligne. On peut devenir un pourvoyeur actif d'informations citoyennes, s'inscrire à des cours de formation professionnelle, etc. (ODD 12, 11 et 4).3. La plateforme n'est en aucun cas passive. Elle implique les spécialistes et les praticiens. Par exemple, les rapports citoyens sur la biodiversité sont communiqués à des chercheurs ; ceux qui portent sur la pollution par les véhicules ou la pollution de l'eau sont transmis à des agents chargés d'appliquer la réglementation et qui, au terme d'une formation, peuvent fournir des services rémunérés (ODD 3, 4 et 8).4. Le volet éducation de l'application dispense une éducation environnementale et une éducation basée sur les compétences (une académie spécialisée dans les questions environnementales telles que l'économie circulaire, la réparation, la gestion des déchets, le compostage, etc.) (ODD 4 et 9).5. L'agrégation de multiples initiatives communautaires – y compris la réduction des déchets et de la pollution plastique, la préservation de la biodiversité, la lutte contre la pauvreté et la faim (ODD 1, 2, 15 et 14) – tire des enseignements des actions menées dans différentes villes et communautés car chacun est amené à télécharger ses initiatives sur cette plateforme.6. L'application facilite le passage à l'action.
Singapour	500 Cientificas (500 femmes scientifiques)	Faire connaître les femmes scientifiques (peut-être en raison de notre culture traditionnelle axée sur la famille, les femmes scientifiques sont perçues comme étant plus accessibles, car la plupart des gens valorisent les « conseils d'une mère ou d'une sœur »). L'on pourra ainsi faire naître une culture scientifique locale et améliorer les connaissances scientifiques. En travaillant avec d'autres acteurs de projets pilotes, nous pouvons donner davantage de place aux femmes scientifiques, motiver les femmes à s'engager dans des domaines traditionnellement dominés par les hommes, et améliorer l'égalité et l'accès.



Atelier	Trajectoire	Description
Singapour	Développement rural par l'énergie hors réseau	<p>Le projet pilote Gaia Grid est le pilier même de cette proposition de financement participatif axé sur les médias sociaux pour l'achat de terres non forestières dégradées. Les agriculteurs régionaux sont invités à pratiquer l'agriculture biologique sur ces terres. On sollicite l'apport de bénévoles de la communauté qui cherchent à perfectionner leurs compétences en vue de trouver un emploi. La ferme consomme de l'énergie propre hors réseau. Le programme de bénévolat est mis en place pour développer des compétences générales utiles à une future réintégration dans la société et aborde de front les problèmes sociaux – tels que l'alcoolisme et la toxicomanie – qui sévissent dans la communauté voisine (ODD 1, 2, 3, 7, 8 et 12).</p> <p>En établissant des passerelles avec d'autres projets pilotes, nous réalisons des ODD supplémentaires en synergie :</p> <p>Fondation environnementaliste de l'Inde : s'appuie explicitement sur des projets et des outils de restauration des terres et de l'eau (ODD 6 et 15).</p> <p>SECMDL ; Karthavyam ; Youth Ki Awaaz : dispensent une éducation novatrice où l'apprentissage fondé sur l'expérience et le perfectionnement des compétences se font à la base, par des moyens tels que la narration d'histoires, la réalisation de films et des travaux autour d'enjeux locaux en mobilisant des savoirs et perspectives autochtones (ODD 4 et 18).</p> <p>Espaces sûrs pour des conversations approfondies sur le changement climatique : les conversations communautaires se nourrissent de questions pertinentes afin de ramener les débats mondiaux abstraits au contexte local (ODD 13 et 17).</p> <p>Watly : Amener la technologie dans les zones rurales, pour connecter les communautés aux réseaux mondiaux (ODD 9).</p>

Les demi-finalistes du Climate CoLab



Proposition	Description
C'SQUARE – Évaluation du confort urbain	L'application en ligne C'SQUARE a pour objectif de responsabiliser les citoyens en évaluant le niveau de confort dans divers espaces urbains (confort thermique, pollution atmosphérique et sonore, sécurité, sûreté, beauté et propreté) et de proposer des solutions pour résoudre les arbitrages nécessaires afin de réduire au minimum les impacts sur l'environnement.
Les jeunes informent les communautés sur l'adaptation au changement climatique en construisant des habitations	Nous proposons une stratégie qui encourage les jeunes à adopter une stratégie d'éducation efficace sur le plan environnemental par la construction de nouvelles habitations. Cette solution promeut l'éducation à l'environnement et l'acquisition des compétences nécessaires pour relever les défis futurs dans les communautés des Premières Nations du Canada.
Modèle innovant combinant écologie, gestion des émotions et économie des villages de façon harmonieuse	Ce modèle d'écovillage est axé sur la satisfaction des besoins de la communauté villageoise en matière d'alimentation, d'eau, de gestion des déchets et d'énergie tout en réalisant un maximum d'ODD.
Organisation locale pour la promotion de l'analyse des données environnementales	Cette proposition table sur la mise en place d'agences locales qui s'attaquent à ce problème de manière systémique et proactive, en travaillant en collaboration avec les organismes gouvernementaux, les établissements d'enseignement et divers groupes de la société civile.
Monnaie complémentaire mondiale arrimée à la production de biomasse organique vivante	Le Fonds monétaire biologique, créé en tant que division du Fonds monétaire international, contribuera à la réalisation de la quasi-totalité des ODD en un temps record.
Valorisation à la source de tous les déchets grâce à la technologie de la chaîne de blocs et à l'Internet des objets	Recyclebot, une plateforme de gestion des déchets basée sur la chaîne de blocs, permet à tout acheteur de déchets de s'approvisionner en déchets spécifiques directement auprès du producteur, donnant ainsi la possibilité d'acheter, de vendre et de réduire les déchets en tout lieu et en tout temps. Contrairement aux décharges, Recyclebot offre un moyen abordable, rapide et sûr d'ajouter de la valeur à tous les déchets, là où ils sont produits.
Réseau mondial de solutions synergiques	La mise en réseau des ressources existantes et l'engagement des femmes et des jeunes à fournir des solutions éprouvées permettent d'atteindre dix objectifs de développement durable.
Leo Leo Eco-Transport	Le programme Leo Leo Eco-Transport favorise l'autonomisation économique et promeut la sécurité alimentaire tout en assurant la durabilité de la ville d'Arusha. Leo Leo Eco-Transport propose une solution synergique visionnaire et innovante qui assure le développement durable de la sécurité alimentaire, l'accès fiable à l'énergie solaire, l'autonomisation économique et des perspectives d'emploi, tout en contribuant à la lutte contre le changement climatique qui affecte le milieu environnant.
L'apiculture comme mécanisme de conservation de la biodiversité et d'amélioration des moyens de subsistance	Alohen, en partenariat avec le Barefoot College, entend favoriser l'adoption de l'apiculture en Tanzanie. Conformément à sa stratégie d'expansion, Barefoot étendra son projet à Madagascar, au Libéria, à l'Inde et aux îles du Pacifique grâce à son réseau international de centres de formation. L'objectif principal consiste à sensibiliser à la conservation, à transmettre des savoirs pratiques sur les méthodes modernes d'apiculture, tout en cherchant à atteindre les femmes des zones rurales et à les soutenir en créant des entreprises sociales locales basées sur les sous-produits apicoles. Ce projet lancé par le Barefoot College de Zanzibar en 2015 a donné lieu à la création de la marque B. Barefoot Honey, qui assure des formations et ouvre des marchés aux apicultrices locales. Ce projet a été reproduit en Inde en 2016.
Une nouvelle technologie d'énergie propre permettra d'inverser le changement climatique et d'éliminer la pauvreté dans le monde	La technologie énergétique révolutionnaire 0E s'avère plus probante que les technologies fossile ou nucléaire, tout en offrant une valeur ajoutée. Elle repose sur une nouvelle dimension de la physique, jamais explorée par le passé.
Organes et institutions de la presse pour la sensibilisation à la communication sur les 17 ODD	Les groupes de médias privilégient les questions politiques locales et la diffusion d'informations officielles, plutôt que d'assurer la sensibilisation et la communication autour des 17 ODD.
Carton sans liant fabriqué à partir d'écorce de noix de coco et de bagasse de canne à sucre	Ecovon développe des produits en bois d'origine durable. Ce nouveau substitut de bois est composé d'écorces de noix de coco et de bagasse de canne à sucre, au service des humains et de la planète.
Préparer l'avenir avec la permaculture	Construire un centre de ressources en permaculture, un espace où les gens peuvent travailler en réseau avec des particuliers autour de différents projets, tout en stimulant l'organisation et l'action communautaires : notre mission est de renforcer la résilience des personnes, des ménages et des communautés tout en mettant en lumière des réussites fondées sur la sagesse écologique.
Protection du climat par les personnes âgées	Nous pouvons résumer notre projet ainsi : une personne âgée plante un arbre fruitier à croissance rapide, riche en protéines et en minéraux. Quand l'arbre commence à porter ses fruits, ceux-ci sont distribués sur le marché par les enfants ou la famille élargie, qui reçoivent une prime de 100 roupies pour le transport des marchandises au marché public. Le gouvernement achète les fruits et les distribue gratuitement aux <i>anganwadis</i> , aux orphelinats et aux maisons de retraite sous l'autorité du ministère de la protection sociale.
ClimeDoc pour réaliser les ODD	Un documentaire sur les impacts du changement climatique contribue de manière significative à promouvoir des gestes favorisant la réalisation des ODD dans les pays en développement.
Réduire la consommation de viande rouge pour suspendre le réchauffement climatique pendant 25 ans	L'élimination de la consommation d'animaux nourris au pâturage donnera à l'humanité 25 ans pour résoudre le problème des émissions et contribuera considérablement à l'atteinte de sept ODD et au respect de cinq limites planétaires.
Électrode à biocharbon pour la récupération du drainage minier acide produit par les résidus	Les résidus miniers ont un réel potentiel de contamination de l'écosystème (résultant de la lixiviation des métaux et des métalloïdes) qu'il importe de bien gérer.
ClimateCoop	Cette plateforme de collaboration et de gouvernance basée sur la chaîne de blocs favorise un développement communautaire dynamique et la création de projets aux fins des ODD, par exemple ClimateAction.



Proposition	Description
Réduction des déchets à l'échelle mondiale et ralentissement du changement climatique par une approche systémique	Nous entendons élaborer une approche et des processus systémiques holistiques de réduction des déchets, facilement adaptables à n'importe quel pays.
Transformation des déchets plastiques en bois d'œuvre en plastique afin de préserver les forêts	Une machine d'extrusion alimentée à l'énergie solaire utilise une technologie innovante pour transformer les déchets plastiques en bois d'œuvre afin de réduire la déforestation.
Approche systémique pour l'écologisation de l'agro-industrie conventionnelle	Création d'alliances entre producteurs et consommateurs écologistes pour un avenir vert.
Acacia : Réponse au changement climatique, autonomisation économique et sécurité alimentaire dans les zones arides et semi-arides	Adoption de l'acacia Sénégal (bois de réglisse) comme système agroforestier au profit de l'environnement et des populations des zones arides et semi-arides.
Plan de production et de commercialisation de compost à partir de déchets solides urbains	La transformation des déchets solides urbains en compost aura des avantages sociaux, économiques et environnementaux et contribuera à réduire les émissions de GES.
Jeunes leaders dans le domaine du climat (YCL)	Des jeunes voyagent dans le monde entier et travaillent ensemble pour enrichir leurs connaissances sur le changement climatique et entamer une carrière de leaders dans le domaine du climat.
Cadre pour le développement communautaire durable	Cadre modulaire de développement durable pour les collectivités, qui tient compte de la nature synergique de l'infrastructure et de la société.
Les déchets, une source de ressources – apprendre pour s'autonomiser	Ce projet mobilise des femmes démunies affectées par les enjeux liés à la gestion des déchets mis au rebut et leur fournit une source de revenus tout en freinant les émissions de GES.
Living Energy – allier la science, le design et la nature pour illuminer notre monde	Living Light est une lampe atmosphérique qui tire son énergie d'une plante locale. La lumière est produite par la technologie de la « pile à combustible microbienne végétale » : l'énergie est générée par des bactéries dans le sol, qui libèrent des électrons en déstructurant les composés organiques de la plante. Ces électrons collectés, pour lesquels nous avons créé un mécanisme de stockage, produisent suffisamment d'énergie pour allumer une lampe à DEL pendant environ une heure dans la phase actuelle de développement. Parce que Living Light symbolise une lampe unique, nous l'avons dotée d'un interrupteur unique : il suffit de toucher délicatement ses feuilles pour la transformer en « lumière vivante ».
Approche de conservation de l'environnement pour la gestion du pétrole et du gaz en Ouganda	Exploitation de gisements de pétrole dans le respect de l'environnement.
Des terres pour la vie : une solution de rechange à la culture sur brûlis dans les forêts tropicales humides du monde	« Guama », un modèle agroforestier intégré, transforme les moyens de subsistance des familles, sauve les forêts tropicales humides, et restaure les sols et les paysages dégradés.
Contrôle démographique	Le contrôle démographique résout TOUS les problèmes connus auxquels l'humanité est confrontée. C'est la solution synergique même.
Potentiel des zéolithes pour la conservation de l'humidité dans les régions d'Afrique sujettes à la sécheresse	Il est possible d'exploiter la capacité de conservation de l'humidité des minéraux de zéolithe pour améliorer la production de cultures et d'arbres dans les zones d'Afrique vulnérables à la sécheresse.
Exploitation des télécommunications pour découpler les ODD selon une approche systémique	Bâtir un mouvement citoyen reposant sur les technologies de l'information et de la communication pour s'attaquer à certains objectifs de développement durable et mener des actions climatiques ascendantes.
Adapter l'approche autochtone à l'adaptation aux effets du changement climatique et à leur atténuation	Ce projet est consacré à la mise en valeur de techniques d'adaptation et d'atténuation indigènes, adaptées par les communautés locales, pour faire face aux problèmes engendrés par le changement climatique.
Système de polygénération à base solaire pouvant fournir de l'électricité, de la chaleur et de l'eau salubre	Notre système utilise des concentrateurs solaires pour fournir de l'énergie, de la chaleur et de l'eau propres au tiers du coût d'investissement des panneaux photovoltaïques. Il ne génère aucun coût d'élimination.







Processus du rapport GEO-6



« Nous partageons tous une seule et même planète et nous formons une seule et même humanité. C'est là une réalité à laquelle nous ne pouvons échapper. »

Wangari Maathai (1940-2011), Prix Nobel de la Paix en 2004

Objectifs, portée et processus



Le mandat du *Sixième rapport sur L'avenir de l'environnement mondial* a été obtenu des États membres lors de la première Assemblée des Nations Unies pour l'environnement (ANUE-1, résolution 1/4, paragraphe 8). On trouvera un complément d'information sur ce mandat à l'annexe 1-1 du présent rapport. Les objectifs, la portée et le processus du rapport GEO-6 ont été définis et adoptés dans une déclaration finale par la Consultation mondiale intergouvernementale et multipartite tenue en octobre 2014, à laquelle ont participé plus de 133 délégués représentant plus de 100 gouvernements.

Objectifs

La consultation a réaffirmé le mandat de l'ANUE-1 en énonçant les objectifs d'évaluation ci-après :

- ❖ présenter une évaluation environnementale globale complète, intégrée et scientifiquement crédible, propre à soutenir les processus décisionnels aux échelons appropriés ;
- ❖ faciliter la participation élargie des principaux groupes et parties prenantes, en particulier le secteur privé et les ONG, et accroître la diffusion auprès des publics cibles ;
- ❖ appuyer l'analyse sur divers systèmes de connaissances, notamment en appliquant des directives acceptées à l'utilisation de la littérature scientifique à comité de lecture, de la littérature grise, des données et des connaissances autochtones et locales ;
- ❖ un processus et une structure organisationnelle clairs, gages de crédibilité, de légitimité et de pertinence ;
- ❖ «l'évaluation devrait s'appuyer sur les éditions précédentes du GEO et être conforme avec celles-ci, ainsi qu'avec les travaux d'autres organisations et processus intergouvernementaux pertinents, y compris les accords multilatéraux sur l'environnement, afin de maintenir son image de marque et son rôle dans le suivi de l'état de l'environnement¹» ;
- ❖ éclairer, le cas échéant, les orientations stratégiques du PNUE et d'autres organismes compétents des Nations Unies ;
- ❖ renforcer la pertinence stratégique du rapport GEO-6 en incluant une analyse des études de cas des options de politiques, qui intègre des données et des informations environnementales, économiques, sociales et scientifiques, ainsi que leurs coûts et avantages indicatifs, afin de relever les choix de politiques prometteurs pour accélérer la réalisation des objectifs convenus à l'échelle internationale, tels que les objectifs de développement durable et d'autres accords multilatéraux sur l'environnement (AME) ;
- ❖ identifier les lacunes en matière de données dans les questions thématiques examinées par le rapport GEO-6.

Portée

Le rapport GEO-6 s'appuie sur les rapports GEO précédents et continue de fournir une analyse de l'état de l'environnement mondial, des solutions politiques adoptées aux niveaux mondial, régional et national, et des perspectives pour l'avenir prévisible, mais à la différence de ses prédécesseurs, il met l'accent sur les objectifs de développement durable et propose des moyens de les atteindre plus rapidement. Il comporte quatre parties distinctes, mais étroitement liées.

- ❖ La **partie A** évalue l'état de l'environnement mondial par rapport aux principaux objectifs convenus au niveau international, tels que les objectifs de développement durable et ceux de divers accords multilatéraux sur l'environnement. Cette évaluation

repose sur des analyses et des ensembles de données nationaux, régionaux et mondiaux.

- ❖ La **partie B** présente une analyse de l'efficacité des solutions politiques adoptées face à ces défis environnementaux ainsi que des progrès accomplis dans la réalisation d'objectifs environnementaux spécifiques.
- ❖ La **partie C** passe en revue des études de scénario disponibles dans la littérature et évalue les trajectoires menant à la réalisation du Programme de développement durable à l'horizon 2030 et de l'objectif d'un monde véritablement durable en 2050.
- ❖ La **partie D** propose un tour d'horizon des données et des connaissances nécessaires dans l'avenir pour améliorer notre capacité d'évaluer les impacts environnementaux et les voies et moyens menant à la durabilité.

Le rapport GEO-6 examine également des questions stratégiques clés, dont les suivantes :

- ❖ Quelles sont les principales forces motrices du changement environnemental ?
- ❖ Quel est l'état actuel de l'environnement et pourquoi en est-il ainsi ?
- ❖ Dans quelle mesure avons-nous réussi à réaliser nos objectifs environnementaux convenus au niveau international ?
- ❖ Dispose-t-on d'exemples de politiques environnementales efficaces ?
- ❖ Quelles sont les leçons apprises en matière de politiques et les solutions possibles ?
- ❖ Les réponses politiques actuelles sont-elles suffisantes ?
- ❖ Quels sont les scénarios tendanciels et à quoi ressemble un avenir durable ?
- ❖ Quels sont les nouveaux enjeux et les mégatendances, y compris leurs répercussions possibles ?
- ❖ Quelles sont les trajectoires possibles pour réaliser le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et d'autres objectifs environnementaux convenus à l'échelle internationale ?

Processus

La consultation d'octobre 2014 a également fourni des orientations pour renforcer le processus d'évaluation du rapport GEO-6 :

- ❖ Le processus d'évaluation est soutenu par deux organes consultatifs principaux : le Groupe consultatif intergouvernemental et multipartite de haut niveau (GHN) et le Groupe consultatif scientifique (GCS).
- ❖ Des avis sont également recueillis par le Groupe de travail sur les méthodologies, données et informations évaluatives.
- ❖ Les autres fonctions essentielles assumées dans le cadre du rapport GEO-6 relèvent des auteurs principaux coordonnateurs (APC), des auteurs principaux, des membres honoraires et coordonnateurs du rapport GEO-6 (jusqu'à 20 personnes), des experts mondiaux, des experts régionaux, des modérateurs de la communauté de pratique, des éditeurs-réviseurs et des réviseurs.
- ❖ Les APC fournissent les résumés techniques du rapport GEO-6 et préparent les projets de négociation du Résumé à l'intention des décideurs (RID) en étroite collaboration avec le GHN et sous sa direction, en prenant en compte les aspects techniques du rapport GEO-6 dans l'avant-projet. Le RID est négocié lors d'une réunion des instances intergouvernementales et des parties prenantes.
- ❖ Les parties liées aux AME, les organisations internationales et les institutions scientifiques concernées sont invitées à contribuer activement au processus du rapport GEO-6.
- ❖ Le rapport GEO-6 conjugue crédibilité scientifique, pertinence stratégique et légitimité évaluative en impliquant un large éventail de parties prenantes.

¹ Document sur les résultats de la consultation intergouvernementale et multipartite, 21-23 octobre 2014, Berlin, Allemagne. Le texte complet du document sur les résultats est annexé à la fin de cette section.



- ❖ L'évaluation est soumise à un examen approfondi par des experts scientifiques et à un examen par les gouvernements.
- ❖ Le processus d'évaluation continue de viser le renforcement des capacités institutionnelles, en faisant appel à des experts issus des pays en développement.
- ❖ L'évaluation doit s'efforcer de communiquer les messages clés et les conclusions aux publics cibles dans un format accessible.

CALENDRIER

Le processus du *sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial* comprend quatre réunions générales des auteurs, deux réunions préparatoires secondaires sur les perspectives et les politiques, ainsi que des réunions en personne des organes consultatifs, des éditeurs-réviseurs et des États membres. Le calendrier des réunions et de la rédaction suit trois principes de base établis par les organes consultatifs :

- ❖ Veiller à la cohérence entre les différentes parties du rapport GEO-6 et rédiger les 12 questions transversales en même temps que l'évaluation des cinq thèmes environnementaux.
- ❖ Prévoir des possibilités d'interaction approfondie entre les auteurs et les organes consultatifs, afin de garantir le maintien de la pertinence stratégique et de l'intégrité scientifique tout au long du processus.
- ❖ Maintenir les effectifs des équipes d'auteurs à un niveau limité, car les évaluations régionales contiennent une grande partie des informations nécessaires à l'évaluation globale et doivent en constituer la base.

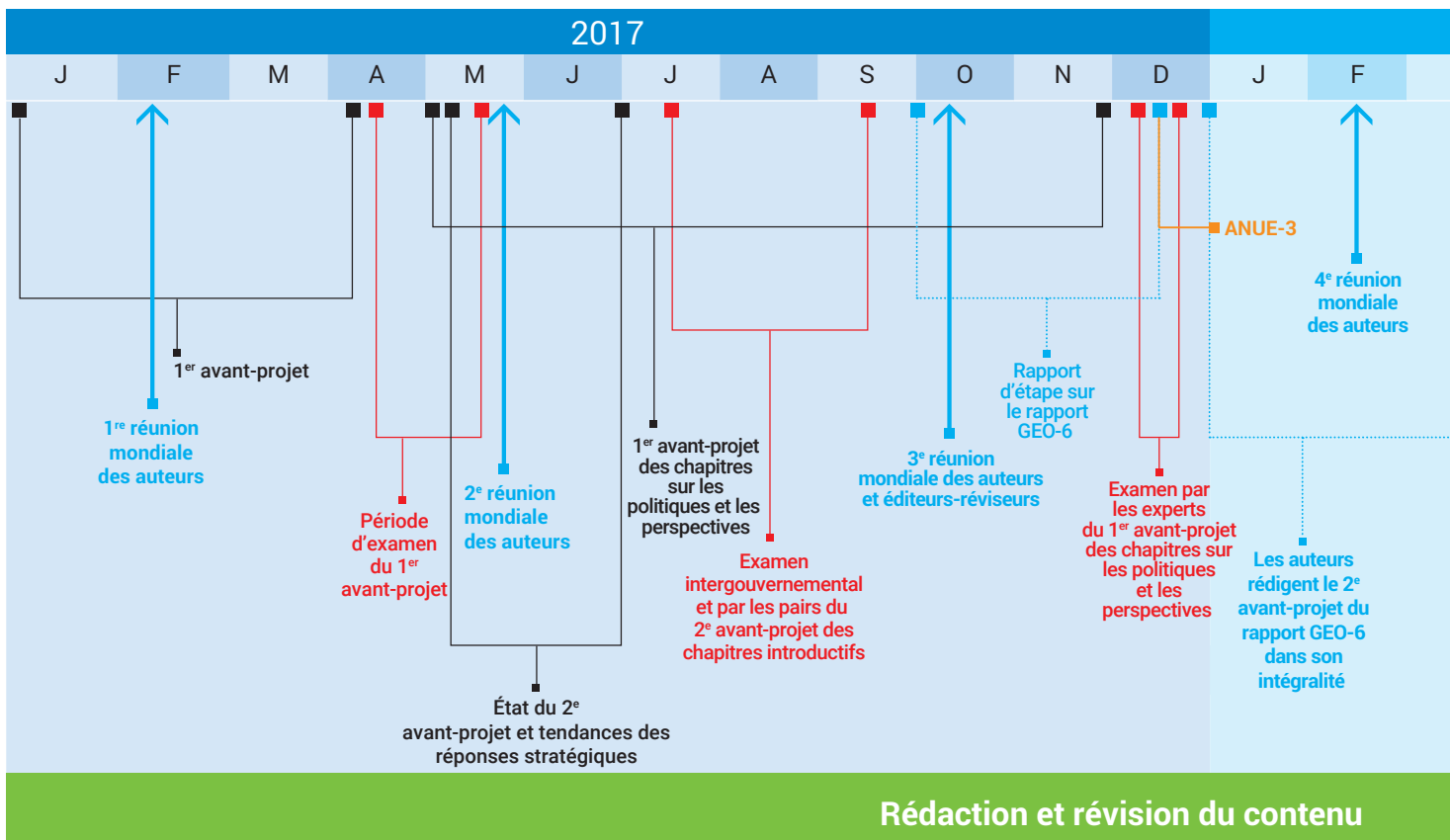
Pour assurer une interaction solide avec les organes consultatifs, trois des quatre principales réunions d'auteurs ont bénéficié de la participation du Groupe de haut niveau et du Groupe consultatif scientifique. Pour assurer la cohérence de l'évaluation, les réunions les plus importantes comportaient une séance de

« rencontres éclair » entre les auteurs des chapitres thématiques et les auteurs des sections transversales. Ces rencontres ont permis aux équipes d'auteurs de discuter pendant une heure des problèmes et de se répartir les tâches de rédaction. Pour garantir la limitation des effectifs des équipes d'auteurs, le processus débutait par la sélection préalable d'un noyau d'auteurs principaux coordonnateurs, suivie d'une analyse des carences en matière de compétences. Dans le prolongement de cette analyse, les auteurs principaux ont été invités à compléter la rédaction des chapitres.

À mesure que le programme de travail avançait, il devenait évident que des réunions d'auteurs supplémentaires seraient nécessaires pour les chapitres concernant les politiques et les perspectives. Le Secrétariat a procédé à leur organisation au cours des mois de mai et juin 2018. En outre, le Groupe consultatif scientifique a demandé à se réunir une dernière fois afin de formuler son avis sur la crédibilité scientifique du processus du rapport GEO. Cette réunion a été organisée juste après la réunion finale des éditeurs-réviseurs, en octobre 2018, ce qui a permis aux deux groupes d'échanger des informations sur les processus d'examen par les pairs et le niveau de rigueur générale affiché.

Le Groupe de haut niveau, les auteurs principaux coordonnateurs ainsi que les coprésidents de l'évaluation ont participé à la réunion de rédaction du Résumé à l'intention des décideurs. Les coprésidents du Groupe consultatif scientifique y ont également pris part en qualité d'observateurs et ont partagé, avec les participants, leur expérience dans la rédaction de résumés d'autres processus d'évaluation.

La dernière réunion du processus du rapport GEO a rassemblé les États membres afin de finaliser et d'adopter le Résumé à l'intention des décideurs. Cette réunion s'est tenue au siège d'ONU Environnement, facilitant une participation substantielle des États membres. La réunion d'une durée de quatre jours avait pour but de revoir le texte du résumé et d'y apporter les modifications





nécessaires à son adoption par l'ensemble des États membres présents. Le document final adopté a été soumis pour approbation à la quatrième Assemblée des Nations Unies pour l'environnement.

PARTENARIATS ET COLLABORATION

L'élaboration du rapport GEO-6 a impliqué une collaboration étendue tant au sein d'ONU Environnement qu'entre l'organisation et un réseau multidisciplinaire d'experts et d'instituts de recherche qui ont tous mis leurs connaissances et leur temps précieux à la disposition du processus.

La consultation exigeait que les experts en développement de contenu, y compris les examinateurs et les groupes consultatifs, soient nommés par les gouvernements et les autres parties prenantes principales sur la base de leur expertise et à l'appui d'un processus de candidature transparent. Les experts désignés ont ensuite été convoqués par le Secrétariat d'ONU Environnement sur la base de leur expertise, en tenant dûment compte de l'équilibre entre les sexes et entre les régions.

Les groupes d'experts assignés aux différents chapitres

Le rapport GEO-6 compte 25 chapitres. Un groupe d'auteurs experts a été constitué pour chaque chapitre, afin de conceptualiser son contenu, de mener des recherches, et d'en assurer la rédaction, la révision et la finalisation. Plus de 150 auteurs et membres honoraires de GEO ont participé à l'élaboration du contenu. Chaque expert responsable d'un chapitre était placé sous l'égide de trois ou quatre auteurs coordonnateurs et soutenu par un coordonnateur de chapitre d'ONU Environnement. Les groupes d'experts des chapitres comprenaient aussi des auteurs principaux et des auteurs collaborateurs.

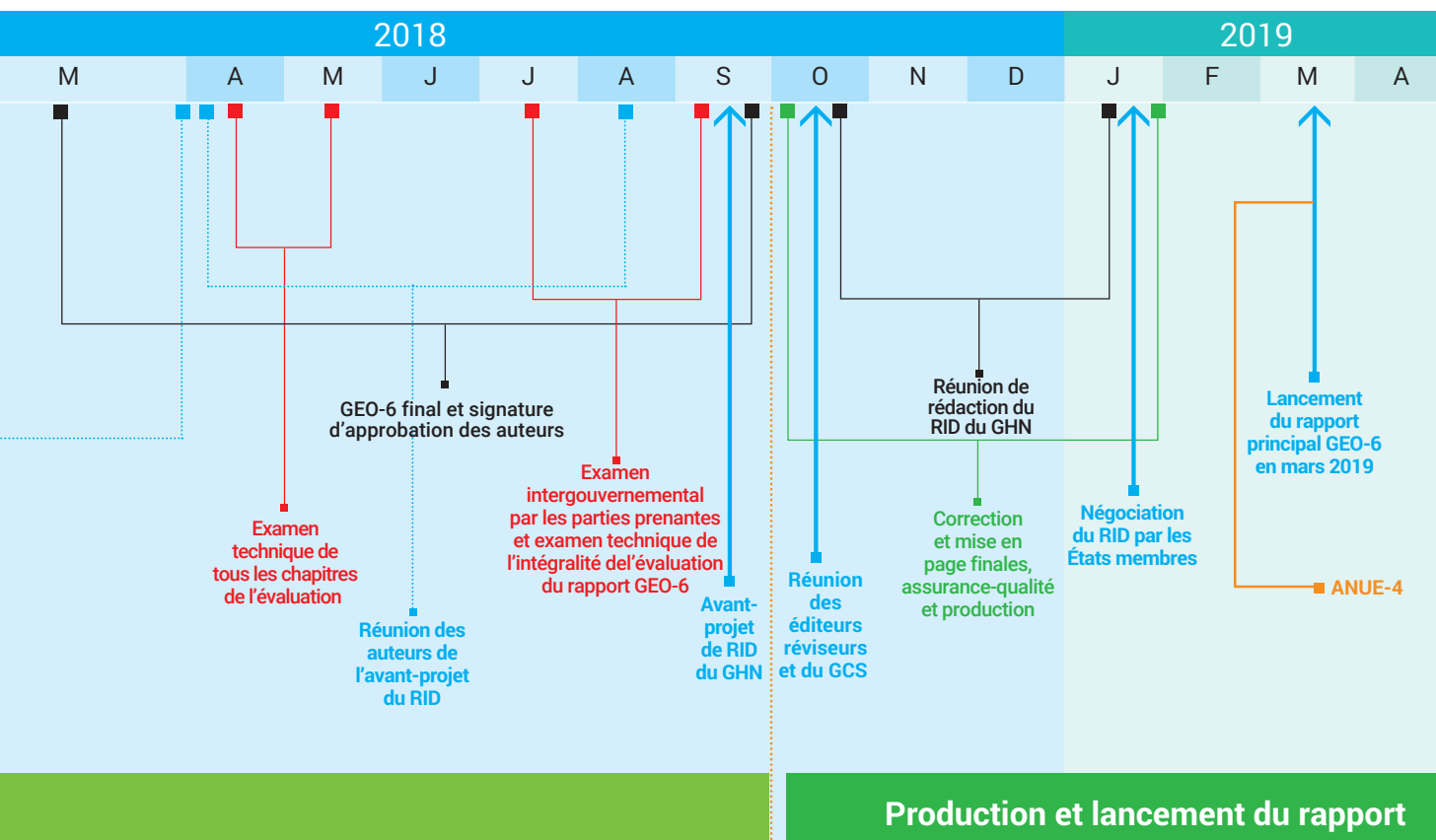
Les membres honoraires de GEO-6

Le rapport GEO-6 a poursuivi le programme de membres honoraires (*fellows*) établi lors du processus GEO-4 en 2005, impliquant ainsi au cœur du processus du rapport GEO des professionnels en début de carrière, qui peuvent acquérir de l'expérience en participant à une évaluation environnementale mondiale de premier plan. Au total, 27 membres honoraires issus de 15 pays ont participé au rapport GEO-6.

PROCESSUS DE RÉVISION

L'évaluation GEO-6 a fait l'objet de cinq cycles de révision, auxquels ont participé plus de 1 000 experts. Au total, l'évaluation du rapport GEO-6 a été examinée cinq fois à différents stades de son élaboration, générant au total plus de 14 000 commentaires. Suivant ce processus, les avant-projets de chapitres ont été réécrits, ajustés et corrigés pour en améliorer la qualité, tandis que le processus de rédaction a été ajusté pour en améliorer l'efficacité.

Les neuf premiers chapitres de l'évaluation – l'introduction, les forces motrices du changement environnemental, l'état de nos données et connaissances, les questions transversales et l'état de l'environnement mondial au regard de cinq grands domaines thématiques (l'air, la biodiversité, les océans, les terres et l'eau douce) – ont été examinés plus tôt dans le processus que les chapitres sur les politiques et les perspectives. À l'issue du processus de révision, tous les chapitres ont été soumis à l'examen d'experts techniques, puis à une analyse plus poussée menée par des instances intergouvernementales et des experts. Dans le cadre de la révision finale, les chapitres ont été livrés individuellement (à raison de 25 chapitres autonomes) et de façon regroupée (tous les chapitres réunis en un seul document). Les évaluateurs ont ainsi eu la possibilité de passer en revue les quelques chapitres ayant un lien direct avec leur champ de compétences ou d'examiner





l'ensemble du rapport d'évaluation afin de formuler des commentaires sur sa cohérence.

Pour toutes les étapes de révision, le Secrétariat a mis un « service d'assistance » à la disposition de tous les examinateurs ayant des questions ou faisant état de préoccupations. Des réunions virtuelles ont été organisées pour tous les examinateurs, coordonnées par le Secrétariat, afin d'orienter d'abord l'équipe d'examen avant le début du processus d'examen, puis de vérifier les progrès accomplis et de répondre aux questions. Ces réunions virtuelles ont été menées par le Secrétariat avec le soutien des éditeurs-réviseurs, qui ont fait preuve d'écoute et donné leur avis. Les documents et outils préparatoires à la révision ont été examinés au cours de ces réunions, l'accent étant mis sur les directives de l'examineur. Le mandat des examinateurs du rapport GEO-6 a été élaboré et réactualisé pour chaque période d'examen, y compris s'agissant des considérations déontologiques. Au cours de la période d'examen, le Secrétariat a convoqué tous les réviseurs dans le cadre d'appels de suivi pour évaluer les progrès et revoir les échéances importantes. Les enregistrements de ces appels ont été partagés avec l'ensemble de l'équipe d'examen, afin de s'assurer que les autres réviseurs avaient connaissance des tâches et du plan envisagés pour aller de l'avant.

ORGANES CONSULTATIFS DU RAPPORT GEO-6

Trois organes consultatifs externes spécialisés ont été créés pour soutenir le processus d'évaluation.

Le Groupe consultatif intergouvernemental et multipartite de haut niveau

Le GHN comptait 33 représentants gouvernementaux de haut niveau des six régions d'ONU Environnement ainsi que huit à dix parties prenantes clés. Le GHN a évalué le travail des auteurs du rapport GEO-6 et d'autres groupes, et formulé des conseils stratégiques pour les accompagner dans leur travail d'évaluation. Ils ont également présenté des orientations initiales sur la structure et le contenu du résumé du rapport GEO-6 à l'intention des décideurs, ainsi que des orientations supplémentaires aux experts pour la finalisation du projet de résumé, dans la perspective de la négociation intergouvernementale finale. En outre, des orientations ponctuelles ont été fournies à ONU Environnement tout au long du processus d'évaluation, afin d'aligner le processus du rapport GEO-6 sur d'autres évaluations mondiales pertinentes. Le GHN s'est réuni en personne à sept reprises entre 2015 et 2018. Il a également tenu des réunions virtuelles mensuelles pendant la préparation de l'évaluation globale, de mai 2016 à septembre 2018.

Le Groupe consultatif scientifique

Le GCS comprenait 22 scientifiques éminents, qui se sont rencontrés cinq fois en personne. Il était chargé de prodiguer des conseils sur la crédibilité scientifique du processus d'évaluation. Le groupe a fourni des conseils scientifiques, des normes et des directives pour le processus d'évaluation et d'examen, et a passé en revue les résultats de l'évaluation à mi-parcours du processus d'évaluation. Le GCS a tenu des réunions virtuelles mensuelles pendant toute la période préparatoire de l'évaluation globale, de juin 2016 à octobre 2018.

Le Groupe de travail sur les méthodes d'évaluation, les données et l'information

Composé de 12 professionnels réunis en personne à trois reprises entre 2015 et 2018, le groupe de travail a apporté son

soutien au processus d'évaluation et fourni des orientations sur l'utilisation des ensembles de données et des indicateurs de base. Les membres du groupe de travail ont consulté des experts pour examiner les méthodes utilisées dans le cadre du rapport GEO-6, déterminer les indicateurs environnementaux prioritaires, déceler les lacunes dans les données et relever les questions connexes. Le groupe de travail a tenu des réunions virtuelles au gré des besoins, tout au long du processus.

PROCESSUS DE CONSULTATION

Le PNUE a organisé des tables rondes lors de toutes les réunions d'auteurs, au cours du processus d'évaluation. Ces tables rondes avaient pour but d'approfondir des questions environnementales de première importance pour la région et la zone accueillant la réunion. Parmi les réunions clés organisées depuis le début du processus du rapport GEO-6, figurent notamment celles mentionnées ci-après.

Réunions de planification du rapport GEO-6

Deux réunions de planification ont été organisées avec le GHN et le GCS en mai et juin 2016. Ces réunions ont permis d'établir un plan final annoté pour l'évaluation globale ainsi qu'une liste de recommandations pour la désignation des coprésidents et des auteurs principaux coordonnateurs.

Consultation mondiale intergouvernementale et multipartite

Cette consultation tenue en octobre 2014 a permis de définir et d'adopter la portée, les objectifs et le processus du rapport GEO-6. Les participants à la consultation intergouvernementale et multipartite ont conclu que le rapport GEO-6 serait une évaluation environnementale intégrée utilisant l'approche Forces motrices–Pressions–État–Impact–Réponse (DPSIR). Le rapport s'appuierait sur des évaluations régionales et comprendrait un résumé à l'intention des décideurs, lequel serait négocié à l'échelon intergouvernemental. L'analyse viserait à présenter les résultats et à fournir des produits à des publics cibles, notamment les décideurs, dans les secteurs public et privé, tels que les entrepreneurs et les jeunes.

Réunion des experts en prospectives

En mai 2018, un groupe d'experts en prospectives a été mis sur pied pour établir la troisième version préparatoire des chapitres sur les politiques, en tenant compte de tous les commentaires formulés par les correcteurs scientifiques et des commentaires reçus lors de la période de révision technique de la deuxième version préparatoire.

Réunion des experts stratégiques

En juin 2018, un groupe d'experts stratégiques s'est réuni pour produire la troisième version préparatoire des chapitres sur les politiques, en tenant compte de tous les commentaires formulés par les correcteurs scientifiques et des commentaires reçus lors de la période de révision technique de la deuxième version préparatoire.

Réunions mondiales des auteurs

Quatre réunions mondiales des concepteurs et des auteurs ont été organisées en février 2017, mai 2017, octobre 2017 et février 2018 pour aborder et élaborer les contenus et grandes lignes des chapitres du rapport GEO-6, mais aussi pour répondre aux commentaires des réviseurs et pour harmoniser les approches et les formats de présentation.



Réunions des groupes de travail sur les différents chapitres

Des centaines de réunions virtuelles centrées sur les chapitres ont été organisées pour préparer, examiner et réviser les versions préparatoires de chaque chapitre.

Réunion intergouvernementale relative au Résumé à l'intention des décideurs

Une dernière réunion intergouvernementale à participation non limitée a été convoquée du 21 au 24 janvier 2019 à Nairobi, au Kenya, afin de négocier et d'adopter le Résumé à l'intention des décideurs (RID) du rapport GEO-6. À l'occasion de cette réunion, les 95 gouvernements participants ont adopté le RID, un document présentant les conclusions du rapport GEO-6 en matière de politiques, et faisant l'objet d'une publication distincte. Le RID de

GEO-6 a été présenté à la quatrième Assemblée des Nations Unies pour l'environnement aux fins d'approbation.

Le lancement du rapport GEO-6 coïncide avec la quatrième Assemblée des Nations Unies pour l'environnement. Le rapport met en lumière l'état actuel, les tendances et les perspectives concernant la planète et ses habitants, et présente plus de 35 études de politiques dont l'efficacité a été évaluée.

Le rapport GEO-6 met en évidence non seulement les dangers liés à la procrastination, mais également les pistes à explorer pour transformer nos systèmes économiques, environnementaux et sociaux, afin de parvenir à un monde véritablement durable.

On trouvera un complément d'information à l'adresse <https://www.unenvironment.org/global-environment-outlook>.



Annexe

Déclaration de la Consultation mondiale intergouvernementale et multipartite sur le *sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial*, qui s'est tenue à Berlin, du 21 au 23 octobre 2014

UNEP/IGMC.2 Rev.2

Renforcer le dialogue entre scientifiques et décideurs : Constituer une base de données probantes dans la perspective du Programme de développement pour l'après-2015 (Strengthening the Science Policy Interface : Building the Evidence Base for the Post-2015 Agenda) 23 octobre 2014

Organisation du travail

La Consultation mondiale intergouvernementale et multipartite s'est tenue à Berlin du 21 au 23 octobre 2014. Elle a réuni 133 délégués représentant plus de 100 gouvernements.

La réunion a été inaugurée par Achim Steiner, directeur général du PNUE.

L'allocation a été suivie de l'élection du bureau. Idunn Eidheim (Norvège) et D' Majid Shafie-Pour, (Iran) ont été élus coprésidents. D' Peter Denton (Grands Groupes et parties prenantes) a été élu rapporteur.

Contexte

Il a été fait référence au document final de Rio+20, à des décisions antérieures du Conseil d'administration, et plus particulièrement aux résolutions 4 et 10 de l'ANUE.

Le Secrétariat a présenté les recommandations de l'évaluation indépendante du rapport GEO-5 qui a souligné la nécessité de privilégier les axes suivants :

1) *faciliter l'engagement des parties prenantes ; 2) renforcer les capacités ; 3) accroître l'utilisation de la littérature grise et des savoirs autochtones ; 4) promouvoir les pratiques pertinentes à toutes les échelles ; 5) accroître la participation des pays en développement ; 6) faciliter l'accès à l'information ; 7) utiliser la gestion axée sur les résultats et les données probantes pour les évaluations ; 8) améliorer la planification financière et le financement.*

Les participants ont pris note des conclusions de l'évaluation et ont exprimé la nécessité de faciliter une participation élargie des principaux groupes et parties prenantes, en particulier le secteur privé et les ONG, et d'accroître la portée des actions auprès des publics cibles. L'analyse devrait s'appuyer sur divers systèmes de connaissances, notamment en appliquant des directives convenues pour l'utilisation de la littérature scientifique soumise à un examen par les pairs, de la littérature grise, et des données et connaissances indigènes et locales. Un processus et une structure organisationnelle clairement établis sont nécessaires pour garantir la crédibilité, la légitimité et la pertinence des politiques. L'évaluation devrait s'appuyer et s'aligner sur les rapports GEO antérieurs et le travail d'autres organisations et processus intergouvernementaux pertinents, notamment les AME, afin de rester crédible et de remplir sa mission de surveillance de l'état de l'environnement.

Dans le cadre du point 4 de l'ordre du jour, les participants à la réunion ont discuté des options et du calendrier du rapport GEO-6.

Structure du contenu du rapport GEO-6

Les participants ont soutenu l'idée selon laquelle le rapport GEO-6 doit être une évaluation environnementale intégrée, utilisant l'approche DPSIR dans le cadre conceptuel du rapport GEO. Le rapport s'appuiera sur les évaluations régionales et comprendra

un résumé à l'intention des décideurs, négocié au niveau intergouvernemental. L'analyse visera à présenter les résultats et à fournir des contenus à des publics cibles parmi les décideurs, dans les secteurs public et privé, de l'échelon mondial au local.

Le rapport GEO-6 regroupera trois grandes composantes analytiques.

L'environnement mondial : état et tendances

Le premier volet comprendra une analyse de l'état et des tendances de l'écologie en ce qui concerne l'air, les biotes, les terres et l'eau, ainsi que de leurs multiples apports à l'environnement et au bien-être humain. À cet effet, seront analysées les interactions avec des questions transversales telles que le changement climatique, les catastrophes environnementales, l'alimentation, l'énergie, la santé humaine, le développement économique, l'utilisation des ressources, les produits chimiques et les déchets, tout en prenant en compte les considérations culturelles et sociétales, ainsi que les politiques pertinentes.

Politiques, buts et objectifs environnementaux : examen des réponses et des options stratégiques

Le deuxième volet fournira une analyse stratégique des liens entre l'état (et les tendances) de l'environnement et les buts/objectifs écologiques fixés aux échelles mondiale et régionale, y compris ceux qui se reflètent dans les politiques d'intervention nationales ; une évaluation des progrès accomplis dans leur réalisation sera également proposée.

L'avenir de l'environnement mondial

Le troisième volet consistera en une analyse intégrée des mégatendances et des changements environnementaux à l'aune des résultats de la modélisation, des scénarios et des perspectives régionales. L'analyse tiendra compte du Rapport mondial sur le développement durable et étayera la mise en œuvre des composantes environnementales du plan d'action pour l'après-2015.

Calendrier du rapport GEO-6

Les participants ont majoritairement approuvé les dates de livraison ci-après : les évaluations régionales du rapport GEO-6 devaient être présentées début 2016 et le rapport GEO-6 complet, y compris son résumé à l'intention des décideurs, au plus tard en 2018, lors d'un événement spécial, à déterminer à l'issue d'une concertation entre le PNUE et les gouvernements. Des évaluations régionales furent entreprises dans le courant de l'année 2015. Le directeur général du PNUE devait rendre compte des progrès accomplis lors de la deuxième Assemblée des Nations Unies pour l'environnement, en 2016.

Processus et structure opérationnelle du rapport GEO-6

Les participants ont également exprimé leur soutien à la création de deux organes consultatifs : le Groupe consultatif intergouvernemental et multipartite de haut niveau (GHN) et le Groupe consultatif scientifique (GCS). Il y aura également un groupe de travail sur les méthodologies, données et informations évaluatives. Le GHN comprendra cinq représentants de chaque région des Nations Unies, auxquels s'ajouteront cinq représentants des grands groupes et parties prenantes. Le GCS sera composé de trois représentants de chaque région du PNUE et d'un maximum de six experts mondiaux. Le Groupe de travail sur les méthodologies, données et informations évaluatives sera composé de trois représentants de chaque région du PNUE, et d'un maximum de six experts mondiaux. Les participants ont exprimé le souhait d'y inclure des personnes possédant des savoirs autochtones et locaux.



Les autres intervenants du rapport GEO-6 sont les suivants : auteurs principaux coordonnateurs (APC) ; auteurs principaux ; jusqu'à 20 membres honoraires de GEO-6 ; experts mondiaux ; experts régionaux ; modérateurs de la communauté de pratique ; éditeurs-réviseurs ; réviseurs.

Les participants ont discuté du mandat de la structure opérationnelle tel qu'il figure à l'annexe 1.

Sur la base des pratiques préconisées dans les rapports GEO précédents et d'autres évaluations scientifiques internationales, les APC fourniront des résumés techniques du GEO-6 et prépareront les projets de négociation dans le cadre du RID dans une optique collaborative sous la houlette du GHN, en veillant à ce que les aspects techniques du rapport GEO-6 se reflètent dans l'avant-projet. Le RID sera négocié lors d'une réunion intergouvernementale et multipartite dédiée.

Il a été relevé que le Secrétariat aura recours à UNEP Live pour renforcer les capacités et compléter le rapport GEO-6, en mettant la plateforme d'accès et le portail de candidature à la disposition des communautés de pratique GEO-6. UNEP Live appuiera également les analyses mondiales et régionales par la collecte de données pertinentes liées entre autres au Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE) des Nations Unies et à l'élaboration d'indicateurs en encourageant le partage et l'accessibilité des données et informations nationales ; en établissant des liens avec la littérature à comité de lecture rédigée dans diverses langues ; en donnant accès aux connaissances et savoirs autochtones et locaux tirés de sources publiques identifiables. Des informations devraient également être fournies sur les avantages du programme UNEP Live pour les pays, sur le rôle des AME dans UNEP Live et sur le programme de travail d'UNEP Live.

La possibilité que le rapport GEO-6 mette les communautés de pratique à contribution a été soutenue afin d'encourager le partage des connaissances entre les différents groupes, d'accroître la participation des parties prenantes et de soutenir le renforcement des capacités. Des communautés de pratique seront établies pour les principaux domaines du rapport GEO-6 et les évaluations régionales. Le renforcement des capacités sera éventuellement soutenu par l'application du programme des membres honoraires de GEO, la mise en œuvre de systèmes nationaux d'établissement de rapports, ainsi que la participation aux réseaux régionaux d'information sur l'environnement et aux évaluations régionales.

Les parties liées aux AME, les organisations internationales et les institutions scientifiques concernées seront invitées à contribuer activement au processus du rapport GEO-6.

L'examen par les pairs en plusieurs étapes a été approuvé, conformément aux principes suivants. Il convient tout d'abord de solliciter l'avis d'experts scientifiques et techniques éminents, afin de garantir que l'évaluation reflète les dernières découvertes scientifiques, techniques et socio-économiques, et ce de façon aussi exhaustive que possible. Deuxièmement, une large participation doit garantir la représentation d'experts non impliqués dans les sections qu'ils révisent, en veillant à la promotion d'un grand nombre de spécialistes issus de pays en développement. Troisièmement, l'examen par les pairs entrepris par les gouvernements comprendra des aspects à la fois techniques et stratégiques, dans le respect de l'indépendance des examinateurs. Enfin, le processus de révision à plusieurs étapes doit être équilibré, ouvert et transparent. Les conflits d'intérêts seront identifiés par un processus basé sur ceux qui sont en usage à l'IPBES et au GIEC.

Processus de candidature

Les participants ont souligné la nécessité d'un processus de candidature ouvert et transparent pour toutes les fonctions du rapport GEO-6, au moyen du portail de candidature du rapport GEO-6 dans UNEP Live. La nomination des experts se fera sur la base des critères énoncés à l'annexe II et leur sélection sera effectuée par le PNUJ de manière transparente, en tenant dûment compte de la nécessité d'assurer un équilibre géographique, disciplinaire et entre les sexes. La période de candidature s'étend jusqu'au 31 janvier 2015. Le processus de sélection doit s'achever au plus tard le 28 février 2015. Les candidatures tardives sont acceptées si les circonstances le justifient. La liste des experts et des candidats aux fonctions des organes consultatifs est présentée aux instances gouvernementales pour examen. La liste des experts sélectionnés doit être publiée en ligne.

Les représentants des gouvernements au sein du GHN sont nommés par leur gouvernement respectif et agissent en cette qualité. Le processus de sélection des représentants des parties prenantes est supervisé par la section des grands groupes et parties prenantes du PNUJ. La procédure de sélection des membres du Groupe de haut niveau est déterminée au sein des groupes régionaux de l'ONU.

Le processus de candidature est officialisé par une lettre du Secrétariat envoyée aux gouvernements et aux grands groupes et parties prenantes. Cette correspondance, rédigée dans l'une des langues de l'ONU, comporte des détails sur les processus du rapport GEO-6, y compris la rémunération des experts et le calendrier de production du rapport GEO-6.



Sigles et acronymes

AaaS	analyse de données en tant que service	CE	Commission européenne
AC	agriculture de conservation	CEDS	Community Emissions Data System
AEE	Agence européenne pour l'environnement	CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
AfE	adaptation fondée sur les écosystèmes	CENESTA	Centre pour le développement durable et l'environnement
AGGI	indice annuel d'accumulation des gaz à effet serre dans l'atmosphère	CESAP	Commission économique et sociale des Nations Unies pour l'Asie et le Pacifique
AGNU	Assemblée générale des Nations Unies	CFC	chlorofluorocarbures
AIE	1) Agence internationale de l'énergie 2) accords internationaux sur l'environnement	CFC-11	trichlorofluorométhane
AIFM	Autorité internationale des fonds marins	CH₄	méthane
ALC	Amérique latine et Caraïbes	CITES	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction
AME	accord multilatéral sur l'environnement	CMI	Commission mixte internationale (Canada-États-Unis)
AMGL	aires marines gérées localement	CMS	Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage
AMP	aire marine protégée	CN	carbone noir
ANUE	Assemblée des Nations Unies pour l'environnement	CNUCED	Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement
APAC	aires du patrimoine autochtone et communautaire	CNUDM	Convention des Nations Unies sur le droit de la mer
ASEAN	Association des nations de l'Asie du Sud-Est	CNULCD	Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification
ASS	Afrique subsaharienne	CO	monoxyde de carbone
ATPC	assainissement total piloté par la communauté	CO₂	dioxyde de carbone
AVAI	année de vie ajustée en fonction de l'incapacité	COMEAP	Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (Royaume-Uni)
BA	bilan alimentaire (FAO)	COP	Conférence des Parties
BAD	Banque asiatique de développement	Corg	carbone organique
BECS	bioénergie avec capture et stockage du carbone	CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation
BNB	bonheur national brut	COV	composés organiques volatils
BPC	biphényles polychlorés	COVNM	composés organiques volatils non méthaniques
CaCO₃	carbonate de calcium	CPATLD	Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance
CBMIS	systèmes de suivi et d'information communautaires	CPDN	contribution prévue déterminée au niveau national
CCAK	Clean Cookstoves Association of Kenya	CPS	Communauté du Pacifique Sud
CCAMLR	Commission pour la conservation de la faune et la flore marines de l'Antarctique	CSC	captage et stockage du carbone
CCAP	Coalition pour le climat et l'air pur	CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (Australie)
CCFSC	Central Committee for Flood and Storm Control (Vietnam)	CSML	Climate Science Modelling Language
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques	DaaS	données en tant que service
CDB	Convention sur la diversité biologique	DBO	demande biochimique en oxygène
CDC	Centres pour le contrôle et la prévention des maladies (États-Unis)	DDT	dichlorodiphényltrichloroéthane
CDD	commerce et développement durable	DEDD	Décennie des Nations Unies pour l'éducation au service du développement durable
CDN	contributions déterminées au niveau national		
CDSS	Commission des déterminants sociaux de la santé (OMS)		



DEFRA	Ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales (Royaume-Uni)	GAWSIS	Global Atmospheric Watch Station Information System (OMM)
DIF	Directory Interchange Format	GBR	Grande Barrière de corail
DMA	drainage minier acide	GBRMPA	Autorité du parc marin de la Grande Barrière de corail (Australie)
DNUPDA	Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones	GDT	gestion durable des terres
DPSIR	Forces motrices–Pressions–État–Impact–Réponse	GEO	L'avenir de l'environnement mondial
DSF	Dust Storm Frequency	GEOSS	Système mondial des systèmes d'observation de la Terre
DSI	Dust Storm Index	GES	gaz à effet de serre
DUTP	droits d'usage territoriaux pour les pêcheurs	GESAMP	Groupe mixte d'experts sur les aspects scientifiques de la protection du milieu marin
DWAF	Ministère des Eaux et des Forêts (Afrique du Sud)	GFR	gestion fondée sur la résilience
EAH	eau, assainissement et hygiène	GGEO	Global Gender and Environment Outlook (PNUE)
EBAFOSA	Conférence africaine sur l'adaptation basée sur les écosystèmes pour la sécurité alimentaire	GIBL	gestion intégrée des bassins lacustres
ECC	éducation au changement climatique	GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
EDD	éducation au service du développement durable	GIRE	gestion intégrée des ressources en eau
EDPB	éthers diphenyliques polybromés	GLADIS	Global Land Degradation Information System (FAO)
EEB	économie des écosystèmes et de la biodiversité	GLASOD	Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation (FAO)
EAE	espèces allogènes envahissantes	GLOBE	Programme d'éducation et d'observation mondial au profit de l'environnement (UNESCO)
EEl	évaluation environnementale intégrée	GMACC	Global Military Advisory Council on Climate Change
EES	évaluation environnementale stratégique	GMV	Grande Muraille verte (Chine)
EIA	Energy Information Administration (États-Unis)	GPL	gaz de pétrole liquéfié
EIE	étude d'impact sur l'environnement	GPS	système mondial de localisation
ELD	Initiative «Économie de la dégradation des terres» (The Economics of Land Degradation)	GRI	Global Reporting Initiative
EMAPE	exploitation minière artisanale et à petite échelle	Gt	gigatonne
EML	Ecological Metadata Language	Gt éq CO₂	gigatonne d'équivalent de dioxyde de carbone
EMV	écosystèmes marins vulnérables	GW	gigawatt
EPA	Agence de protection de l'environnement (États-Unis)	GWP	Partenariat mondial de l'eau
EVAS	espérance de vie ajustée en fonction de la santé	ha	hectare
EVI	indice de végétation amélioré	HAP	hydrocarbures aromatiques polycycliques
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture	HCFC	hydrochlorofluorocarbures
FBWP	Free Basic Water Policy (Afrique du Sud)	HCR	Haut-Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés
FEM	1) Fonds pour l'environnement mondial 2) Forum économique mondial	HEI	Health Effects Institute
FENU	Fonds d'équipement des Nations Unies	HFC	hydrofluorocarbures
FNUAP	Fonds des Nations Unies pour la population	Hg	mercure
G7	Groupe des Sept (Allemagne, Canada, États-Unis, France, Italie, Japon, Royaume-Uni)	I = PAT	Impact = Population × Richesse × Technologie
GACC	Global Alliance for Clean Cookstoves	ICCT	International Council on Clean Transportation
		ICMMI	Conseil international des mines et des métaux



IDMC	Centre de suivi des déplacements internes	NASA	National Aeronautics and Space Administration (États-Unis)
IFAW	Fonds international pour la protection des animaux	NAZCA	Non-state Actor Zone for Climate Action
IFPRI	Institut international de recherche sur les politiques alimentaires	NcML	netCDF Markup Language
IGRAC	International Groundwater Resource Assessment Centre	NCP	nouveaux contaminants préoccupants
IIED	Institut international pour l'environnement et le développement	NCSD	National Councils for Sustainable Development
INN	[pêche] illicite, non déclarée et non réglementée	NDT	neutralité en matière de dégradation des terres
INTERPOL	Organisation internationale de police criminelle	NDVI	indice de végétation par différence normalisée
IPBES	Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques	NEPA	National Environment Policy Act (États-Unis)
IPE	intégration des politiques environnementales	NH₃	ammoniac
IPV	indice Planète vivante	NO₂	dioxyde d'azote
IRDA	Iskandar Regional Development Authority (Malaisie)	NOAA	Administration nationale des océans et de l'atmosphère (États-Unis)
IRENA	Agence internationale pour les énergies renouvelables	NOWPAP	Plan d'action pour la protection, la gestion et le développement du milieu marin et côtier du Pacifique Nord-Ouest
ISO	Organisation internationale de normalisation	NO_x	oxydes d'azote
ITPS	Groupe technique intergouvernemental sur les sols (FAO)	NPC	naphtalènes polychlorés
JMP	Programme commun OMS/UNICEF de suivi de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement	NPR	norme de portefeuille renouvelable
LAER	plus bas débit d'émission réalisable	NRSN	normes de rendement des sources nouvelles
LANCE	Land, Atmosphere Near Real-Time Capability for Earth Observing System	O₃	ozone
MAE	mesures agroenvironnementales	OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
MARPOL	Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires	OBV	organismes de bassins versants
MCA	Minerals Council of Australia	OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
MEI	modèle d'évaluation intégrée	ODD	objectifs de développement durable
MIE	maladies infectieuses émergentes	OGM	organismes génétiquement modifiés
MMC	mélanome malin cutané	OIM	Organisation internationale pour les migrations
MP	matières particulaires	OIT	Organisation internationale du travail
MP₁₀	matières particulaires de diamètre égal ou inférieur à 10 µm	OMD	objectifs du Millénaire pour le développement
MP_{2,5}	matières particulaires de diamètre égal ou inférieur à 2,5 µm	OMI	Organisation maritime internationale
MPO	Pêches et Océans Canada	OMM	Organisation mondiale de la météorologie
Mt	mégatonne	OMPI	Organisation mondiale de la propriété intellectuelle
MTD	meilleures techniques disponibles	OMS	Organisation mondiale de la Santé
MUDP	Programme de développement et de démonstration des technologies environnementales (Danemark)	OMT	Organisation mondiale du travail
N₂O	oxyde nitreux	ONG	organisation non gouvernementale
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards (États-Unis)	ONU	Organisation des Nations Unies
		ONUDC	Office des Nations Unies contre la drogue et le crime
		ONUDI	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
		ONU-Femmes	Entité des Nations Unies pour l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes



ONU-Habitat	Programme des Nations Unies pour les établissements humains	PROE	Programme régional océanien de l'environnement
ORGP	organisations régionales de gestion des pêches	PRP	potentiel de réchauffement planétaire
OSC	organisations de la société civile	PSE	paiement pour services écosystémiques
OSCAR	Outil d'analyse et d'examen de la capacité des systèmes d'observation	PSEA	Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique
OSPAR	Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est	QIT	quotas individuels transférables
OVM	organisme vivant modifié	R-D	recherche-développement
PAC	Politique agricole commune (Union européenne)	REDD	réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation forestière
PACC	Projet océanien d'adaptation au changement climatique	RIOB	Réseau international des organismes de bassin
PACL	peuples autochtones et communautés locales	RMD	rendement maximal durable
PAE	Programme d'action pour l'environnement (UE)	RMTR	réduction maximale technologiquement réalisable
PAM	Programme d'action mondial pour la protection du milieu marin contre la pollution due aux activités terrestres	RRC	réduction des risques de catastrophe
PAM/PNUE	Plan d'action pour la Méditerranée (PNUE)	RRTP	registres de rejets et de transferts de polluants
PAN	plan d'action national	SaaS	logiciel en tant que service
PAR	protection, accommodement et retrait	SACO	substances appauvrissant la couche d'ozone
PAWS	Protection des espèces sauvages d'Asie	SADC	Communauté de développement de l'Afrique australe
Pb	plomb	SAICM	Approche stratégique de la gestion internationale des produits chimiques
PBT	[substances] persistantes, bioaccumulables et toxiques	SBSTA	Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique
PCFV	Partenariat pour des carburants et des véhicules propres	SCDB	Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique
PE	perturbateurs endocriniens	SCEE	Système de comptabilité économique et environnementale
PEER	Publishing and the Ecology of European Research	SDGIO	Sustainable Development Goals Interface Ontology
PEID	petits États insulaires en développement	SDMX	Échange normalisé de données et de métadonnées statistiques
PFAS	polyfluoroalkyles et perfluoroalkyles	SDSN	Réseau de solutions pour le développement durable
PFC	perfluorocarbures	SDS-WAS	Système d'alerte, d'avis et d'évaluation concernant les tempêtes de sable et de poussière
PIB	produit intérieur brut	SensorML	Sensor Model
PIE	programme d'incitation économique	SFA	Administration d'État sur les forêts (Chine)
PNM	plan national de mise en œuvre	SGSV	Réserve mondiale de semences du Svalbard
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement	sida	syndrome d'immunodéficience acquise
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement	SIG	système d'information géographique
PNUE-CEE	Programme des Nations Unies pour l'environnement – Commission économique pour l'Europe	SLCP	polluants climatiques à courte durée de vie
POC	pesticides organochlorés	SNC	système nerveux central
POP	polluants organiques persistants	SO₂	dioxyde de soufre
ppm	parties par million	SO_x	oxydes de soufre
PPN	productivité primaire nette	SPANB	stratégies et plans d'action nationaux pour la biodiversité
PPRS	participation du public à la recherche scientifique	SPG	système de préférences généralisées (CNUCED)



SSP	trajectoires socio-économiques communes	UNISDR	Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes
TAC	total autorisé des captures	US EPA	Agence de protection de l'environnement (États-Unis)
TCDD	2,3,7,8-tétrachlorodibenzodioxine	USAID	Agence des États-Unis pour le développement international
TCRD	technologies de contrôle raisonnablement disponibles	UV	ultraviolet
TFEC	technologies à faibles émissions de carbone	VCR	voies de concentration représentatives
TIC	technologies de l'information et des communications	VEB	véhicule électrique à batterie
TOAR	Tropospheric Ozone Assessment Report	VIH	virus de l'immunodéficience humaine
TSP	tempêtes de sable et de poussière	WAD	Atlas mondial de la désertification
TWAP	Programme d'évaluation des eaux transfrontières	WBCSD	Conseil mondial des entreprises pour le développement durable
TWh	térawattheure	WDPA	Banque de données mondiale sur les aires protégées
UE	Union européenne	WfW	Working for Water
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources	WOCAT	Panorama mondial des approches et des technologies de conservation
UNSD	Commission de statistique des Nations Unies	WRI	Institut des ressources mondiales
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture	WWAP	Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau
UN-GGIM	Comité d'experts sur la gestion de l'information géospatiale à l'échelle mondiale (ONU)	WWF	Fonds mondial pour la nature
UNICEF	Fonds des Nations Unies pour l'enfance	ZADJN	zone au-delà de toute juridiction nationale
UNEP-WCMC	Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature	ZSL	Zoological Society of London

Contributeurs



Équipes d'auteurs du rapport GEO-6

Co-présidents : Paul Ekins [University College London, Royaume-Uni] ; Joyeeta Gupta [université d'Amsterdam, Pays-Bas].

Vice-présidents : Jane Bemigisha [ESIPPS International Ltd, Ouganda] ; Kejun Jiang [Energy Research Institute, Chine].

Chapitre 1 : Introduction et contexte

Mark Elder [Institute for Global Environmental Strategies, Japon] ; Christian Loewe [Agence allemande pour l'environnement, Allemagne].

Chapitre 2 : Les forces motrices du changement environnemental

Tariq Banuri [université de l'Utah, États-Unis] ; Matthew Kosko (membre honoraire de GEO) [université de l'Utah, États-Unis] ; Diego Martino [AAE Asesoramiento Ambiental Estratégico et université ORT, Uruguay] ; Indu K. Murthy [Institut indien des sciences, Inde] ; Jacob Park [Green Mountain College, États-Unis] ; Fernando Filgueira Prates [Centro de Informaciones y Estudios del Uruguay (CIESU), Uruguay] ; Maria Jesus Iraola Trambauer (membre honoraire de GEO) [University College London (UCL), Royaume-Uni] ; Dimitri Alexis Zenghelis [London School of Economics, Royaume-Uni].

Chapitre 3 : L'état actuel de nos données et connaissances

Graeme Clark [université de Nouvelle-Galles du Sud, Australie] ; Florence Mayococ-Daguitan [Tebtebba (Indigenous Peoples' International Centre for Policy Research and Education), Philippines] ; James M. Donovan [ADEC Innovations, Royaume-Uni] ; Pali Lehohla [Pan African Institute for Evidence – PIE, Afrique du Sud] ; Sheryl Joy Anne S. Gutierrez [ADEC Innovations, Philippines] ; Charles Mwangi [GLOBE Programme, Kenya] ; Amit R. Patel (membre honoraire de GEO) [Planned Systems International Inc., États-Unis] ; Joni Seager [université Bentley, États-Unis] ; William Sonntag [Secrétariat du Groupe sur l'observation de la Terre, États-Unis] ; Michelle G. Tan [ADEC Innovations, Kenya].

Chapitre 4 : Questions transversales

Babatunde Joseph Abiodun [université du Cap, Afrique du Sud] ; Giovanna Armiento [Agence nationale italienne pour les nouvelles technologies, l'énergie et le développement économique durable, Italie] ; Rob Bailey [Chatham House, The Royal Institute of International Affairs, Royaume-Uni] ; Rajasekhar Balasubramanian [université nationale de Singapour, Singapour] ; Ricardo Barra [université de Concepción, Chili] ; Kathryn Jennifer Bowen [université nationale australienne, Australie] ; John Crump [GRID-Arendal, Norvège] ; Irene Dankelman [université Radboud, Pays-Bas] ; Kari De Pryck (membre honoraire de GEO) [université Sciences Po, France] ; Riyanti Djalante [université des Nations Unies – Institut pour l'étude avancée de la durabilité, Japon] ; Monica Dutta [The Energy and Resources Institute, Inde] ; François Gemenne [The Hugo Observatory, université de Liège, Belgique] ; Linda Godfrey [Conseil pour la recherche scientifique et industrielle, Afrique du Sud] ; James Grellier [université d'Exeter, Royaume-Uni] ; Maha Halalshah [université de Jordanie, Jordanie] ; Fintan Hurley [Institute of Occupational Medicine, Royaume-Uni] ; Richard King [Chatham House, The Royal Institute of International Affairs, Royaume-Uni] ; Andrei P. Kirilenko [université de Floride, États-Unis] ; Peter Lemke [Institut Alfred-Wegener, Allemagne] ; Daniela Liggett [université de Canterbury, Nouvelle-Zélande] ; Robyn M. Lucas [Centre national d'épidémiologie et de santé des

populations, université nationale australienne, Australie] ; Oswaldo Lucon [Secrétariat d'État à l'environnement de São Paulo, Brésil] ; Katrina Lyne (membre honoraire de GEO) [université James Cook, Australie] ; Diego Martino [AAE Asesoramiento Ambiental Estratégico et université ORT, Uruguay] ; Ritu Mathur [The Energy and Resources Institute (TERI), Inde] ; Shanna N. McClain [Environmental Law Institute, États-Unis] ; Catherine P. McMullen [Institut pour l'environnement de Stockholm – Asia Centre, Thaïlande] ; Emma Gaalaas Mullaney [université Bucknell, États-Unis] ; Unai Pascual [Ikerbasque, Fondation basque pour la science, Espagne] ; Leisa N. Perch [SAEDI Consulting, Trinité-et-Tobago] ; Marco Rieckmann [université de Vechta, Allemagne] ; Fülöp Sándor [université nationale de service public, Hongrie] ; Atilio Savino [ARS, Argentine] ; Heinz Schandl [Organisation du Commonwealth pour la recherche scientifique et industrielle (CSIRO), Australie] ; Joeri Scholtens [université d'Amsterdam, Pays-Bas] ; Patricia Nayna Schwerdtle (membre honoraire de GEO) [université Monash, Australie] ; Joni Seager [université Bentley, États-Unis] ; Shi Lei [université Tsinghua, Chine] ; Frank Thomalla [Institut pour l'environnement de Stockholm – Asia Centre, Thaïlande] ; Maria Jesus Iraola Trambauer (membre honoraire de GEO) [University College London (UCL), Royaume-Uni] ; Laura Wellesley [Chatham House, The Royal Institute of International Affairs, Royaume-Uni] ; Caradee Y. Wright [Conseil de la recherche médicale d'Afrique du Sud, Afrique du Sud] ; Dan Wu [université Sun Yat-sen, Chine] ; Dimitri Alexis Zenghelis [London School of Economics, Royaume-Uni] ; Caroline Zickgraf [The Hugo Observatory, université de Liège, Belgique].

Chapitre 5 : L'air

Babatunde Joseph Abiodun [université du Cap, Afrique du Sud] ; Kathryn Jennifer Bowen [université nationale australienne, Australie] ; Serena H. Chung [Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis] ; Phillip Dickerson [Agence de protection de l'environnement, États-Unis] ; Riyanti Djalante [université des Nations Unies – Institut pour l'étude avancée de la durabilité, Japon] ; Cristina de B. B. Guerreiro [Institut norvégien pour la recherche atmosphérique, Portugal] ; Chenmin He (membre honoraire de GEO) [université de Beijing, Chine] ; Fintan Hurley [Institut de médecine du travail, Royaume-Uni] ; Terry Keating [Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis] ; Andrei P. Kirilenko [université de Floride, États-Unis] ; Robyn M. Lucas [Centre national d'épidémiologie et de santé des populations, université nationale d'Australie, Australie] ; John Muthama Nzioka [université de Nairobi, Kenya] ; Stefan Reis [Centre for Ecology and Hydrology, Royaume-Uni] ; Caradee Y. Wright [Conseil médical de la recherche de l'Afrique du Sud, Afrique du Sud].

Chapitre 6 : La biodiversité

Rob Bailey [Chatham House, The Royal Institute of International Affairs, Royaume-Uni] ; Colin Butler [université de Canberra, Australie] ; Irene Dankelman [université Radboud] ; Jonathan Davies [université de Colombie-Britannique, Royaume-Uni] ; Linda Godfrey [Conseil pour la recherche scientifique et industrielle, Afrique du Sud] ; Jeremy Hills [université du Pacifique Sud, Royaume-Uni] ; Andrei P. Kirilenko [université de Floride, États-Unis] ; Daniela Liggett [université de Canterbury, Nouvelle-Zélande] ; Louise McRae [Institut de zoologie, Société zoologique de Londres, Royaume-Uni] ; Gavin Mudd [Institut royal de technologie de Melbourne, RMIT, Australie] ; Dolores Armenteras Pascual [université nationale de Colombie, Colombie] ; Joni Seager [université de Bentley, États-Unis] ; Peter Stoett [Institut universitaire de technologie de l'Ontario, Canada] ; Carol Zastavniouk (membre honoraire de GEO) [Golder Associates, Canada] ; Caroline Zickgraf [The Hugo Observatory, université de Liège, Belgique].



Chapitre 7 : Les océans et les côtes

AlAnoud Alkhatlan (membre honoraire de GEO) [université du Golfe arabe, Bahreïn] ; Elaine Baker [GRID-Arendal, université de Sydney, Australie] ; James Grellier [université d'Exeter, Royaume-Uni] ; Peter Harris [GRID-Arendal, Norvège] ; Adelina Mensah [Institute for Environment and Sanitation Studies, université du Ghana, Ghana] ; Jake Rice [ministère des Pêches et Océans Canada – Émérite, Canada].

Chapitre 8 : Les terres

Nicolai Dronin [université d'État de Moscou, Russie] ; Andrés Guhl [université des Andes, Colombie] ; Gensuo Jia [Académie chinoise des sciences, Chine] ; Javier Naupari [université nationale agraire La Molina, Pérou] ; Darshini Ravindranath (membre honoraire de GEO) [University College London (UCL), Royaume-Uni] ; Hung Vo (membre honoraire de GEO) [université Harvard, États-Unis] ; Ying Wang (membre honoraire de GEO) [université de Tongji, Chine].

Chapitre 9 : L'eau douce

Erica Gaddis [Service de la qualité de l'environnement de l'Utah, États-Unis] ; Anna Maria Grobicki [Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Italie] ; Rowena Hay [Umvoto, Afrique du Sud] ; Gavin Mudd [Institut royal de technologie de Melbourne, Australie] ; Walter Rast [Meadows Center for Water and the Environment, université d'État du Texas, États-Unis] ; Jae Sanjay Nikam [université d'État de l'Arizona, États-Unis] ; Beatriz Rodríguez-Labajos (membre honoraire de GEO) [université autonome de Barcelone, Espagne] ; Ying Wang [université de Tongji, Chine].

Chapitre 10 : La démarche d'évaluation de l'efficacité des politiques

Klaus Jacob [université libre de Berlin, Allemagne] ; Peter King [Institute for Global Environmental Strategies, Thaïlande] ; Diana Mangalagiu [université d'Oxford et Neoma Business School, Royaume-Uni] ; Beatriz Rodríguez-Labajos (membre honoraire de GEO) [université autonome de Barcelone, Espagne].

Chapitre 11 : La théorie et la pratique des politiques

Pedro Fidelman [Centre for Policy Futures, université du Queensland, Australie] ; Leandra Regina Gonçalves [Centre d'études et de recherches environnementales [NEPAM], université de Campinas, Portugal] ; Chenmin He (membre honoraire de GEO) [université de Beijing, Chine] ; James Hollway [Institut de hautes études internationales et du développement, Suisse] ; Klaus Jacob [université libre de Berlin, Allemagne] ; Peter King [Institute for Global Environmental Strategies, Thaïlande] ; Sebastian Sewerin [École polytechnique fédérale de Zurich (ETH Zurich), Suisse].

Chapitre 12 : Les politiques de qualité de l'air

Frederick Ato Armah [université de Cape Coast, Ghana] ; Kari De Pryck (membre honoraire de GEO) [Institut d'études politiques de Paris, France] ; Phillip Dickerson [Agence de protection de l'environnement, États-Unis] ; Cristina de B. B. Guerreiro [Institut norvégien de recherche sur l'air, Norvège] ; Terry Keating [Agence de protection de l'environnement, États-Unis] ; Peter King [Institute for Global Environmental Strategies, Thaïlande] ; Oswaldo Lucon [Secrétariat d'État à l'environnement de l'État de São Paulo, Brésil] ; Asami Miyazaki [université Gakuen de Kumamoto, Japon] ; Amit R. Patel (membre honoraire de GEO) [Planned Systems International, Inc., États-Unis] ; Stefan Reis [Centre d'écologie et d'hydrologie, Royaume-Uni].

Chapitre 13 : Les politiques de la biodiversité

Irene Dankelman [université Radboud, Pays-Bas] ; Jonathan Davies [université de la Colombie-Britannique, Royaume-Uni] ; Leandra Regina Gonçalves [université de Campinas/Centre d'études et de recherches environnementales (NEPAM), Portugal] ; Souhir Hammami (membre honoraire de GEO) [université libre de Berlin, Allemagne] ; Jeremy Hills [université du Pacifique Sud, Fidji] ; Diana Mangalagiu [université d'Oxford et Neoma Business School, Royaume-Uni] ; Louise McRae [Institut de zoologie, Société zoologique de Londres, Royaume-Uni] ; Nibedita Mukherjee [université de Cambridge, Royaume-Uni] ; Dolores Armenteras Pascual [université nationale de Colombie, Colombie] ; Peter Stoett [Institut de technologie de l'université de l'Ontario, Canada] ; Caradee Y. Wright [Conseil de recherche médical d'Afrique du Sud, Afrique du Sud] ; Carol Zastavniouk (membre honoraire de GEO) [Golder Associates, Canada].

Chapitre 14 : Les politiques relatives aux océans et aux zones côtières

AlAnoud Alkhatlan (membre honoraire de GEO) [université du Golfe arabe, Bahreïn] ; Elaine Baker [GRID-Arendal, université de Sydney, Australie] ; Pedro Fidelman [Centre for Policy Futures, université du Queensland, Australie] ; Leandra Regina Gonçalves [université de Campinas/Centre d'études et de recherches environnementales (NEPAM), Portugal] ; Peter Harris [GRID-Arendal, Norvège] ; James Hollway [Institut de hautes études internationales et du développement, Suisse] ; Rakhyun E. Kim [université d'Utrecht, Pays-Bas] ; Diana Mangalagiu [université d'Oxford et Neoma Business School, Royaume-Uni] ; Jake Rice [ministère des Pêches et Océans Canada – Professeur émérite, Canada].

Chapitre 15 : Les politiques de protection des terres et des sols

Katharina Helming [Centre de recherche Leibniz sur le paysage agricole (ZALF), Allemagne] ; Klaus Jacob [université libre de Berlin, Allemagne] ; Peter King [Institute for Global Environmental Strategies, Thaïlande] ; Diana Mangalagiu [université d'Oxford et Neoma Business School, Royaume-Uni] ; Andrew Onwuemele [Institut nigérian pour la recherche sociale et économique (NISER), Nigéria] ; Darshini Ravindranath (membre honoraire de GEO) [University College London (UCL), Royaume-Uni] ; Hung Vo (membre honoraire de GEO) [Graduate School of Design, université Harvard, États-Unis] ; Leila Zamani (membre honoraire de GEO) [ministère de l'Environnement, Iran (République islamique d')] ; Pandi Zdruli [Institut agronomique méditerranéen de Bari (CIHEAM), Italie].

Chapitre 16 : Les politiques sur l'eau douce

Erica Gaddis [Service de la qualité de l'environnement, Utah, États-Unis] ; James Grellier [université d'Exeter, Royaume-Uni] ; Anna Maria Grobicki [Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Italie] ; Rowena Hay [Umvoto, Afrique du Sud] ; Peter King [Institute for Global Environmental Strategies, Thaïlande] ; Naho Mirumachi [King's College, Londres, Royaume-Uni] ; Gavin Mudd [Institut royal de technologie de Melbourne, université RMIT, Australie] ; Farhad Mukhtarov [Institut international d'études sociales, université Érasme de Rotterdam, Pays-Bas] ; Jae Sanjay Nikam [université d'État de l'Arizona, États-Unis] ; Walter Rast [Centre de l'eau et de l'environnement de Meadows, université d'État du Texas, États-Unis] ; Beatriz Rodríguez-Labajos (membre honoraire de GEO) [université autonome de Barcelone, Espagne] ; Patricia Nayna Schwerdtle (membre honoraire de GEO) [université Monash, Australie].



Chapitre 17 : Les approches stratégiques systémiques visant les questions transversales

Babatunde Joseph Abiodun [université du Cap, Afrique du Sud] ; Giovanna Armiento [Agence nationale italienne pour les nouvelles technologies, l'énergie et le développement économique durable, Italie] ; Rob Bailey [Chatham House, The Royal Institute of International Affairs, Royaume-Uni] ; Elaine Baker [GRID-Arendal, université de Sydney, Australie] ; Kathryn Jennifer Bowen [université nationale australienne, Australie] ; John Crump [GRID-Arendal, Norvège] ; Irene Dankelman [université Radboud, Pays-Bas] ; Riyanti Djalante [université des Nations Unies – Institut pour l'étude avancée de la durabilité, Japon] ; Monica Dutta [The Energy and Resources Institute (TERI), Inde] ; Fintan Hurley [Institute of Occupational Medicine, Irlande] ; Klaus Jacob [université libre de Berlin, Allemagne] ; Rakhun E. Kim [université d'Utrecht, Pays-Bas] ; Peter King [Institute for Global Environmental Strategies, Thaïlande] ; Richard King [Chatham House, The Royal Institute of International Affairs, Royaume-Uni] ; Andrei P. Kirilenko [université de Floride, États-Unis] ; Oswaldo Lucon [Secrétariat d'État à l'environnement de l'État de São Paulo, Brésil] ; Diana Mangalagu [université d'Oxford et Neoma Business School, Royaume-Uni] ; Diego Martino [AAE Asesoramiento Ambiental Estratégico et université ORT, Uruguay] ; Ritu Mathur [The Energy and Resources Institute (TERI), Inde] ; Gavin Mudd [Institut royal de technologie de Melbourne, Australie] ; Joni Seager [université Bentley, États-Unis] ; Sebastian Sewerin [École polytechnique fédérale de Zurich (ETH Zurich), Suisse] ; Tim Stephens [université de Sydney, Australie] ; Patricia Schwerdtle [université Monash, Australie] ; Maria Jesus Iraola Trambauer (membre honoraire de GEO) [University College London (UCL), Royaume-Uni] ; Laura Wellesley [Chatham House, The Royal Institute of International Affairs, Royaume-Uni] ; Caradee Y. Wright [Conseil de recherche médicale d'Afrique du Sud, Afrique du Sud].

Chapitre 18 : Conclusions sur l'efficacité des politiques

Klaus Jacob [université libre de Berlin, Allemagne] ; Peter King [Institute for Global Environmental Strategies, Thaïlande] ; Diana Mangalagu [université d'Oxford et Neoma Business School, Royaume-Uni] ; Beatriz Rodríguez-Labajos (membre honoraire de GEO) [université autonome de Barcelone, Espagne].

Chapitre 19 : Les perspectives présentées dans le rapport GEO-6

Ghassem R. Asrar [Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), États-Unis] ; Rohan Bhargava (membre honoraire de GEO) [université d'Utrecht, Pays-Bas] ; Paul Lucas [Bureau d'évaluation environnementale, Pays-Bas] ; Laura Pereira [Centre for Complex Systems in Transition (CST), université de Stellenbosch, Afrique du Sud] ; Detlef van Vuuren [Bureau d'évaluation environnementale, Pays-Bas] ; Joost Vervoort [université d'Utrecht, Pays-Bas].

Chapitre 20 : Une vision à long terme pour 2050

Mark Elder [Institute for Global Environmental Strategies, Japon] ; Fintan Hurley [Institute of Occupational Medicine, Royaume-Uni] ; Paul Lucas [Bureau d'évaluation environnementale, Pays-Bas] ; Maryam Meftahi (membre honoraire de GEO) [ministère de l'Environnement de la province de Téhéran, Iran] ; Detlef van Vuuren [Bureau d'évaluation environnementale, Pays-Bas].

Chapitre 21 : Les développements futurs en l'absence de politiques ciblées

Katherine V. Calvin [Institut mixte de recherche sur le changement mondial (PNNL), États-Unis] ; Serena H. Chung [Agence de protection de l'environnement, États-Unis] ; Mike Harfoot [Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature (UNEP-

WCMC), Royaume-Uni] ; Steve Hedden [Frederick S. Pardee Center for International Futures, université de Denver, États-Unis] ; Barry B. Hughes [Frederick S. Pardee Center for International Futures, université de Denver, États-Unis] ; Fintan Hurley [Institute of Occupational Medicine, Royaume-Uni] ; Alexandre C. Köberle [université fédérale de Rio de Janeiro, Brésil] ; Paul Lucas [Bureau d'évaluation environnementale, Pays-Bas] ; Katrina Lyne (membre honoraire de GEO) [université James Cook, Australie] ; Jonathan D. Moyer [Frederick S. Pardee Center for International Futures, université de Denver, États-Unis] ; Detlef van Vuuren [Bureau d'évaluation environnementale, Pays-Bas] ; Yoshihide Wada [Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (IIASA), Autriche].

Chapitre 22 : Les trajectoires vers le développement durable

Lex Bouwman [Bureau d'évaluation environnementale, Pays-Bas] ; Katherine V. Calvin [Institut mixte de recherche sur le changement mondial (PNNL), États-Unis] ; Serena H. Chung [Agence de protection de l'environnement, États-Unis] ; Mike Harfoot [Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature (UNEP-WCMC), Royaume-Uni] ; Chenmin He (membre honoraire de GEO) [université de Beijing, Chine] ; Steve Hedden [Frederick S. Pardee Center for International Futures, université de Denver, États-Unis] ; Barry B. Hughes [Frederick S. Pardee Center for International Futures, université de Denver, États-Unis] ; Fintan Hurley [Institute of Occupational Medicine, Royaume-Uni] ; Alexandre C. Köberle [université fédérale de Rio de Janeiro, Brésil] ; Paul Lucas [Bureau d'évaluation environnementale, Pays-Bas] ; Jonathan D. Moyer [Frederick S. Pardee Center for International Futures, université de Denver, États-Unis] ; Marco Rieckmann [université de Vechta, Allemagne] ; Beatriz Rodríguez-Labajos (membre honoraire de GEO) [université autonome de Barcelone, Espagne] ; Detlef van Vuuren [Bureau d'évaluation environnementale, Pays-Bas] ; Yoshihide Wada [Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (IIASA), Autriche].

Chapitre 23 : Les initiatives ascendantes et les approches participatives

Ghassem R. Asrar [PNNL, États-Unis] ; Rohan Bhargava (membre honoraire de GEO) [université d'Utrecht, Pays-Bas] ; Laur Hesse Fisher [Massachusetts Institute of Technology (MIT), États-Unis] ; Angel Hsu [université Yale, États-Unis] ; Thomas Malone [Massachusetts Institute of Technology (MIT), États-Unis] ; Jeanne Nel [université Vrije d'Amsterdam, Pays-Bas] ; Laura Pereira [Centre des systèmes complexes en transition (CST), université de Stellenbosch, Afrique du Sud] ; Odilwe Selomane [Stockholm Resilience Centre, université de Stockholm, Suède] ; Nadia Sitas [Conseil pour la recherche scientifique et industrielle (CSIR), Afrique du Sud] ; Christopher Trisos [National Socio-Environmental Synthesis Center (SESYNC), université du Maryland, États-Unis] ; Mandy Angèl van den Ende (membre honoraire de GEO) [université d'Utrecht, Pays-Bas] ; Joost Vervoort [université d'Utrecht, Pays-Bas] ; James Ward [université d'Australie du Sud, Australie] ; Amy Weinfurter (membre honoraire de GEO) [université Yale, États-Unis] ; Yihao Xie [Yale-NUS College, Singapour] ; Yaolin Zhang [Yale-NUS College, Singapour].

Chapitre 24 : La voie à suivre

Ghassem R. Asrar [PNNL, États-Unis] ; Kei Gomi [National Institute for Environmental Studies, Japon] ; Steve Hedden [Frederick S. Pardee Center for International Futures, université de Denver, États-Unis] ; Fintan Hurley [Institute of Occupational Medicine, Royaume-Uni] ; Klaus Jacob [université libre de Berlin, Allemagne] ; Mikiko Kainuma [Institute for Global Environmental Strategies, Japon] ; Peter King [Institute for Global Environmental Strategies, Thaïlande] ; Diana Mangalagu [université d'Oxford et Neoma Business School, Royaume-Uni] ; Paul Lucas [Bureau d'évaluation



environnementale, Pays-Bas] ; Robyn M. Lucas [Centre national d'épidémiologie et de santé des populations, université nationale d'Australie, Australie] ; Laura Pereira [Centre for Complex Systems in Transition (CST), université de Stellenbosch, Afrique du Sud] ; Alexis Rocamora [Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japon] ; Mandy Angèl van den Ende (membre honoraire de GEO) [université d'Utrecht, Pays-Bas] ; Detlef van Vuuren [Bureau d'évaluation environnementale, Pays-Bas].

Chapitre 25 : Les besoins futurs en données et en connaissances

Graeme Clark [université de Nouvelle-Galles du Sud, Australie] ; Daniel Cooper [université d'Oxford, Royaume-Uni] ; Florence Mayocyc-Daguitan [Tebtebba, Indigenous Peoples' International Centre for Policy Research and Education, Philippines] ; James Donovan [ADEC Innovations, Royaume-Uni] ; Pali Lehohla [Pan African Institute for Evidence, Afrique du Sud] ; Sheryl Joy Anne S. Gutierrez [ADEC Innovations, Philippines] ; Nina Kruglikova [université d'Oxford, Royaume-Uni] ; Charles Mwangi [GLOBE Programme, Kenya] ; Amit R. Patel (membre honoraire de GEO) [Planned Systems International, Inc., États-Unis] ; Joni Seager [université Bentley, États-Unis] ; William Sonntag [Secrétariat du Groupe sur l'observation de la Terre, États-Unis] ; Michelle Tan [ADEC Innovations, Kenya].

Membres honoraires

AlAnoud Alkhatlan [université du Golfe arabe, Bahreïn] ; Rohan Bhargava [université d'Utrecht, Pays-Bas] ; Kari De Pryck [Institut d'études politiques de Paris, France] ; Priyanka DeSouza [Massachusetts Institute of Technology, États-Unis] ; Souhir Hammami [université libre de Berlin, Allemagne] ; Chenmin He [université de Beijing, Chine] ; Matthew D. Kosko [université de l'Utah, États-Unis] ; Katrina Lyne [université James Cook, Australie] ; Maryam Meftahi [ministère de l'Environnement de la province de Téhéran, Iran] ; Semie Memuna [Centre pour l'innovation dans la gouvernance internationale, Canada] ; Emma Gaalaas Mullaney [université de Bucknell, États-Unis] ; Jaee Sanjay Nikam [université d'État de l'Arizona, États-Unis] ; Amit R. Patel [Planned Systems International Inc., États-Unis] ; Darshini Ravindranath [University College London (UCL), Royaume-Uni] ; Beatriz Rodríguez-Labajos [université autonome de Barcelone, Espagne] ; Mayar Sabet [CEDARE, Égypte] ; Joeri Scholtens [université d'Amsterdam, Pays-Bas] ; Patricia Nayna Schwerdtle [université Monash, Australie] ; Maria Jesus Iraola Trambauer [University College London (UCL), Royaume-Uni] ; Natalie Unterstell [Brésil] ; Mandy Angèl van den Ende [université d'Utrecht, Pays-Bas] ; Hung Vo [université Harvard, États-Unis] ; Ying (Grace) Wang [université de Tongji, Chine] ; Amy Weinfurter [Data-Driven Yale, États-Unis] ; ChangXia Wu [université Dalhousie, Canada] ; Leila Zamani [Département de l'environnement, Iran] ; Carol Zastavniouk [Golder Associates, Canada].

Groupe consultatif intergouvernemental et multipartite de haut niveau

Nassir S. Al-Amri [université du Roi Abdulaziz, Arabie saoudite] ; Hæge Andenæs [ministère du Climat et de l'Environnement, Norvège] ; Juan Carlos Arredondo [Secrétariat de l'Environnement et des Ressources naturelles, Mexique] ; Julio Baena (suppléant) [ministère de l'Environnement, Brésil] ; Sara Baisai Feresu [université du Zimbabwe, Zimbabwe] ; Benon Bibbu Yassin [ministère des Ressources naturelles, de l'Énergie et de l'Environnement, Malawi] ; Simon Birkett [Clean Air in London, Royaume-Uni] ; Gillian Bowser [université d'État du Colorado, États-Unis] ; Joji Carino [Forest Peoples Programme, Angleterre] ; Fernando E.L.S. Coimbra [Ambassade de la République fédérative du Brésil, Brésil] ; Pascale Collas [Environnement et changement climatique, Canada] ; Marine Collignon (suppléante) [ministère des Affaires étrangères et du Développement international, France] ; Victoria de Higa Rodriguez [ministère de l'Environnement et du Développement durable,

Argentine] ; Laksmi Dhewanthi [ministère de l'Environnement et des Forêts, Indonésie] ; Noasilalaonomenjahary Ambinintsoa Lucie [ministère de l'Environnement, de l'Écologie et des Forêts, Madagascar] ; Arturo Flores Martinez (suppléant) [ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles, Mexique] ; Sascha Gabizon [WECF International, Allemagne] ; Prudence Galega [ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et du Développement durable, Cameroun] ; Edgar Gutiérrez Espeleta [université du Costa Rica, Costa Rica] ; Keri Holland (suppléante) [Département d'État, États-Unis] ; Pascal Valentin Houénou (vice-président) [université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire] ; Yi Huang (co-président) [université de Beijing, Chine] ; Mork-Knutsen Huang (suppléante) [ministère du Climat et de l'Environnement, Norvège] ; Melinda Kimble [Fondation des Nations Unies, États-Unis] ; Asdaporn Krairapanond [Bureau des ressources naturelles et de la politique et de la planification environnementales, Thaïlande] ; Yaseen M. Khayyat [ministère de l'Environnement, Jordanie] ; Pierluigi Manzione [ministère de l'Environnement, de la Protection de la terre et de la Mer, Italie] ; Veronica Marques (suppléante) [ministère de l'Environnement, Brésil] ; Jock Martin [Agence européenne pour l'environnement, Danemark] ; John M. Matuszak [Département d'État des États-Unis] ; Megan Meaney [ICLEI – Gouvernements locaux pour la durabilité, Canada] ; Naser Moghaddasi [ministère de l'Environnement, Iran] ; Bedrich Moldan [université Charles, République tchèque] ; Roger Roberge [Environnement et Changement climatique, Canada] ; Najib Saab [Autorité générale de la météorologie et de la protection de l'environnement, Arabie saoudite] ; Mohammed Salahuddin [ministère de l'Environnement, des Forêts et du Changement climatique, Inde] ; Jurgis Sapijanskas (suppléant) [ministère de la Transition écologique et inclusive, France] ; Paolo Soprano (co-président) [ministère de l'Environnement, de la Protection de la terre et de la Mer, Italie] ; Xavier Sticker [ministère de l'Environnement, France] ; Sibylle Vermont (vice-présidente) [Office fédéral suisse de l'environnement, Suisse] ; Andrea Vincent (suppléante) [université du Costa Rica, Costa Rica] ; Terry Yosie [World Environment Center, États-Unis].

Groupe consultatif scientifique

Asma Abahussain [université du Golfe arabe, Bahreïn] ; John B.R. Agard [université des Indes occidentales, Jamaïque] ; Odeh Al-Jayyousi [université du Golfe arabe, Bahreïn] ; Paulo Eduardo Artaxo Netto [université de São Paulo, Brésil] ; Rosina M. Bierbaum [université de la Michigan, États-Unis] ; Enrico Giovannini [université de Rome « Tor Vergata », Italie] ; Sarah Green (co-présidente) [université technologique de la Michigan, États-Unis] ; Torkil Jönch Clausen [Conseil mondial de l'eau, France] ; Ahmed Khater [Centre national de recherche sur l'eau, Égypte] ; Nicholas King (co-président) [indépendant, Afrique du Sud] ; Paolo Laj [Institut des géosciences de l'environnement, France] ; Byung-Kook Lee [Institut coréen de l'environnement, République de Corée] ; Alastair Charles Lewis [université de York, Royaume-Uni] ; Franklyn Lisk [université de Warwick et HEART, Royaume-Uni] ; Majid Shafiepour Motlagh [université de Téhéran, Iran] ; Carlos Afonso Nobre [Institut national de S&T pour le changement climatique, Brésil] ; Toral Patel-Weynand [Service forestier des États-Unis] ; Anand Patwardhan [École de politique publique de l'université du Maryland, États-Unis] ; N.H. Ravindranath [Indian Institute of Science, Inde] ; Wendelin Stark [ETH Zurich, Suisse] ; Danling Tang [Académie chinoise des sciences, Chine] ; Maria del Mar Viana Rodriguez (vice-présidente) [Conseil national de la recherche, Espagne] ; Naohiro Yoshida [Tokyo Institute of Technology, Japon].

Groupe de travail sur les méthodes d'évaluation, les données et l'information

Maria Andrzejewska [PNUE/GRID-Varsovie, Pologne] ; Ousséni Arouna [université nationale des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques, Bénin] ; Sandra De Carlo (co-présidente) [Présidence (Brésil)] ; Rosario Gomez [Universidad del Pacifico,



Pérou] ; Wabi Marcos [ministère de l'Environnement chargé de la gestion des changements climatiques, Bénin] ; Reza Maknoon [université de technologie AmirKabir, Iran] ; Graciela Metternicht [université de Nouvelle-Galles du Sud, Australie] ; Thy Nguyen Van [Administration vietnamienne de l'environnement, Vietnam] ; Nicolas Perritaz (co-président) [Office fédéral de l'environnement – OFEV, Suisse] ; Qurat ul Ain Ahmad [Centre d'études d'impact du changement mondial, Pakistan] ; Mathis Wackernagel [Global Footprint Network, États-Unis] ; Fei Wang [Northwest A&F University, Chine].

Équipe élargie du PNUE

Misha Alberizzi ; Neville Ash ; Jennifer Bailey ; Matthew Billot ; Peter Bjornsen ; Oli Brown ; Alex Caldas ; Kilian Christ ; Thierry De Oliveira ; Fanny Demassieux ; Francesco Gaetani ; Tessa Goverse ; Alexander Juras ; Thomas Koetz ; Pushpam Kumar ; Monika MacDevette ; Tomas Marques ; Jacqueline McGlade ; Abdelmenam Mohamed ; Pascal Peduzzi ; Corli Pretorius ; Rula Qalyoubi ; Tatiana Terekhova ; Frank Turyatunga ; Dirk Wagener ; Clarice Wilson ; Jinhua Zhang ; Laetitia Zobel ; Jochem Zoetelief ; Sheeren Zorba.

Examineurs d'autres organes des Nations Unies et partenaires sollicités pour la révision

Mahe Amer [PERSGA] ; Joseph Appiott [CBD] ; Regina Asariotis [CNUCED] ; Alfonso Ascencio-Herrera [ISA] ; Julian Barbière [UNESCO] ; Uwe Barg [FAO] ; Stefano Belfiore [OMM] ; Maija Bertule [PNUE-DHI] ; Marie Bourrel-McKinnon [ISA] ; Edgard Cabrera [OMM] ; Michele Cavinato [HCR] ; Isabel Chavez [UNESCO] ; Nishikawa Chihiro [UNESCO] ; Genevieve Connors [Banque mondiale] ; Rey Da Silva [UNESCO] ; Mario Abel Diaz Anzueto [IPBES] ; Fanny Douvere [UNESCO] ; Milen F. Dyoulgerov [Banque mondiale] ; Paul Egerton [OMM] ; Kim Friedman [FAO] ; Dirk Glaesser [OMT] ; Paul Glennie ; Sarah Grimes [OMM] ; Ulrike Guerin [UNESCO] ; Fredrik Haag [OMI] ; Valerie Hikey [Banque mondiale] ; Jan Hladik [UNESCO] ; Andrew Hudson [PNUD] ; Byonug-Hwa Hwang [Banque mondiale] ; Peter Koefoed Bjornsen [PNUE-DHI] ; Neno Kukuric [UN-IGRAC] ; Juhyun Lee [CBD] ; Annukka Lipponen [UNECE] ; Gareth James Lloyd [PNUE-DHI] ; Michael Lodge [ISA] ; Warren Lee Long [PROE] ; Robert Masters [OMM] ; Arni Mathiesen [FAO] ; Chris McOwen [PNUE-CMSC] ; Kate Medicott [OMS] ; Stefan Micalle [OMI] ; Hassan Mohammadi [ROPME] ; Wahid Mouffadal ; Audrey Nepveu [FIDA] ; David Osborn [AIEA] ; Sivaji Patra [SACEP] ; Manzoor Qadir [UNU] ; Mechtilid Rössler [UNESCO] ; Vladimir Ryabinin [UNESCO] ; Susana Salvador [OSPAR] ; Zita Sebesvari [UNU-EHS] ; Cameron Shilton [HCR] ; Monika Stankiewicz [Helcom] ; Christian Susan [ONUDI] ; Peter Wolfgang Swarzenski [AIEA] ; Xu Tang [OMM] ; Tumi Tómasson [UNU-FTP] ; Brandt Wagner [OIT] ; Sara Walker [WRI] ; Marcus Wijnen [Banque mondiale] ; Andrew Wright [CCAMLR] ; Joseph Zelasney [FAO] ; Wenjian Zhang [OMM].

Réviseurs externes²

Magdi Tawfik Abdelhamid [Égypte] ; Mohamed Abdel-Monem [Égypte] ; Ahmed Abdelrehim [Égypte] ; Anwar Abdo [Bahreïn] ; Amani Abdou [Niger] ; Maisharou Abdou [Niger] ; Abdulkader Abed [Jordanie] ; Mohamed Jamil Saleh Anbdulrazzak [Arabie saoudite] ; Ehsan Abedualemer Jassem Abbas [Irak] ; Mohammad Abido [Syrie, République arabe de] ; Tamiru Alemayehu Abiye [Éthiopie] ; Iyad Aburdeineh [Palestine] ; Khaled Abu-Zeid [Égypte] ; Priscilla Mbarumun Achakpa [Nigéria] ; David Acosta [Colombie] ; Mange Ram Adhana [Inde] ; Alphonse Adite [Bénin] ; Carolina Adler [Chili] ; Jean Paul Brice Affana [Cameroun] ; John B.R. Agard [Trinité-et-Tobago] ; Maxime Agossou [Bénin] ; Christer Ågren ; Qurat ul Ain Ahmad [Pakistan] ; Emmanuel Adegboyega Ajao [Nigéria] ; Afif Akel [Jordanie] ; Hajime Akimoto ; Thabit Zahran Salim Al Abdulsalaam [Oman] ; Abdulwali Al-Aghbari [Syrie] ; Mohammad Al Ahmad

[Koweït] ; Amani Abdullah Al-Assaf [Jordanie] ; Seyed Kazem Alavipanah [Iran] ; Amr Osama Al-Aziz [Égypte] ; Susan Al Banaa [Irak] ; Khaldoun Al-Bassam [Irak] ; Pedro Manuel Alcolado-Menendez [Cuba] ; Nourah Alenezi [Koweït] ; Meshari Al-Harbi [Koweït] ; Belal Al-Hayek [Syrie] ; Suzan Al-Ajjawi [Bahreïn] ; Lilian Alessa [Canada] ; Björn Alftan [Canada] ; Fatima Alhemyani [États-Unis] ; Israa Jassim Mohamed Ali [Irak] ; Thamer Ali [Irak] ; Mohammed Al-Kalbani [Oman] ; Al-Anoud Al-Khatlan [Koweït] ; Mukdad Al-Khateeb [Irak] ; Hussien Al-Kisswani [Jordanie] ; Myles Allen [Royaume-Uni] ; Ismail Almadani [Bahreïn] ; Mazen Almalakawi [Jordanie] ; Mouza Al Mansouri [Émirats arabes unis] ; Dora Almassy [Hongrie] ; Reem AlMealla [Bahreïn, Royaume de] ; Khawla Al Muhannadi [Bahreïn] ; Mubarak Aman Al-Noaimi [Bahreïn] ; Savas Alpay [Turquie] ; Israa Jasim Al-Rubaye [Irak] ; Khalid Al-Rwis [Arabie saoudite] ; Yaser Al-Sharif [Jordanie] ; Omran Alshibabi [Syrie] ; Afaf Said Ali Al-Shoala [Bahreïn] ; Wasan Alaa A-Deen Mahmood Al-Tai'e [Irak] ; Shubar Ebrahim Al-Widae [Bahreïn] ; Ibrahim Al Zu'bi [Jordanie] ; Farshad Amiraslani [Iran] ; Soudabeh Amiri [Iran] ; Patila Malua Aмоса [Samoa] ; Joseph Armathé Amougou [Cameroun] ; Koffi Gautier Amoussou [Bénin] ; Martin Andriamahafehiarivo [Madagascar] ; Luciano Andriamaro [Madagascar] ; Rivoniony Andrianasolo [Madagascar] ; Maria Andrzejewska [Pologne] ; Muhammad Rehan Anis [Pakistan] ; Marina Antonopoulou [Grèce] ; Ken Anthony ; Lawrence Anukam [Nigéria] ; Chika Aoki-Suzuki [Japon] ; Chandani Appadoo [Maurice] ; Bernadette Arakwiye [États-Unis] ; Mojtaba Ardestani [Iran] ; Herto Dwi Ariesyady [Indonésie] ; Maria Teresa Armijosburneo [Royaume-Uni] ; Hyacinth Armstrong-Vaughn [Barbade] ; Luca Arnold [Suisse] ; Ousséni Arouna [Bénin] ; Awadis Arslan [Syrie] ; Gulaiym Ashakeeva [Kirghizstan] ; Hamed Assaf [Jordanie] ; Nibal Assaly [Jordanie] ; Nabegh Ghazal Asswad [Syrie] ; Fakher Aukour [Jordanie] ; Hassan Awad [Égypte] ; Katia Awajujo [États-Unis] ; Mouina Badran [Syrie] ; Marc Baeta [Espagne] ; Festus D. Kibiri Bagoora [Ouganda] ; Kenneth Bagstad [États-Unis] ; Alkiviadis F. Bais [Grèce] ; Malini Balakrishnan [Inde] ; Rajasekhar Balasubramanian [Singapour] ; Robert Baldwin [Royaume-Uni] ; Bhawna Bali [Inde] ; Samjwal Ratna Bajracharya [Népal] ; Jamal Ali Bamaileh [Arabie saoudite] ; Jayanta Bandyopadhyay ; Manjushree Banerjee [Inde] ; Abderrazak Bannari [Canada] ; Grazia Barberio [Italie] ; Francisco José Barbosa de Oliveira Filho [Brésil] ; Garfield Barnwell [Guyana] ; Ana Flávia Barros-Platau ; Edwin A. Barry [États-Unis] ; Christian Barthod [France] ; Ferdo Basic [Croatie] ; Andrea Bassi [Italie] ; Vidya Batra [Inde] ; Maarten Bavinck [Pays-Bas] ; Yannick Beaudoin [Canada] ; Sarah Bell [Grande-Bretagne [Australie] ; Jane Bemigisha [Ouganda] ; Magnus Bengtsson [Suède] ; Mirta Estela Benítez Herrera [Panama] ; Abdelaziz Benjouat [Maroc] ; Thomas Bernauer [Suisse] ; Luis Berríos-Negrón [Porto Rico] ; Suresh Bhagwant [Maurice] ; Souvik Bhattacharjya [Inde] ; Inogwabini Bila-Isia [Congo] ; Peter Koefoed Bjornsen ; Dylan Blake [Afrique du Sud] ; Gabriel Blanco [Argentine] ; Raimund Bleischwitz [Allemagne] ; Ivan Blinkov [Macédoine du Nord] ; Rizaldi Boer [Indonésie] ; Chandradeo Bokhoree [Maurice] ; Jariya Boonjawat ; Helvecia María Bonilla Delgado [Panama] ; Jared Bosire [Kenya] ; Zalia Yacouba Boubacar [Niger] ; Nouzha Bouchareb [Maroc] ; Philippe Bourdeau [Belgique] ; Kerry W. Bowman [Canada] ; Hans Brauch [Allemagne] ; Jean-Jacques Gabriel Marie Braun [France] ; Bernard Brillet [France] ; Stefan Bringezu [Allemagne] ; Ravina Brizmohun [Maurice] ; Lluis Brotons ; Bradford Brown [États-Unis] ; Carl Bruch ; Claudia Brunori [Italie] ; Neil Burgess ; Reginald Burke [Barbade] ; Monday Businge [Ouganda] ; Thomas Butler [États-Unis] ; Isabella Buttino [Italie] ; Enrico Cabras [Italie] ; Jialiang Cai [Chine] ; Edison Calderón [Équateur] ; Pedro Lando Bumba Canga [Angola] ; Anthony Capon [Nouvelle-Zélande] ; Rene Pablo Capote-Lopez [Cuba] ; Wilfredo M. Carandang ; Felipe Carazo Ortiz [Costa Rica] ; Beatriz Cárdenas ; Jose Carlos Orihuela [Colombie] ; María José Carroquino Saltó [Espagne] ; Guillermo Castro [Panama] ; Ben Cave [Royaume-Uni] ; Alexander Ceron [Colombie] ; Farid Chaaban [Liban] ; Vanda Chan Ting [Samoa] ; Alvin Chandra [Fidji] ; Hoon Chang [République de Corée] ; Vasantha Chase [Sainte-Lucie] ; Rajiv Kumar Chaturvedi [Inde] ; Deliang Chen [Suède] ; Norma Chery-Femier [Sainte-Lucie] ; Mariano Cherubini [Italie] ; Sosten Chiotha [Malawi] ; Irene G. Lungu

² Les réviseurs externes figurant sur la liste comprennent ceux qui ont révisé le rapport GEO-6 ou ont été invités à le faire.



Chipili [Zambie] ; Victoria Chomo [États-Unis] ; Nee Sun Choong Kwet Yive [Maurice] ; Liu Chuang [Chine] ; Alistair Clark [Royaume-Uni] ; Suani Coelho ; Augustin Collette ; Maria Cordeiro [Portugal] ; Dana Cordell [Australie] ; Robert (Bob) Corell [États-Unis] ; Cosmin Corendea [Roumanie] ; Maria Teresa Cornide-Hernandez [Cuba] ; Robert (Bob) Costanza [États-Unis] ; Tim Coulborn [Royaume-Uni] ; Barbara Cremaschi [Italie] ; Yiyun (Ryna) Cui ; Philippe Cullet [Suisse] ; Laura Cutaia [Italie] ; Saed Dababneh [Jordanie] ; Arthur Dahl [États-Unis/Suisse] ; Allan Dale ; Salvatore D'Angelo [Italie] ; Karine Danielyan [Arménie] ; Hy Dao [Suisse] ; Aliou Mohamed Daouda [Bénin] ; Sir Partha Dasgupta ; Lésan Etienne Florence Dassi [Bénin] ; Divya Datt [Inde] ; Liliana Dávalos ; Eric A. Davidson [États-Unis] ; John Day [États-Unis] ; Sandra De Carlo [Brésil] ; Fábio De Castro [Brésil] ; Francesca De Crescenzo [Italie] ; Sabino De Gisi [Italie] ; Roberto Bonilla De La Lastra [Panama] ; Genoveva Clara de Mahieu [Argentine] ; Carlos Alberto de Mattos Scaramuzza [Brésil] ; Tom De Meulenaer [Belgique] ; Laura De Simone Borma [Brésil] ; Elizabeth de Souza Cândido [Brésil] ; Roberto De Vogli [Italie] ; Cassandra De Young [États-Unis] ; Dimitry D Deheyn [Belgique] ; Alex Dehgan [États-Unis] ; Rosario Del C. Oberto G. [Panama] ; Getahun Demissie Gemedo [Éthiopie] ; Andriy Demydenko [Ukraine] ; Manfred Denich [Allemagne] ; Nickolai Denisov [Russie] ; Peter Denton [Canada] ; Michael Depledge [Royaume-Uni] ; Shobhakar Dhakal [Népal] ; Yakhya Aicha Diagne [Sénégal] ; Sandra Myrna Diaz [Argentine] ; Susana Beatriz Diaz [Argentine] ; Robert Didham [États-Unis] ; Yihun Dile [Éthiopie] ; Guglielmina Diolaiuti [Italie] ; Salif Diop [Sénégal] ; Rodolfo Dirzo [Mexique] ; Pierre François Djougoue [Cameroun] ; Gordana Djurovic [Serbie] ; Isaac Gcina Dladla [Swaziland] ; Edward J. Dlugokencky [États-Unis] ; Tomoko Doko [Japon] ; Kumar Dookhitram [Maurice] ; William Dougherty [États-Unis] ; Marra Dourma [Togo] ; Stephen Dovers ; Ousmane Drame [Sénégal] ; R Driejana [Indonésie] ; Paul Dumble [Royaume-Uni] ; Anton Earle [Afrique du Sud] ; Jonas Ebbesson ; Kristie L. François Edwards ; Blaise Efedene [Cameroun] ; Ehab Eid [Jordanie] ; Akram Eissa Darwich [Syrie] ; Hossam El Din Elalkamy [Égypte] ; Manal Elewah [Égypte] ; Yomn El Hamky [Égypte] ; Essam El-Hinnawi [Égypte] ; Nagwa El Karawy El Karawy [Égypte] ; Abdelfattah El Kassab [Maroc] ; Ahmed El-Kholei [Égypte] ; Lorraine Elliott ; Asim El Moghraby [Soudan] ; Kassem El Saddik [Liban] ; Amr Abdel-Aziz El-Sammak [Égypte] ; Hany Gaber El Shaer [Égypte] ; Mohamed Eltayeb [Soudan] ; Wael El Zerey [Palestine] ; Lisa Emberson [Royaume-Uni] ; Tareq Emtairah [Égypte] ; François Alwyn Engelbrecht [Afrique du Sud] ; Jonathan Ensor [Royaume-Uni] ; Mamaa Entsua-Mensah [Ghana] ; Velasco Saldana Hector Erik ; Kevin Erwin [États-Unis] ; Carlos Ariel Escudero Nuñez [Panama] ; Lima Euloge [Bénin] ; Jaén Nuñez Eustorgio [Panama] ; Olivier Evrard [Belgique] ; Joan Fabres [Espagne] ; Sunita Facknath [Maurice] ; Hilde Fagerli ; Marco Falconi [Italie] ; Amy Fallon [Royaume-Uni] ; Nadim Farajalla [Liban] ; Zilda Maria Faria Veloso [Brésil] ; Akhmad Fauzi [Indonésie] ; Benjamin Fayomi [Bénin] ; Asghar Mohammadi Fazel [Iran] ; Daniel Feldman [États-Unis] ; Fabio Feldmann ; Maurizio Ferrari [Italie] ; Beatrice Ferreira [Brésil] ; Francisco Ferreira ; Manoel Ferreira Cardoso [Brésil] ; Christian Flachsland [Allemagne] ; Martina Floerke [Allemagne] ; Arturo Flores Martinez [Mexique] ; Cheikh Fofana [Sénégal] ; Gary Foley [États-Unis] ; DDM Fonollera [Philippines] ; Jaume Fons-Esteve [Espagne] ; Patrick Forghab Mbomba [Cameroun] ; Eric Fotsing [Cameroun] ; Ulrich Franck [Allemagne] ; Niki Frantzeskaki [Grèce] ; Naoya Furuta [Japon] ; Françoise Gaill [France] ; Samia Galal [Égypte] ; Elsa Patricia Galarza Contreras [Pérou] ; François Galgani [France] ; Easter Catherine Galuvao [Samoa] ; Edson Gandiwa [Zimbabwe] ; Nadezhda Gaponenko [Russie] ; Jennifer Garard [Canada] ; Dida Gardera [Indonésie] ; Luca Garibaldi [Italie] ; Hathairatana Garivait ; Jean-Marc Garreau [France] ; Domenico Gaudioso [Italie] ; Jose Marcelo Gaviño Novillo [Argentine] ; Chazhong Ge [Chine] ; Louis Géli [France] ; Ibrahim Abdel Gelil [Égypte] ; Giorgos Georgiadis [Grèce] ; Nesreen Ghaddar [Liban] ; Nadia Abdul Ghaffar [Arabie saoudite] ; Razieh Ghayoumi [Iran] ; Shahina Ghazanfar [Royaume-Uni] ; Fereidoon Ghazban [Iran] ; Kidane Giday Gebremedhin [Éthiopie] ; Vladimir Gil Ramon [Pérou] ; Aidan Gilligan [Irlande] ; Hector Ginzo [Argentine] ; Naituli Gitile

[Kenya] ; Jane Glavan [Canada] ; Biljana Gligoric [Serbie et Monténégro] ; Kissao Gnandi [Togo] ; William Godfrey [États-Unis] ; Khatuna Gogaladze [Géorgie] ; Jose Gómez [Espagne] ; Carlos Gómez [Panama] ; Rosario Gómez [Pérou] ; Tania Merino Gómez [Cuba] ; Paulo Rogério Gonçalves [Brésil] ; Andy Gonzalez ; Rianna Gonzales [Trinité-et-Tobago] ; Chris Gordon ; Alexander Gorobets [Ukraine] ; Zhou Goumei [Chine] ; Edwin Grandcourt [Royaume-Uni] ; Gilles Grandjean [France] ; Marco Grasso [Italie] ; Julie Greenwalt [États-Unis] ; Christophe Grenier [France] ; Renáta Grófová [Slovaquie] ; Sergey Gromov [Russie] ; Cisse Gueladio [Côte d'Ivoire] ; Katharina Gugerell [Autriche] ; Richard Guldin [États-Unis] ; Jing Guo [Chine] ; Eshita Gupta [Inde] ; Joyeeta Gupta [Pays-Bas] ; Jeannette Denholm Gurung [États-Unis et Royaume-Uni] ; David I. Gustafson [États-Unis] ; Ayma Abou Hadid [Égypte] ; Joanna Haigh [Royaume-Uni] ; Muki Haklay [Israël] ; Catherine Hallmich [Canada] ; David Halpern [États-Unis] ; Shadi Hamadeh [Liban] ; Muhammad Hamed [Jordanie] ; Garba Hamissou [Niger] ; Waleed Hamza ; Quentin Hanich ; Muhammad Hanif [Pakistan] ; James Hansen [États-Unis] ; Rikke Munk Hansen [Danemark] ; Fahad Hareb [Émirats arabes unis] ; Khaled Allam Harhash [Égypte] ; Stuart L. Hart [États-Unis] ; Kristopher Hartley ; Chris Hartnady [Afrique du Sud] ; Muhammed Zia Ur Rahman Hashmi [Pakistan] ; Amna Ibrahim Hassan [Soudan] ; Rashed Abdul Karim Hassan [Bahrein] ; Tareq Ahmed Abdo Hassan [Yémen] ; Imad Hassoun [Syrie] ; Christophe Häuser [Allemagne] ; Marcus Haward ; Charlie Heaps [États-Unis] ; Lisa Hebbelmann [Afrique du Sud] ; Anhar Hegazi [Égypte] ; Gabriele Clarissa Hegerl [Royaume-Uni] ; Sherry Heileman [Trinité-et-Tobago] ; Alan Hemmings ; Yves Henocque [France] ; Sunil Herath [Australie] ; Gladys Hernandez-Pedraza [Cuba] ; Jeffrey Herrick ; Mark Hibberd ; Kevin Hicks [Royaume-Uni] ; Ivonne Higuero [Panama] ; Colin D. Hills [Royaume-Uni] ; Denise Hills [Brésil] ; Alistair Hobday ; Ove Hoegh-Guldberg ; Holger Hoff [Allemagne] ; Ron N. Hoffer [États-Unis] ; Niklas Höhne [Allemagne] ; Jose Holguin-Veras [Costa Rica] ; Katherine Homewood [Royaume-Uni] ; Yasuhiko Hotta [Japon] ; Christophe Sègbè Houssou [Bénin] ; Solomon Hsiang [États-Unis] ; Jinhui Jeanne Huang [Canada] ; Marc Hufty [Suisse] ; Carol Hunsberger [Canada] ; Nataliia Husieva [Ukraine] ; Raja Imran Hussain [Autriche] ; Malaki Iakopo [Samoa] ; Karen Hussey ; Anastasiya Idrisova [Tadjikistan] ; Taema Imo-Seuoti [Samoa] ; David Inouye [États-Unis] ; Leilani Duffy Iosefa [Samoa] ; Roger Noel Iroume [Cameroun] ; Douglas Irwin ; Abdullaev Iskandar ; Toko Imorou Ismaila [Bénin] ; Yuyun Ismawati [Indonésie] ; Mirjana Ivanov [Monténégro] ; Maria Ivanova [Bulgarie] ; Gokul Iyer ; Richard J. T. Klein ; Rima Jabado [Canada] ; Tronczynski Jacek [France] ; Mark Z. Kucibson [États-Unis] ; Joy Jadam [Liban] ; Anita James [Sainte-Lucie] ; Chubamenla Jamir [Inde] ; Sadik Bakir Jawad [Irak] ; Ljubomir Jeftic [Croatie] ; Seongwoo Jeon [République de Corée] ; Kejun Jiang [Chine] ; Zhigang Jiang [Chine] ; Prisca Roselyne Sènam Jimaja [Bénin] ; Luz Adriana Jimenez [Colombie] ; Refiloe Joala [Afrique du Sud] ; Lyndon John [Sainte-Lucie] ; Francis Johnson [États-Unis] ; Alirou Yedidia Jonas [Nigéria] ; Julia Jones ; Richard Jordan [États-Unis] ; Omar Jouzdan [Syrie] ; Kupiainen Kaarle ; Pavel Kabat ; Adel Abdel Kader [Égypte] ; Thoko Kaime [Royaume-Uni] ; Sankwe Michael Kambole [Zambie] ; Anurag Kandya [Inde] ; Paula Kankaanpää [Finlande] ; Shilpi Kapur [Inde] ; Ghada Kassab [Jordanie] ; Bronwyn Keatley [Canada] ; Bibi Nasreen Khadun [Maurice] ; Talib Khalaf [Irak] ; Ahmed Khaled Mostafa Abdel Wahid [Égypte] ; Ziad Khalifa [Égypte] ; Ahmed Khalil [Soudan] ; Shaker Khamdan [Bahrein] ; Ahmed S. Khan [Canada et Sierra Leone] ; Azmat Hayat Khan [Pakistan] ; Muhammad Ajmal Khan ; Imad Khatib [Jordanie] ; Sayed Khalil Khattari [Jordanie] ; Charles Kihampa [Tanzanie] ; Jeong In Kim [République de Corée] ; Danielson Kisanga [Tanzanie] ; Leo Klasinc [Croatie] ; Carlos Augusto Klink [Brésil] ; Zoran Kljajic [Monténégro] ; Stefan Knights [Guyana] ; John Knox ; Reto Knutti [Suisse] ; Lijia Dóra Kolbeinsdóttir [Islande] ; Richard Kock [Royaume-Uni] ; Marcel Kok [Pays-Bas] ; Souleymane Konate [Côte d'Ivoire] ; Peter Kouwenhoven [Pays-Bas] ; Martin Kowarsch [Allemagne] ; Nawarat Krairapanond [Thaïlande] ; Tom Kram [Pays-Bas] ; Pavel V. Krasilnikov [Russie] ; Prabhakar Sivapuram Venkata Rama Krishna [Inde] ; Indu Krishnamurthy [Inde] ; Jürgen P. Kropp [Allemagne] ; Nina Kruglikova



[Russie] ; Ida Kubiszewski [États-Unis] ; Michael Kuhndt [Allemagne] ; Tiina Kurvits [Canada] ; Sigrid Kusch [Allemagne] ; Johan Kyulienstierna [Suède] ; Hammou Laamrani [Maroc] ; Jean-Philippe Lagrange [France] ; Elton Laisi [Malawi] ; Annamaria Lammel [France] ; Johan Larsson [Suède] ; Jonatan Lassa ; Márton László [Hongrie] ; Mojib Latif [Allemagne] ; Edwin Laurent [Sainte-Lucie] ; Roberto Lava [Italie] ; Kai Po Jenny Law [Chine] ; Yoon Lee [République de Corée] ; Enrique Lendo Fuentes [Mexique] ; Louis Lengrendre [Canada] ; Cuauhtemoc Leon [Mexique] ; Vanessa Leonardi [Italie] ; David Lesolle [Botswana] ; Marc Levy [États-Unis] ; Xia Li [Chine] ; Mweemba Liberty ; Hanlie Liebenberg-Enslin ; Zuzana Lieskovská [Slovaquie] ; Willem Ligtvoet [Pays-Bas] ; Bundit Limmeechokchai [Thaïlande] ; Rosilena Lindo [Panama] ; Mark Little [États-Unis] ; Yu Liya E [Singapour] ; Josep Enric Liebot [Espagne] ; Ivana Logar [Croatie] ; Francesco Loro [Italie] ; Andreas Löschel [Allemagne] ; Heila Lotz-Sisitka [Afrique du Sud] ; Ronald Loughland [Australie] ; Gordon Lovegrove [Canada] ; Naglaa M. Loufty [Égypte] ; L. Hunter Lovins [États-Unis] ; Shengji Luan [Chine] ; Jesada Luangjame ; André Lucena [Brésil] ; Shuaib Lwasa [Ouganda] ; Patricia Maccagno [Argentine] ; Mary MacDonald [Canada] ; Georgina Mace ; Masego Madzwamuse [Afrique du Sud] ; Clever Mafuta [Zimbabwe] ; Flora John Magige [Tanzanie] ; Robin Mahon [Barbade] ; Juliette Maitre [France] ; Nada Majdalani [Palestine] ; Anna Makarova [Russie] ; Majid Makhdom [Iran] ; Reza Maknoon [Iran] ; Malayang III [Philippines] ; Sri Ramachandra Murthy Manchiraju [Inde] ; Makoala Marake [Lesotho] ; Ney Maranhão [Brésil] ; Wabi Marcos [Béning] ; Sergio Margulis [Brésil] ; Adama Mariko [Mali] ; Marina Markovic [Monténégro] ; Prasad Modak [Inde] ; Eric Martin [France] ; Miguel Martinez [Guatemala] ; Maria Amparo Martinez Arroyo [Mexique] ; Olena Maslyukivska [Ukraine] ; Mohammed Masnavi [Iran] ; Rania Masri [Liban] ; Vlado Matevski [Macédoine du Nord] ; Jörg Matschullat [Allemagne] ; Vedast Max Makota [Tanzanie] ; Simone Maynard [Australie] ; Hermann Désiré Mbouobda [Cameroun] ; Kezia Mwanga Mbwambo ; Patrick Adrian McConney [Barbade] ; Bruce McCormack [Afrique du Sud] ; Michael McGrady [États-Unis] ; Liana Mcmanus ; Victor Makarius Mdemu [Tanzanie] ; Shahbaz Mehmood [Pakistan] ; Antonio Augusto Melo Malard [Brésil] ; Graciela Metternicht [Argentine] ; Karina Miglioranza [Argentine] ; Piotr Mikolajczyk [Pologne] ; Richard Mills ; Ziad Mimi [Jordanie] ; Emmanuel Charles Mkomwa [Malawi] ; Jennifer Mohamed-Katerere [Zimbabwe] ; Tšepo Mokuku [Lesotho] ; Luisa T. Molina ; Giuseppina Montanari [Italie] ; Lourenço Monteiro de Jesus [Sao Tomé et Príncipe] ; Iliana Monterroso [Guatemala] ; Felipe Montoya-Greenheck [Costa Rica] ; Adam Moolna [Royaume-Uni] ; Claudio Morana [Italie] ; Ana Rosa Moreno [Mexique] ; Tiffany Morrison ; Ozore Mossana [République centrafricaine] ; Pargol Ghavam Mostafavi [Iran] ; Stanley Mubako [Zimbabwe] ; Ackmez Mudhoo [Maurice] ; Prisca Mugabe [Zimbabwe] ; Ijaz Muhammad [Pakistan] ; Arif Goheer Muhammad [Pakistan] ; Dusko Mukaetov [Macédoine du Nord] ; Rupa Mukerji ; Yacob Mulugetta ; Olegario Pablo Muniz-Ugarte [Cuba] ; Kevi Murphy [États-Unis] ; Radhika Murti [Fidji] ; Josephine Kaviti Musango [Kenya] ; Patience Mutopo [Zimbabwe] ; Iyngararasan Mylvakanam ; Nora Mzavanadze [Lituanie] ; Etien N'Dah [Côte d'Ivoire] ; Mohamed Nabil Chalabi [Syrie] ; Cuthbert L. Nahonyo [Tanzanie] ; M P Sukumaran Nair [Inde] ; Adil Najam ; Evelyn Namubiru-Mwaura [Kenya] ; Stephen Nanthambwe [Malawi] ; Humood Abdulla Naser [Bahreïn] ; Nabil Z. Nasr [États-Unis] ; Shahida Nasreen Zakir [Pakistan] ; Nabil Nassif [Égypte] ; Nilwala Nayananda [Sri Lanka] ; Mzime Ndebele-Murisa [Zimbabwe] ; Admirez Ndhlovu [Zimbabwe] ; Ousmane Ndiaye [Sénégal] ; Jacques André Ndione [Sénégal] ; Cécile Ndjebet [Cameroun] ; Nakicenovic Nebojsa ; Filomena Nelson [Samoa] ; Robin L. Newmark [États-Unis] ; Robert Njilla Mengnjo Ngalem [Cameroun] ; Martha Raymond Ngalowera [Tanzanie] ; Tatiana Ngougoum Nana [Cameroun] ; Édouard Kouakou N'guessan [Côte d'Ivoire] ; Thang Nguyen Trung [Vietnam] ; Lars Nordberg ; Barbara Ntombi Ngwenya [Botswana] ; Kimberly Nicholas [États-Unis] ; Mark Nieuwenhuijsen [Pays-Bas] ; Maeve Nightingale [Royaume-Uni] ; Geert-Jan Nijsten [Pays-Bas] ; Ian Noble ; William Nordhaus ; Pascal Ntahompagaze [Burundi] ; Ernst-August Nuppenau [Allemagne] ; Dieudonné Nwaga [Cameroun] ; Julius William Nyahongo

[Tanzanie] ; Kamwenje Nyalugwe [Zambie] ; Deogratius Paul Nyangu [Tanzanie] ; Douglas Nychka [États-Unis] ; Tarcisus Nyobe [Cameroun] ; Nguyen Thi Kim Oanh [Vietnam] ; Joseph O'Brien [États-Unis] ; Kenneth Ochoa [Colombie] ; Karen T. Odhiambo [Kenya] ; Washington Odongo Ochola [Kenya] ; Patrick O'Farrell ; Ibrahim Oanda Ogachi [Kenya] ; Philip Gbenro Oguntunde [Nigéria] ; Krzysztof Olendrzynski ; Lennart Olsson [Suède] ; Alice Oluokodongo [Kenya] ; Jean Pierre H.B. Ometto [Brésil] ; Jean Michel Onana [Cameroun] ; Choon Nam Ong [Singapour] ; James J. Orbinski [Canada] ; Alexander Orlov [Royaume-Uni] ; Jean-Nicolas Ormsby [France] ; Isis Karinna Alvarez Ortiz [Colombie] ; Ahmad Osman [Liban] ; Eugene Otaigbe Itua [Nigéria] ; Yasser Othman [Égypte] ; Dorcas Otieno [Kenya] ; Begüm Ozkaynak [Turquie] ; Jon Padgham [États-Unis] ; Emilio Padoa-Schioppa [Italie] ; Amber Pairis [États-Unis] ; Jean Palutikof ; Arnico K Panday [Népal] ; Ruchi Pant [Inde] ; Samuel Pare [Burkina Faso] ; Kwang Kook Park [République de Corée] ; Kemraj Parsram [Guyana] ; Trista Patterson [États-Unis] ; Jose Paula [Portugal] ; Gunter Pauli [Belgique] ; Rosália Marta Pedro [Mozambique] ; Tony Penikett [Canada] ; Renat Perelet [Russie] ; Nicolas Peritaz [Suisse] ; Linn Persson [Suède] ; Marcello Petitta [Italie] ; Rohan Pett Pethiyagoda [Australie] ; Freddy Picado Trana [Nicaragua] ; Stefano Picchi [Italie] ; Ramon Pichs-Madruga [Cuba] ; Kate Pickett [Royaume-Uni] ; Michael D. Pido [Philippines] ; Kevin Pietersen [Afrique du Sud] ; Patrícia Pinheiro Beck Eichler [Brésil] ; László Pintér [Hongrie] ; Gilles Pipien [France] ; Were Pitala [Togo] ; Andrius Plepys [Lituanie] ; Jan Plesnik [République tchèque] ; Erika Podest ; Katherine Pond [Royaume-Uni] ; Siwatt Pongpiachan [Thaïlande] ; Daniele Ponzì [Italie] ; Felix Preston [Royaume-Uni] ; Emilia Noel Ptak [Danemark] ; Muhammad Qasim [Pakistan] ; Florian Rabitz ; Kareff Rafisura [Philippines] ; Kristin Vala Ragnarsdóttir [Islande] ; David Anthony Raitzer [États-Unis] ; Jean Roger Rakotoarijaona [Madagascar] ; Elyse Odon Rakotonirainy [Madagascar] ; Frederic Joel Ramarolahivonjitia [Madagascar] ; Paul Randrianarisoa [Madagascar] ; Mohamed Abdel Raouf [Égypte] ; Adel Abdul Rasheed ; Harunur Rashid [Bangladesh] ; Yousef Rashidi [Iran] ; Anne Rasmussen [Samoa] ; Jacques Rasoanaina [Madagascar] ; Valentina Rastelli [Italie] ; Jerry Ratsimandresy [Madagascar] ; Akkihebbal Ramaiah Ravishankara [États-Unis] ; Brian K. Ray [Canada] ; Hanitriiniaina Razafindramboa [Madagascar] ; Keith Reid [Australie] ; Françoise Breton Renard [Espagne] ; Yuri Resnichenko [Uruguay] ; Lorena Aguilar Revelo [Costa Rica] ; Markus Reuter [Allemagne] ; Frances Brown Reupena [Samoa] ; Keywan Riahi ; Kornelius Riemann [Allemagne] ; Ntep Rigobert [Cameroun] ; Sandy Rikoon [États-Unis] ; Callum Roberts ; Debra Roberts [Afrique du Sud] ; Johan Rockström ; Jose Manuel Mateo Rodriguez [Cuba] ; Cesar Edgardo Rodriguez Ortega [Mexique] ; Jenny Roe [Royaume-Uni] ; Dilys Roe ; Dannelly Romano [République dominicaine] ; Jaime Romero [Colombie] ; Espen Ronnenberg [Norvège] ; Marina Rosales Benites [Pérou] ; Antoni Rosell Melé [Espagne] ; Cynthia Rosenzweig ; Jean Rosete ; Ariana Rossen [Argentine] ; Laurence Rouil ; Ximena Rueda Fajardo ; Romano Ruggeri [Italie] ; Blanca Ruiz Franco [Espagne] ; Ernest Rukangira [Rwanda] ; Markku Rummukainen [Finlande] ; Federico Sabetta [Italie] ; Hounada Sadat [Syrie] ; David Saddington [Royaume-Uni] ; Tarek Mohie El-Din Sadek [Égypte] ; Abdul-Karim Sadik [Koweït] ; Edwin Safari [Iran] ; Donna-May Sakura-Lemessy [Trinité-et-Tobago] ; Hilmi Salem [Palestine] ; Samira Omar Salem [Koweït] ; Jon Samseth [Norvège] ; Sergio Sánchez ; Roberto Sánchez-Rodríguez [Mexique] ; Komla Sanda [Togo] ; Simone Sandholz [Allemagne] ; Roberto San Jose ; Salieu Kabbah Sankoh [Sierra Leone] ; Shilpanjali Deshpande Sarma [Inde] ; Makiko Sato [États-Unis] ; Elsa Sattout [Liban] ; Geofrey B. Saxe ; Roberto Schaeffer ; Rüdiger Markus Holger Schaldach [Allemagne] ; Pedro Manuel Scheel Monteiro [Afrique du Sud] ; Michael Schlesinger [États-Unis] ; Alexander J. Schmidt [Allemagne] ; Andreas Schmittner [États-Unis] ; Laura Schneider ; Thomas Schneider von Deimling [Allemagne] ; Roland Scholz [Suisse] ; Tina Schoolmeester [Belgique] ; Dieter Schwela [Allemagne] ; William Scott ; Jamilla Sealy [Barbade] ; Sedigheh Sedigheh [Iran] ; Gita Sen [Inde] ; Kanyinke Sena [Kenya] ; Sonia I. Seneviratne [Suisse] ; Mazen M. Senjab [Syrie] ; Daniel Sertvije [Royaume-Uni] ; Sunny Seuseu



[Samoa et Nouvelle-Zélande]; Ali Seydou Moussa [Niger]; Kalim Shah [Trinité-et-Tobago]; Jeremy D. Shakun [États-Unis]; Merab Sharabidze [Géorgie]; Constantine Shayo [Tanzanie]; Charles Sheppard [Royaume-Uni]; Mohamed Yasser Sherif [Égypte]; John Shilling [États-Unis]; Binaya Raj Shivakoti [Népal]; Arun Bhaka Shrestha [Népal]; Abdou Salami Amadou Siako [Bénin]; Susana Siar [Philippines]; Fethi Silajdzic [Bosnie-Herzégovine]; Riziki Silas Shemdoe [Tanzanie]; Óscar F. Silvarcampos [Pérou]; Alan Simcock; Ramesh P. Singh [Inde]; Sunita Singh [Inde]; Amrikha Singh [Guyana]; Asha Singh [Guyana]; Nigel Sizer [Royaume-Uni]; Posa A. Skelton [Samoa]; Risa Smith [Canada]; Lars Tov Søftestad [Norvège]; Santiago Solda [Argentine]; Anama Solofa [Samoa]; Pamela Soltis; Andrea Sonnino [Italie]; Viriato Soromenho-Marques [Portugal]; Edmond Sossoukpe [Bénin]; Doris Soto [Chili]; Jeffrey Soule [États-Unis]; Aboubacar Souley [Niger]; Ousmane Sow [Sénégal]; Clive Spash [Autriche]; Olga Speranskaya [Russie]; Simon Spooner [Royaume-Uni]; Mark Stafford Smith; Trajce Staflov [Macédoine du Nord]; Julia A. Stegemann [Canada]; Martin Steinbacher [Allemagne]; Rolf Steinhilper [Allemagne]; PJ Stephenson [Royaume-Uni]; Wendy Stephenson [Royaume-Uni]; Josephine Stowers Fiu [Samoa]; Nina Stoyanova [Bulgarie]; Tapa Suaesi [Samoa]; Avelino Suarez-Rodriguez [Cuba]; Laura Suazo [Honduras]; Parita Sureshchandrashah [Kenya]; Enid J. Sullivan Graham [États-Unis]; Riad Sultan [Maurice]; Vanisa F. Surapipith [Thaïlande]; Lawrence Surendra [Inde]; Dinesh Surroop [Maurice]; William J. Sutherland; Chakkaphan Sutthirath [Thaïlande]; Paul Sutton [États-Unis]; Darren Swanson [Canada]; Mark Swilling; Ian R. Swingland [Royaume-Uni]; Marc Sydnor [États-Unis]; Mouhamadou Bamba Sylla [Burkina Faso]; Elemér Szabo [Hongrie]; John Robert Stephen Tabuti [Ouganda]; Hippolyte Tapamo [Cameroun]; Jaume Targa [Espagne]; Vikash Tatayah [Maurice]; Azadeh Tavakoli [Iran]; Mohamed Tawfic Ahmed; Eglene Tawuya [Zimbabwe]; Anders Telenius [Suède]; Agossou Brice Hugues Tente [Bénin]; Anyai Thomas [Trinité-et-Tobago]; Wilfried Thuiller; Donatha Damian Tibuhwa [Tanzanie]; Virginie Tilot [France]; Mulipola Tainau Ausetalia Titimaea [Samoa]; Eisaku Toda [Japon]; Amir Tolouei [Iran]; Javier Tomasella [Argentine]; Elham Tomeh [Syrie]; Masui Toshihiko [Japon]; Tibor Tóth [Hongrie]; Yongyut Trisurat [Thaïlande]; George Tsolakis [Grèce]; Joy Tukahirwa [Ouganda]; Arnold Tukker [Pays-Bas]; Bishunarine Tulsie [Sainte-Lucie]; Leonardo Tunesi [Italie]; Carol Turley [Royaume-Uni]; Gemedo Dalle Tussie [Éthiopie]; Hector Tuy [Guatemala]; Natalie Unterstell [Brésil]; Haman Unusa [Cameroun]; Nathan M. Urban [États-Unis]; Diana Urge-Vorsatz [Hongrie]; Sybille van den Hove [Belgique]; Emma Archer van Garderen [Afrique du Sud]; Eric van Praag [Venezuela]; Nguyen Van Thuy [Vietnam]; Marco Vattano [Italie]; Karen Vella; Joberto Veloso de Freitas [Brésil]; Joost Vervoort [Pays-Bas]; Sonja Vidic; Petteri Vihervaara [Finlande]; Joanna Vince; Johannes Vogel [Allemagne]; John Vogler; Graham von Maltitz [Afrique du Sud]; Vladimir Vulic [Monténégro]; Nikola Vulic [Monténégro]; Mathis Wackernagel [Suisse]; Takako Wakiyama [Japon]; Fei Wang [Chine]; Supat Wangwongwatana; Mostafa Warith [Canada]; Robin Warner; Meriel Watts; Kenneth Webster [Royaume-Uni]; Rathnadeera Weddikara Kankanamge [Sri Lanka]; Judith Weis [États-Unis]; Kadmiel Wekwete [Zimbabwe]; Chris West [Royaume-Uni]; James West [Australie]; Henk Westhoek [Pays-Bas]; Florian Wetzel [Allemagne]; Daniel R. Wildcat [États-Unis]; Richard Wilkinson [Royaume-Uni]; Meryl J Williams; John R.A. Wilson [Barbade]; Simon Wilson [Royaume-Uni]; Nicholas Winfield [Canada]; Ron Witt [États-Unis]; Poh Poh Wong [Singapour]; Jeremy Woods; Lukasz Wyrowski [Pologne]; Ran Xie [Chine]; Ibouaïma Yabi [Bénin]; Salissou Yahouza [Niger]; Changrong Yan [Chine]; Naama Raz Yaseef [Israël]; Bullat Yessekin [Kazakhstan]; Emmanuel Dieudonné Kam Yogo [Cameroun]; Anthony Young [Canada]; Abourabi Youssa [Maroc]; Liya Yu [Taiwan]; Sha Yu [Chine]; Yuqing Yu [Chine]; Abduljalil M. Zainal [Bahreïn]; Bushra M. Zalloom [Jordanie]; Pandi Zdruli [Albanie]; Irina Safitri Zen [Malaisie]; Saltanat Zhakenova [Kazakhstan]; Frank Zimmerman [Allemagne]; Siphamandla Zondi [Afrique du Sud]; Waleed Zubari [Bahreïn]; Claudio Zucca [Italie]; Rami Zurayk [Liban]; Eric Zusman.

Réviseurs intergouvernementaux

Janine van Aalst [Pays-Bas]; Mohammed Abdelraouf; Aisha Al Abdooli [Émirats arabes unis]; G.A.U.P. Abeypala [Sri Lanka]; Fábio Abreu [Brésil]; Mary Beth Adams [États-Unis]; Henry A. Adornado [Philippines]; Wills Agricole [Seychelles]; Aji Awa Kaira [Gambie]; Jasim Ali Al-Amaadi [Qatar]; Gustavo Induni Alfaro [Costa Rica]; Gudi Alkemade [Pays-Bas]; Ahmed Falah Al-Remithi [Qatar]; Travis Ancelet [Nouvelle-Zélande]; Mojtaba Ardestani [Iran]; Robert Argent [Australie]; K. Arulananthan [Sri Lanka]; A.M.A.S. Attanayake [Sri Lanka]; Miak Aw [Singapour]; Fátima Azevedo [Portugal]; Stephanie Baclin [Belgique]; Julio Cesar Baena [Brésil]; Bhumika Bakshi [Canada]; Nyada Yoba Baldeh [Gambie]; Felipe Barbosa [Brésil]; Nathan Bartlett [Australie]; Viviane Bartlett [Canada]; Julian Bauer [partie prenante]; Elias Begnini [Brésil]; Thijs van den Berg [Pays-Bas]; Carmen Terry Berro [Cuba]; Brianna Besch [États-Unis]; Medani P. Bhandari [partie prenante]; Meena Bilgi [Inde]; Patrick Newton Bondo [partie prenante]; Deborah Bossio; Valerie Brachya [Israël]; Francis Brancart [Belgique]; Ben ten Brink [Pays-Bas]; Vitória Adail Brito [Brésil]; Hermien Busschbach [Pays-Bas]; João Batista Drummond Câmara [Brésil]; Odalys C. Goicochea Cardoso [Cuba]; Dr Edin J. Castellanos [Guatemala]; Yan Changrong [Chine]; Ge Chazhong [Chine]; Marion Cheatle [partie prenante]; Nino Chikovani [Géorgie]; Ga Youn Cho [République de Corée]; Wacharee Chuaysri [Thaïlande]; Lorenzo Ciccarese [Italie]; Fernando E. L. de S. Coimbra [Brésil]; Marine Collignon [France]; Sarah R. Cooley [partie prenante]; María Verónica Cordova [Équateur]; Sylvie Côté [Canada]; Carlos Alberto Coury [Brésil]; Zeljko Crnojevic [Croatie]; Li Daoji [Chine]; Samir Kaumar Das [partie prenante]; Jeff Davis [Canada]; Alain Decomarmond [Seychelles]; Paul Deogratius [Tanzanie]; Jonathan Derham [Irlande]; Brigitte Dessing-Peerbooms [Pays-Bas]; Alvaro Aguilar Díaz [Costa Rica]; Ana Lúcia Lima Barros Dolabella [Brésil]; Jiang Dong [Chine]; Ariuntuya Dorjsuren [Mongolie]; Aljosa Duplic [Croatie]; Ralalaharisoa Christine Edmee [Madagascar]; Efransjah [Indonésie]; Arthur Eijs [Pays-Bas]; Pedro Faria [partie prenante]; Parvin Farshchi [Iran]; Daniel Favrat [Suisse]; Asghar Mohammadi Fazel [Iran]; Wang Fei [Chine]; George Porto Ferreira [Brésil]; MA. Lourdes G. Ferrer [Philippines]; Liz Fox-Tucker [Royaume-Uni]; Blanca Ruiz Franco [Espagne]; Keondra Freemyn [partie prenante]; Meredith Fry [États-Unis]; Marcus André Fuckner [Brésil]; Lourdes Coya de la Fuente [Cuba]; Janet Gamble [États-Unis]; Sylla Sékou Gaoussou; Mirela Garaventa [Brésil]; Garcia [Pérou]; Réka Gaul [Hongrie]; Réka Orsolya Gaul [Hongrie]; Zita Geller [Hongrie]; Jennifer Gleed [partie prenante]; Geraldo Sandoval Góes [Brésil]; Nino Gokheshvili [Géorgie]; Elise Golan [États-Unis]; Verónica Gordillo [Équateur]; A.J.M. Gunasekera [Sri Lanka]; Zhou Guomei [Chine]; Gillian Guthrie [Jamaïque]; Aysun Demet Güvendiren [Turquie]; Hayo Haanstra [Pays-Bas]; Mohamed Salem Hamouda [Libye]; Dai Hancheng [Chine]; David Hanrahan [partie prenante]; Katalin Hargitai [Hongrie]; Radhiya Al Hashimi [partie prenante]; Hasnawir [Indonésie]; Chris Heartley [États-Unis]; Guadalupe Heras [Équateur]; Francisco Heras Hernández [Espagne]; Astrid Hilgers [Pays-Bas]; Elizabeth Hess [Canada]; Vincent V. Hilomen; John van Himbergen [Pays-Bas]; Keri Holland [États-Unis]; Sung Chul Hong [République de Corée]; Wang Hongtao [Chine]; Soonwhan Hwang [République de Corée]; Sang-il Hwang [République de Corée]; Mohamed Abdi Ibrahim [Qatar]; Caroline Icaza [Équateur]; Mork-Knutsen Ingeborg [Norvège]; Adriana Jácome [Équateur]; Darren Janzen [Canada]; Ehssan A. Jasim [Irak]; Maia Javakhishvili [Géorgie]; Kulasekara Jayantha [Sri Lanka]; S.M.D.P. Anura Jayatilake [Sri Lanka]; D.S. Jayaweera [Sri Lanka]; Liu Jianguo [Chine]; Xu Jianhua [Chine]; Zhang Jieqing [Chine]; Jaime Camps Saiz Junior [Brésil]; Claudia Kabel [Allemagne]; Bangoura Abdel Kader; Shurooq Saad Kasim [Irak]; Patrick Kavanagh [Nouvelle-Zélande]; Melih Kayal [Turquie]; Julio Thadeu da Silva Kettelhut [Brésil]; Kevin Khng [Singapour]; Joe Kiesecker; Francis Kihumba [Kenya]; R.P.P. Kjayasinghe [Sri Lanka]; Andrew Klekociuk [Australie]; Suranga Kodithuwkku [Sri Lanka]; Lamin Komma [Gambie]; Tom Kompier [Pays-Bas]; Sasha Koo-Oshima [États-Unis]; Rene Korenromp [Pays-Bas]; Nataša Kova [Slovenie]; Jasna



Kufrin [Croatie]; Lei Kun [Chine]; Budi Kurniawan [Indonésie]; Felipe Rodrigo Cortes Labra [Chili]; T.J. Lah [République de Corée]; David Lapp [Canada]; Henrik Larsson [Suède]; Sang Hee Lee [République de Corée]; Byoungyoon Lee [République de Corée]; George Leonard [partie prenante]; Tampushi Leonard [Kenya]; Ruomei Li [Chine]; Ephraim Leibtag [États-Unis]; Régis Pinto de Lima [Brésil]; Martin Lok [Pays-Bas]; Ulises Lovera [partie prenante]; Cecilia Loya [Portugal]; Gabriel Henrique Lui [Brésil]; Carol L. MacCurdy [États-Unis]; Vincent Madadi [Kenya]; Jaqueline Leal Madruga [Brésil]; Salomar Mafaldo [Brésil]; Salomar Mafaldo [Brésil]; Mahfudz [Indonésie]; Enikő Zita Majoros [Hongrie]; Mariam Makarova [Géorgie]; Ghulam Mohd Malikyar [Afghanistan]; Anna Mampye [Afrique du Sud]; Kätlin Mandel [Estonie]; Cai Mantang [Chine]; Molnárné Galambos Mária [Hongrie]; Caitrin Martin [États-Unis]; Jock Martin; Magaly Torres Martínez [Cuba]; John Matuszak [États-Unis]; Susannah Mayhew [partie prenante]; Andrew McCarty [partie prenante]; Rob McDonald; Noe Megrelishvili [Géorgie]; Hans Meijer [Pays-Bas]; Agustín Gómez Méndez [Costa Rica]; Dan Metcalfe [Australie]; Onana Jean Michael [Cameroun]; Andjelka Mihajlov [partie prenante]; Jason Minor [Canada]; Abhay Sagar Minz [partie prenante]; Antônio Calazans Reis Miranda [Brésil]; Andrés Mogro [Équateur]; Philip More [États-Unis]; Cristóbal Díaz Morejón [Cuba]; Emilio Canda Moreno [Espagne]; Helen Murphy [Australie]; Patricia Murphy [États-Unis]; Richard Mwendandu [Kenya]; Ashley Nelson [États-Unis]; Martha Ngalowera [Tanzanie]; Lucy Nganga [Kenya]; Wu Ning [Chine]; Robert Njilla [partie prenante]; Dr. Saad Al Numairi [Émirats arabes unis]; Erica L. Nunez [États-Unis]; Engr Hubert Ibezim Nwobi [Nigéria]; Stephen Mutuku Nzika [Kenya]; Pacifica Ogola [Kenya]; Kahraman Oğuz [Turquie]; Mirian de Oliveira [Brésil]; Kennedy Ondimu [Kenya]; Alexander R. O'Neill [États-Unis]; Segundo Onofa [Équateur]; Laivao Orner [Madagascar]; Peter O. Otieno [Kenya]; Mark Overman [Pays-Bas]; Osman Özdemir [Turquie]; Sule Ozkal [Turquie]; Gloria Gómez Pais [Cuba]; Nirmalie Pallewatta [Sri Lanka]; Toral Patel-Weynand [États-Unis]; Rungnapar Pattanavibool [Thaïlande]; Lakshman Peiris [Sri Lanka]; Athula Perera [Sri Lanka]; Nicholas Perritaz [Suisse]; Stephen Stec J.D.M. Phil [partie prenante]; Yadira Pilco [Équateur]; Anita Pirc-Velkavrh [Agence européenne pour l'environnement]; Anabelle Rosalina E. Plantilla [Bureau de gestion de la biodiversité]; Lukas Pokorny [République tchèque]; Sharon Polishuk [Australie]; Tereza Ponocna [République tchèque]; Hugh Possingham [The Nature Conservancy]; B.H.J. Premathilaka [Sri Lanka]; Luciana Melchert Saguas Presas [Brésil]; Christopher Prins [États-Unis]; Justin Prosper [Seychelles]; Eric Rabenasolo [Madagascar]; Kamal Kumar Rai [partie prenante]; Indrika Rajapaksha [Sri Lanka]; Jean Roger Rakotoarijaona [Madagascar]; Ranto Rakotoaridera [Madagascar]; Paul Ralison [Madagascar]; Joel Frederic Ramarolahivonjilana [Madagascar]; Carlota de Azevedo Bezerra Vitor Ramos [Brésil]; Yvette Ramos [Suisse]; Sampath Aravinda Ranasinghe [Sri Lanka]; Yousef Rashidi [Iran]; Jacques Rasoaniaina [Madagascar]; Jolanta Rawska-Olejniczak [Pologne]; Omer van Renterghem [Pays-Bas]; Caroline Ridley [États-Unis]; Ntep Rigobert [Cameroun]; Rabemananjara Rivomalala [Madagascar]; David Guimarães Rocha [Brésil]; Rene Rollon [partie prenante]; Micah Rosenblum [États-Unis]; Bernarda Rozman [Croatie]; Danny Rueda [Équateur]; Omar Ruiz [Pérou]; Liselotte Säll [Suède]; Oscar Arturo Lücke Sanchez [Costa Rica]; Marcos Oliveira Santana [Brésil]; Raquel Breda dos Santos [Brésil]; Orlando Rey Santos [Cuba]; Jurgis Sapilanskas [France]; Teresa Cruz Sardiñas [Cuba]; Carlos Alberto Scaramuzza [Brésil]; Andreas Benjamin Schei [Norvège]; Kees Schotten [Agence européenne pour l'environnement]; Marcos Serrano [Chili]; Xie Shuguang [Chine]; Wang Shuxiao [Chine]; Debora Pereira da Silva [Brésil]; Dharani Thanuja de Silva [Sri Lanka]; Gina Sinclair [Canada]; Ashbindu Singh [partie prenante]; Aldo Sirotic [États-Unis]; Virana Sonnassinh [Laos]; Nonglak Sopakayoung [Thaïlande]; Pedro Tié Candido Souza [Brésil]; Nicola Speranza [Brésil]; Jordan Splinter [Pays-Bas]; Anna Stabrawa [partie prenante]; Andreja Steinberger [Croatie]; Andrew Stott [Royaume-Uni]; Ana Strbenac [Croatie]; Mariam Sulhanishvili [Géorgie]; W.L. Sumathipala [Sri Lanka]; Momodou J. Suwareh

[Gambie]; Edyta Systo [Pologne]; Elemer Szabó [Hongrie]; Marcel Taal [Pays-Bas]; Eiji Tanaka [Japon]; Veronica Marques Tavares [Brésil]; Alexandre Lima de Figueiredo Teixeira [Brésil]; Andrina Crnjak Thavenet [Croatie]; Mads Thelander [Danemark]; Osman Tikansak [Turquie]; Carolina de la Torre [Équateur]; Vinícius Fox Drummond Cançado Trindade [Brésil]; R. Talbor Trotter [États-Unis]; Nathalie Trudeau [Canada]; İrfan Uysal [Turquie]; César Vaca [Équateur]; Lisa-Marie Vaccaro [Canada]; Daksha Vaja [partie prenante]; Eddy López Valdés [Cuba]; Freddy Valencia [Équateur]; Martin van Veele [Afrique du Sud]; Henrique Veiga [Brésil]; Jean Venables [Royaume-Uni]; Véronique Verbeke [Belgique]; Marielle Verret [Canada]; Maria Tereza Viana [Brésil]; Nina Vik [Norvège]; Larissa Carolina Loureiro Villarroel [Brésil]; Hanitra Viviane [Madagascar]; Niels Vlaanderen [Pays-Bas]; Jan Voet [Belgique]; Rahanitriinaia Volatiana [Madagascar]; Barbara Bernard Vukadin [Slovénie]; Brendan Wall [Irlande]; Margaret Walsh [États-Unis]; See Wan [Singapour]; Chris Weaver [États-Unis]; Devaka Weerakoon [Sri Lanka]; Mona Mejsen Westergaard [Danemark]; Henk Westhoek [Pays-Bas]; Leers Wiebke [Allemagne]; Piet de Wildt [Pays-Bas]; Scott Wilson [Canada]; Mary Orble Wuya [Nigéria]; Huang Yi [Chine]; Jeongki Yoon [République de Corée]; Rafaralaha Tovoharison Zakaria [Madagascar]; Holger Zambrano [Équateur]; Nicolás Zambrano [Équateur]; Jiang Zhigang [Chine]; Mira Zovko [Croatie]; Nina Zovko [Croatie]; Shepard Zvigadzwa [Zimbabwe].

Éditeurs-réviseurs

Amr Osama Abdel-Aziz [Égypte]; Ahmed Abdelrehim [Égypte]; Majdah Aburas [Arabie saoudite]; Mohammad Al Ahmad [Koweït]; Chandani Appadoo [Maurice]; Michael Brody [États-Unis]; Louis Cassar [Malte]; William W. Dougherty [États-Unis]; Manal Elewah [Égypte]; Amr El-Sammak [Égypte]; Elsa Patricia Galarza Contreras [Pérou]; Jose Holguin-Veras [Costa Rica]; Muhammad Ijaz [Pakistan]; Joy Jadam [Liban]; Emmanuel Dieudonné Kam Yogo [Cameroun]; Yoon Lee [République de Corée]; Clever Mafuta [Zimbabwe]; Simone Maynard [Australie]; Joan Momanyi [Kenya]; Jacques André Ndione [Sénégal]; Washington Odongo Ochola [Kenya]; Renat Perelet [Russie]; Linn Persson [Suède]; Jan Plesnik [République tchèque]; Ariana Rossen [Argentine]; Mayar Sabet [Égypte]; John Shilling [États-Unis]; Binaya Raj Shivakoti [Népal]; Asha Singh [Guyana]; Asha Sitati [Kenya]; Lawrence Surendra [Inde]; Paul C. Sutton [États-Unis]; Khulood Abdul Razzaq Tubaishat [Jordanie]; Emma Archer van Garderen [Afrique du Sud]; Lei Yu [Chine]; Samy Mohamed Zalat [Égypte].

Institutions et organisations contributrices

Académie chinoise des sciences [Chine]; Agence européenne pour l'environnement [Danemark]; Ambassade de la République fédérative du Brésil [Brésil]; Centre mondial de l'environnement [États-Unis]; Centre national de recherche sur l'eau [Égypte]; Clean Air in London [Royaume-Uni]; Colorado State University [États-Unis]; Conseil mondial de l'eau [France]; Conseil national de la recherche [Espagne]; Département d'État [États-Unis]; Environnement et changement climatique [Canada]; ETH Zurich [Suisse]; Fondation des Nations Unies [États-Unis]; Forest Peoples Programme [Angleterre]; General Authority for Meteorology and for Meteorology and Environment Protection [Arabie saoudite]; ICLEI – Local Governments for Sustainability [Canada]; Indian Institute of Science [Inde]; Institut coréen de l'environnement [République de Corée]; Institut de technologie de Tokyo [Japon]; Institut des Géosciences de l'Environnement [France]; Institut national de S&T pour le changement climatique [Brésil]; ministère de l'Environnement [France]; ministère de l'Environnement [Iran]; ministère de l'Environnement [Jordanie]; ministère de l'Environnement et des Forêts [Indonésie]; ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles [Mexique]; ministère de l'Environnement et du Développement durable [Argentine]; ministère de l'Environnement, de l'Écologie et des Forêts [Madagascar]; ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et du Développement durable [Cameroun]; ministère



de l'Environnement, de la Protection de la terre et de la Mer [Italie] ; ministère de l'Environnement, des Forêts et du Changement climatique [Inde] ; ministère de la Transition écologique et solidaire [France] ; ministère des Ressources naturelles, de l'Énergie et de l'Environnement [Malawi] ; ministère du Climat et de l'Environnement [Norvège] ; Office des ressources naturelles et de la politique et de la planification environnementales [Thaïlande] ; Office fédéral de l'environnement suisse [Suisse] ; Secrétariat de l'environnement et des ressources naturelles [Mexique] ; université Charles [République tchèque] ; université de Beijing [Chine] ; université de Rome « Tor

Vergata » [Italie] ; université de São Paulo [Brésil] ; université de Téhéran [Iran] ; université de Warwick et HEART [Royaume-Uni] ; université de York [Royaume-Uni] ; université des Antilles [Jamaïque] ; université du Costa Rica [Costa Rica] ; université du Golfe arabe [Bahreïn] ; université du Maryland – School of Public Policy [États-Unis] ; université du Michigan [États-Unis] ; université du Roi Abdulaziz [Arabie saoudite] ; université du Zimbabwe [Zimbabwe] ; université Nangui Abrogoua [Côte d'Ivoire] ; université technologique du Michigan [États-Unis] ; US Forest Service [États-Unis] ; WECF International [Allemagne].



Établi à partir de citations tirées des différents chapitres, ce glossaire s'inspire de lexiques et d'autres ressources disponibles sur les sites Web des organisations, réseaux et projets suivants :

Administration nationale des océans et de l'atmosphère (États-Unis) ; Agence européenne pour l'environnement ; American Academy of Ophthalmology ; American Meteorological Society ; Banque asiatique de développement ; Banque mondiale ; *Biodiversity Journal* ; *Business Dictionary* ; *Cambridge Dictionary* ; Center for Transportation Excellence (États-Unis) ; Centers for Disease Control and Prevention ; Centre international pour la recherche en agroforesterie ; Collins Dictionary ; Commission économique et sociale des Nations Unies pour l'Asie et le Pacifique ; Commission européenne ; Consultative Group on International Agricultural Research ; Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification ; Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau (Ramsar) ; Convention sur la diversité biologique ; Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques ; Déclaration de Tirana ; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GmbH ; Division de statistique des Nations Unies ; Edwards Aquifer Website (États-Unis) ; *Encyclopaedia Britannica* ; *Encyclopedia of Earth* ; Energy Information Administration (États-Unis) ; Environmental Protection Agency (États-Unis) ; *Environmental Science and Pollution Research* ; Évaluation des écosystèmes pour le millénaire ; Farlex Free ; Fédération internationale des mouvements de l'agriculture biologique ; Fonds mondial pour la nature ; Gender GEO ; Global Earth Observation System of Systems ; Global Footprint Network ; *Global Land Outlook* ; Glossaire GreenFacts ; *Glossary of Environment Statistics* (Nations Unies) ; *Glossary of Industrial Organisation Economics and Competition Law* ; Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ; Groupe des Nations Unies pour le développement ; *Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology* ; Healthline ; IGI Global ; Illinois Clean Coal Institute (États-Unis) ; Illuminating Engineering Society of North America ; Information Society (Europe) ; International Research Institute for Climate and Society, Columbia University (États-Unis) ; Journal of Pharmaceutical Microbiology ; *Journal of the Association for Information Science and Technology* ; *L'avenir de l'environnement mondial*, 6^e édition ; Lyme Disease Foundation (États-Unis) ; *Manual Práctico de Ecodiseño* ; *Medical Dictionary* ; *Merriam-Webster Dictionary* ; ministère de l'Agriculture (États-Unis) ; ministère de l'Environnement (Nouvelle-Zélande) ; ministère de l'Intérieur (États-Unis) ; ministère des Transports (États-Unis) ; ministère du Développement rural (Malaisie) ; Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe ; MIT Press ; National Aeronautics Space Administration (États-Unis) ; National Bureau of Economic Research (États-Unis) ; National Cancer Institute (États-Unis) ; National Center for Biotechnology Information (États-Unis) ; National Geographic ; National Heart, Lung and Blood Institute (États-Unis) ; National Safety Council (États-Unis) ; National Snow and Ice Data Centre (États-Unis) ; Natsource (États-Unis) ; ONU Eau ; ONU Environnement ; ONU Femmes ; ONU-Habitat ; Organisation de coopération et de développement économiques ; Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Fondation pour la recherche ; Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture ; Organisation des Nations Unies pour le développement industriel ; Organisation météorologique mondiale ; Organisation mondiale de la propriété intellectuelle ; Organisation mondiale de la Santé ; *Oxford Dictionary* ; Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques ; PPP Knowledge Lab ; Professional Development for Livelihoods (Royaume-Uni) ; Programme de comparaison internationale ; Programme des Nations Unies pour le développement ; *RadioPaedia* ; Redefining Progress (États-Unis) ; Safari Tech Books Online ; *Science and Technology* (Nouvelle-Zélande) ; *Science Dictionary* ; Semantic Scholar ; SER Primer ; Société nucléaire européenne ; Stratégie internationale pour la prévention des catastrophes ; Sustainable Development Knowledge Platforms ; *The IUP Journal of Applied Economics* ; TheFreeDictionary.com ; Union internationale pour la conservation de la nature ; United States Geological Survey ; université Charles Darwin (Australie) ; université de Sydney ; USLegal.com ; Water Footprint Network (Pays-Bas) ; Water Quality Association (États-Unis) ; *Wikipédia*

Abondance

Nombre de personnes ou autre mesure quantitative (telle la biomasse) d'une population, d'une communauté ou d'une unité spatiale.

Abondance des espèces

Nombre d'espèces comprises dans un échantillon, une communauté ou une zone donnée.

Accaparement de terres

Acquisition de terres à grande échelle présentant au moins une des caractéristiques suivantes : i) il y a violation manifeste des droits de la personne, en particulier de l'égalité des droits des femmes ; ii) le déplacement des communautés locales concernées s'effectue sans leur consentement préalable, donné librement et en connaissance de cause ; iii) l'acquisition n'est pas fondée sur une évaluation approfondie ou s'effectue sans tenir compte des répercussions sociales, économiques et environnementales sur les personnes, notamment en fonction de leur genre ; iv) l'acquisition n'est pas fondée sur des contrats transparents qui spécifient des engagements clairs et contraignants concernant les activités, l'emploi et le partage des bénéfices ; v) l'acquisition n'est pas fondée sur une planification démocratique effective, un contrôle indépendant et une participation tangible des populations.

Accord multilatéral sur l'environnement (AME)

Traité, convention, protocole ou contrat signé entre plusieurs États en vue de résoudre certains problèmes environnementaux.

Acidification

Changement observé dans l'équilibre naturel chimique de l'environnement causé par une hausse de la concentration en substances acides.

Acidification des océans

Terme employé pour décrire des changements significatifs dans la composition chimique de l'océan. L'acidification se produit lorsque le dioxyde de carbone gazeux (CO₂) est absorbé par l'océan et réagit avec l'eau de mer pour produire de l'acide. Bien que le CO₂ se déplace naturellement entre l'atmosphère et les océans, l'augmentation des quantités de CO₂ émises dans l'atmosphère, principalement en raison des activités humaines (par exemple, la combustion de fossiles), accroît la quantité de CO₂ absorbée par l'océan, ce qui se traduit par une acidification de l'eau de mer.

Acidité

Mesure du caractère acide d'une solution. Une solution dont le pH est inférieur à 7 est considérée comme acide.

Acquittement des services environnementaux

Mécanismes mis en place pour mettre en correspondance la demande en services environnementaux et des programmes d'incitation destinés aux utilisateurs des terres dont les actions modifient la prestation de ces services.

Acteurs non étatiques

Entités qui i) s'impliquent ou agissent dans la sphère des relations internationales (organisations ayant suffisamment de pouvoir pour



influencer et orienter les politiques) ; et ii) n'existent pas en tant que composantes d'une structure étatique ou d'une institution établie d'un État et n'en ont pas les prérogatives, à savoir la souveraineté juridique et un certain degré de contrôle sur la population et les territoires d'un pays.

Activités de gestion des ressources

Activités liées à la gestion des ressources naturelles (suivi, contrôle, enquêtes, administration et actions visant à faciliter l'ajustement structurel des secteurs concernés).

Adaptation

Ajustement des systèmes naturels ou humains à un environnement nouveau ou changeant. L'adaptation diffère selon qu'elle est anticipée ou réactive, individuelle ou publique, autonome ou planifiée.

Adaptation au changement climatique

Terme générique désignant l'ensemble des risques concernant un projet de développement ou tout autre actif naturel ou humain, associés à la variabilité et à l'évolution du climat. Le terme se rapporte également aux mesures prises afin de réduire ces risques à un niveau acceptable en apportant des changements durables, respectueux de l'environnement, économiquement viables et socialement acceptables, à l'une ou plusieurs des étapes suivantes du cycle d'un projet : planification, conception, construction, exploitation et désengagement.

Adaptation écosystémique

Utilisation de la biodiversité et des services écosystémiques dans le cadre d'une stratégie globale visant à aider une population à s'adapter aux effets négatifs du changement climatique.

Aéroponie

Technique de culture des plantes par laquelle les racines sont suspendues dans l'air tandis qu'une solution nutritive leur est apportée sous la forme d'une fine brume.

Aflatoxine

Substance toxique produite par certains types de champignons (moisissures) vivant à l'état naturel dans le monde entier. Les aflatoxines peuvent contaminer les cultures vivrières et constituer une menace sérieuse pour la santé des humains et du bétail. Elles représentent également un lourd fardeau économique : selon les estimations, elles causent chaque année la destruction d'au moins 25 % des cultures vivrières mondiales.

Agent de forçage climatique éphémère

Substance telle que le méthane, le carbone noir, l'ozone troposphérique et de nombreux hydrofluorocarbures, qui a un impact important sur le changement climatique et une durée de vie dans l'atmosphère relativement brève comparativement au dioxyde de carbone et à d'autres gaz persistants.

Agglomération urbaine

Population vivant à l'intérieur d'un territoire contigu habité selon des niveaux de densité propres aux villes, sans tenir compte des limites administratives. L'agglomération urbaine englobe la ville proprement dite et les zones suburbaines qui font partie de ce que l'on peut considérer comme les « limites de la ville », bien que ce terme soit sujet à débat.

Agriculture biologique

Système de production qui préserve la santé des sols, des écosystèmes et des personnes. L'agriculture biologique repose sur des processus écologiques, sur la biodiversité et sur des cycles adaptés aux conditions locales, plutôt que sur l'utilisation d'intrants synthétiques.

Agriculture de précision

Observation, évaluation de l'impact et réponse stratégique en

temps utile à la variation à petite échelle des composantes causales d'un processus de production agricole. L'agriculture de précision s'applique à un éventail d'entreprises agricoles allant de la gestion des troupeaux laitiers à la production de grandes cultures, en passant par l'horticulture. Cette philosophie peut également s'appliquer à des aspects de la préproduction et de la postproduction des entreprises agricoles.

Agriculture durable

Ensemble de méthodes et de processus qui améliorent la productivité des sols tout en atténuant les effets néfastes sur le climat, les sols, l'eau, l'air, la biodiversité et la santé humaine. L'agriculture durable vise à réduire au minimum l'utilisation d'intrants provenant de sources non renouvelables et de produits à base de pétrole et à les remplacer par des intrants provenant de ressources renouvelables. Elle se concentre sur les populations locales, leurs besoins, leurs connaissances, leurs compétences, leurs valeurs socioculturelles et leurs structures institutionnelles. Elle veille à ce que les besoins nutritionnels de base des générations actuelles et futures soient satisfaits en termes quantitatifs et qualitatifs. Elle crée des emplois sur le long terme, tout en garantissant un revenu adéquat et des conditions de travail et de vie dignes et égales à tous ceux qui participent à la chaîne de valeur agricole. Elle réduit la vulnérabilité du secteur agricole face aux conditions naturelles défavorables (telles que les événements climatiques), aux facteurs socio-économiques (fortes fluctuations des prix notamment) et à d'autres risques.

Agriculture sans labour (semis direct)

Technique consistant à semer des graines sans – ou quasiment sans – préparation préalable du sol, ce qui a une incidence positive sur l'érosion du sol.

Agroécologie

Approche écologique de l'agriculture qui considère les zones agricoles comme des écosystèmes et se préoccupe de l'impact écologique des pratiques agricoles.

Agroécosystème

Organismes et environnement d'une zone agricole considérée comme un écosystème.

Agrotechnologie

Utilisation de la technologie dans l'agriculture.

Albédo

Fraction de l'énergie solaire qui est réfléchi de manière diffuse de la Terre vers l'espace. L'albédo indique le niveau de réflexion de la surface de la Terre.

Alcalinisation

Processus qui permet de réduire l'acidité d'une solution. En médecine, on administre des alcalis tels que le bicarbonate de sodium pour contrer l'excès d'acidité dans le sang ou l'urine causé par certains médicaments ou problèmes de santé.

Alerte rapide

Dispense en temps utile d'une information efficace provenant d'institutions définies, permettant aux personnes exposées à un danger de prendre des mesures pour éviter les risques ou en réduire l'intensité, et pour préparer une réponse efficace.

Analyse comparative entre les sexes (ACS)

Examen critique de la manière dont les différences de rôles, d'activités, de besoins, de perspectives et de droits selon le genre affectent les hommes, les femmes, les filles et les garçons dans certaines situations ou certains contextes. L'ACS se penche sur les relations entre les femmes et les hommes, leur accès aux ressources, leur contrôle des ressources, ainsi que les contraintes mutuelles auxquelles ils sont confrontés. Il y a lieu d'intégrer une ACS dans toute évaluation sectorielle ou analyse situationnelle



afin, d'une part, d'éviter que les injustices et les inégalités fondées sur le genre soient exacerbées par l'intervention et, d'autre part, de promouvoir dans la mesure du possible l'égalité et la justice dans les relations entre les sexes.

Analyse du cycle de vie

Technique permettant d'évaluer les impacts environnementaux associés à toutes les étapes de la vie d'un produit : l'extraction des matières premières, la transformation des matériaux, la fabrication, la distribution, l'utilisation, la réparation et l'entretien, et la mise au rebut ou le recyclage (de bout en bout).

Années de vie ajustées en fonction de l'incapacité (AVAI)

Années de vie potentielle perdues en raison d'une mortalité prématurée et années de vie productive perdues en raison d'une invalidité.

Anthropocène

Terme utilisé par les scientifiques pour désigner une nouvelle époque géologique faisant suite à l'Holocène et caractérisée par une évolution marquée de l'atmosphère, de la biosphère et de l'hydrosphère de la Terre, principalement attribuable aux activités humaines.

Appauvrissement de l'ozone stratosphérique

Destruction chimique de la couche d'ozone stratosphérique, notamment par des substances d'origine anthropique.

Apports de la nature aux populations

Ensemble des apports positifs et négatifs de la nature vivante (la diversité des organismes, des écosystèmes et des processus écologiques et évolutifs qui leur sont associés) à la qualité de vie des personnes. Les apports bénéfiques de la nature comprennent notamment la fourniture d'aliments, la purification de l'eau, la lutte contre les inondations et l'inspiration artistique, tandis que les apports nocifs comprennent la transmission de maladies et la prédation qui porte atteinte aux personnes ou à leurs biens. De nombreux apports de la nature peuvent être perçus comme des avantages ou, au contraire, des inconvénients, selon le contexte culturel, temporel ou spatial.

Approche écosystémique

Stratégie de gestion intégrée de la terre, de l'eau et des ressources vivantes qui promeut équitablement la conservation et l'usage durable. Cette approche repose sur l'application de méthodes scientifiques appropriées, centrées sur des niveaux d'organisation biologique qui englobent la structure, les processus, les fonctions et les interactions des organismes et de leur environnement. Elle reconnaît que les humains, par leur diversité culturelle, font partie intégrante de nombreux écosystèmes.

Approche participative

Approche consistant à offrir à tous la possibilité et l'opportunité, dans une logique d'équité, de mettre des questions à l'ordre du jour d'un processus décisionnel et d'exprimer auprès de tous les membres d'un groupe leurs préférences quant au résultat final. La participation peut se faire directement ou par l'entremise de représentants légitimes. La participation peut aller de la simple consultation à l'obligation d'atteindre un consensus.

Aquifère

Couche souterraine de roche-réservoir, dite roche aquifère. La roche aquifère est perméable, ce qui signifie qu'elle comporte des fissures qui laissent passer les liquides et les gaz. Les roches sédimentaires telles que le grès, ainsi que le sable et le gravier, sont des roches aquifères. La partie supérieure de la nappe d'eau contenue dans un aquifère est appelée la nappe phréatique.

Ascendant

Du niveau inférieur jusqu'au sommet d'une hiérarchie ou d'un processus.

Assainissement amélioré

Ensemble de dispositifs comprenant les toilettes à chasse d'eau, les réseaux d'égouts canalisés, les fosses septiques, les cabinets d'aisance à chasse d'eau, les latrines améliorées à fosse autoventilée (LAA), les latrines à fosse avec dalle et les toilettes à compost.

Asymptote

Droite qui s'approche de plus en plus d'une courbe donnée sans toutefois la croiser à une distance finie.

Bassin versant

Zone de terre délimitée par une ligne de partage des eaux s'écoulant dans une rivière, un bassin ou un réservoir. La ligne de partage des eaux suit les points les plus élevés entre deux zones, correspondant souvent à une crête.

Benthique

Relatif aux espèces vivant au fond d'une masse d'eau.

Bien-être humain

Mesure dans laquelle chaque personne peut mener une vie valorisante et concrétiser ses aspirations. Les piliers garants du bien-être humain sont la sécurité, la satisfaction des besoins matériels, la santé et les relations sociales.

Bien public mondial

Bien public recelant des avantages universels couvrant divers groupes de pays et l'ensemble des populations.

Biens communs mondiaux

Biens naturels qui n'appartiennent à personne, tels l'atmosphère, les océans, l'espace extra-atmosphérique ou l'Antarctique.

Biens d'intérêt social

Biens ou services (tels que l'éducation et la vaccination) fournis gratuitement au bénéfice de toute la société par un gouvernement, en ce sens que leur gestion serait défaillante si elle était confiée aux forces du marché ou au secteur privé.

Billion

10¹² (1 000 000 000 000) ou mille milliards. Équivaut au mot anglais *trillion*.

Bioaccumulation

Hausse de la concentration d'un produit chimique dans un organisme et, plus particulièrement, augmentation progressive de la quantité d'un produit chimique dans un organisme résultant d'un taux d'absorption d'une substance en excès de la capacité de l'organisme à la métaboliser et à l'excréter.

Bioamplification

Accumulation de certaines substances dans le corps des organismes aux niveaux trophiques supérieurs d'un réseau alimentaire. Les organismes des niveaux trophiques inférieurs accumulent de petites quantités de substances. Les organismes situés au niveau suivant de la chaîne alimentaire consomment un nombre important de ces organismes de niveau inférieur et accumulent par conséquent de plus grandes quantités de substances. La concentration tissulaire augmente à chaque niveau trophique du réseau alimentaire dans un contexte d'absorption efficace et d'élimination lente.

Biocapacité

Capacité d'un écosystème à produire des matières biologiques utiles et à absorber les déchets produits par les humains au moyen des schémas de prise en charge et des technologies d'extraction actuellement disponibles. La mesure de la biocapacité d'une zone s'obtient en multipliant son aire physique réelle par le facteur de rendement et le facteur d'équivalence approprié. La biocapacité s'exprime habituellement en hectares globaux (hag).



Biocarburant

Carburant produit à partir de matières organiques sèches ou d'huiles combustibles issues de végétaux, telles que l'alcool provenant du sucre ou du maïs fermenté et les huiles dérivées du palmier à huile, du colza et du soja.

Biodiversité (ou diversité biologique)

Variété de la vie sur Terre, y compris la diversité génétique, celle des espèces et celle des écosystèmes et des habitats. Elle inclut la diversité de l'abondance, de la distribution, des comportements, ainsi que des interactions avec les systèmes socio-écologiques. La biodiversité comprend également la diversité culturelle humaine, laquelle peut être affectée par les mêmes facteurs et influe elle-même sur la diversité génétique et sur celle des autres espèces et des écosystèmes.

Bioénergie

Énergie renouvelable produite par des organismes vivants.

Biogaz

Gaz riche en méthane, produit par la fermentation de déjections animales, d'effluents humains ou de résidus de cultures dans un conteneur hermétique.

Biomasse

Ensemble des matières organiques souterraines ou superficielles, vivantes ou non, telles que les arbres, les cultures, les herbes, la couverture morte et les racines.

Biome

Unité de classification des écosystèmes du plus haut niveau, utile pour distinguer les grandes zones de la biosphère. Les biomes terrestres sont normalement basés sur la structure végétale dominante (forêt, prairie, etc.). Les écosystèmes d'un biome fonctionnent d'une manière généralement similaire, bien qu'ils puissent abriter des espèces très différentes. Par exemple, les forêts partagent certaines propriétés (cycle nutritif, perturbation, biomasse) qui diffèrent des propriétés des prairies.

Biosphère

Partie de la Terre et de son atmosphère abritant des organismes vivants ou propre à assurer le maintien de la vie.

Blanchissement (d'un récif corallien)

Phénomène survenant lorsque des coraux soumis à un stress rejettent leurs zooxanthelles, des algues microscopiques symbiotiques qu'ils abritent dans leurs tissus. Ce rejet mène à une réduction grave, voire à la perte totale des pigments photosynthétiques. Comme la plupart des coraux hermatypiques (qui bâtissent des récifs) ont un squelette en calcaire blanc, celui-ci devient visible à travers les tissus coralliens et le récif paraît blanchi.

Boisement

Établissement de plantations forestières sur un territoire non classé en tant que forêt.

Cadastre

Registre des propriétés indiquant l'étendue, la valeur et le statut de propriété des terres à des fins d'imposition.

Capacité d'adaptation

Potentiel qu'a un système de s'adapter à l'évolution du climat (notamment sa variabilité et ses extrêmes) afin d'atténuer les dommages éventuels, de tirer parti des possibilités et de faire face aux conséquences.

Capital

Ressource pouvant être mobilisée au service des objectifs d'une personne. On parle alors de capital naturel (les ressources naturelles telles que la terre et l'eau), physique (la technologie et les artefacts), social (les relations sociales, les réseaux et les

liens), financier (l'argent en banque, les prêts et le crédit) et humain (l'éducation et les compétences).

Capital naturel

Actifs naturels capables de fournir des ressources naturelles et des services environnementaux aux fins de la production économique. Le capital naturel comprend les terres, les minéraux et les combustibles fossiles, l'énergie solaire, l'eau, les organismes vivants, et les services générés par l'interaction de tous ces éléments dans les systèmes écologiques.

Capital-risque

Capital investi dans des projets qui présentent un risque d'échec élevé, mais qui, s'ils aboutissent de façon concluante, produiront des bénéfices considérables.

Carbone noir

Aérosol défini du point de vue opérationnel d'après la mesure de l'absorption de la lumière, de la réactivité chimique ou de la stabilité thermique. Formé par la combustion incomplète des combustibles fossiles, des biocarburants et de la biomasse, le carbone noir est une composante de la suie d'origine naturelle et anthropique. Il est constitué de carbone pur sous plusieurs formes liées. Le carbone noir réchauffe la Terre soit en absorbant la lumière du soleil et en réémettant de la chaleur dans l'atmosphère, soit en réduisant l'albédo (indice de réflexion de la lumière du soleil) lorsqu'il se dépose sur la neige et la glace.

Carbone organique

Dans le contexte de la recherche sur le climat, fraction du carbone de l'aérosol qui n'est pas noire. Le terme « carbone organique » est une simplification excessive, car il s'agit en fait de centaines, voire de milliers de composés organiques différents dont le comportement atmosphérique varie. Il désigne la quantité qui résulte de l'analyse thermique des aérosols de carbone.

Carcinome à cellules de Merkel

Maladie très rare caractérisée par la formation de cellules malignes (cancéreuses) dans la peau. Les cellules de Merkel, qui se trouvent dans la couche supérieure de la peau, sont très proches des terminaisons nerveuses qui reçoivent la sensation du toucher.

Cataracte

Obscurcissement ou opacité du cristallin normalement transparent de l'œil, pouvant causer une baisse de la vue allant jusqu'à la cécité.

Cellule de Hadley

Cellule de convection atmosphérique à grande échelle dans laquelle l'air s'élève à l'équateur et redescend à des latitudes moyennes, en général à environ 30° Nord ou Sud.

Changement brusque

Changement qui se produit si rapidement et inopinément que les systèmes humains ou naturels ont du mal à s'y adapter.

Changement transformationnel

Processus par lequel des résultats de développement positifs sont obtenus et maintenus dans le temps par l'institutionnalisation de politiques, de programmes et de projets dans le cadre de stratégies nationales. Il convient de noter que le changement transformationnel incarne le concept de résultats durables sur le plan institutionnel (constance des réalisations au fil du temps) afin d'exclure tout risque d'impact à court terme et transitoire.

Changements climatiques

Selon la définition donnée au titre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, il s'agit des « changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables ».



Chikungunya

Maladie virale transmissible aux humains par des moustiques infectés. Le chikungunya provoque de la fièvre et de fortes douleurs articulaires ainsi que d'autres symptômes tels que des douleurs musculaires, des migraines, des nausées, de la fatigue et des éruptions cutanées.

Chlorofluorocarbures (CFC)

Groupe de substances chimiques composées de chlore, de fluor et de carbone, très volatiles et peu toxiques, largement utilisées par le passé comme réfrigérants, solvants, propulseurs et agents moussants. Les chlorofluorocarbures ont à la fois un potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone et de réchauffement planétaire.

Circulation thermohaline

Circulation océanique à grande échelle, déterminée par la densité et causée par des écarts de température et de salinité. Dans l'Atlantique Nord, la circulation thermohaline est constituée d'eau chaude de surface qui s'écoule vers le nord et d'eau froide de profondeur qui s'écoule vers le sud, ce qui entraîne un transfert net de chaleur vers les pôles. Les eaux de surface s'enfoncent dans des zones thermoconductrices très restreintes situées à des latitudes élevées. Également appelée « tapis roulant océanique » ou « circulation méridienne de retournement de l'Atlantique ».

Colonne d'eau

Colonne imaginaire s'étendant du fond à la surface d'une masse d'eau.

Combustible fossile

Charbon, gaz naturel ou produit pétrolier (pétrole notamment), issu de la décomposition d'animaux et de végétaux morts il y a plusieurs millions d'années.

Commerce de l'eau virtuelle

Notion selon laquelle l'échange de biens et de services englobe l'eau nécessaire à leur production.

Composés organiques volatils (COV)

Ensemble des composés de carbone – à l'exclusion du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone, de l'acide carbonique, des carbures ou carbonates métalliques et du carbonate d'ammonium – qui interviennent dans les réactions photochimiques atmosphériques, sauf ceux qui ont une réactivité photochimique négligeable selon les critères de l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA).

Composés organochlorés

Catégorie de composés chimiques organiques contenant du carbone, de l'hydrogène et du chlore, tels que les dioxines, les biphenyles polychlorés (BPC) et certains pesticides tels que le DDT.

Comptabilité des flux de matières

Quantification de tous les matériaux utilisés dans les activités économiques, qui rend compte de la totalité des matières mobilisées lors de l'extraction de matériaux et effectivement utilisées dans les processus économiques, mesurée en fonction de la masse des matières.

Connaissances écologiques autochtones ou locales

Ensemble cumulatif de connaissances, de savoir-faire, de pratiques et de représentations, entretenu ou développé par des peuples ayant un large éventail d'interactions historiques avec leur environnement naturel.

Conservation

Protection, préservation, gestion et maintien des écosystèmes, habitats, espèces et populations sauvages, à l'intérieur ou à l'extérieur de leur environnement naturel, afin de sauvegarder les conditions naturelles de leur pérennité.

Contamination microbiologique

Introduction non intentionnelle ou accidentelle de microbes tels que les bactéries, les levures, les moisissures, les champignons, les virus, les prions, les protozoaires, ou leurs toxines et sous-produits. Les principaux changements liés à la contamination d'un produit sont la perte de viscosité et la sédimentation dues à la dépolymérisation des agents de suspension, l'altération du pH, la production de gaz, l'altération de l'odeur et l'apparition de masses visqueuses brillantes.

Couche d'ozone

Région de l'atmosphère située à une altitude de 10 à 50 km au-dessus de la surface de la Terre (la stratosphère) et contenant de l'ozone dilué.

Courant-jet

Bande étroite et variable de très puissants courants d'air, principalement d'ouest, qui encerclent la Terre à plusieurs kilomètres au-dessus du sol. Il y a généralement deux ou trois courants-jets dans chacun des hémisphères Nord et Sud.

Couverture terrestre

Couverture physique des terres, normalement exprimée en termes de présence ou d'absence de couvert végétal. Ce terme, bien qu'associé à celui d'« utilisation du sol », n'en est pas synonyme.

Culture

Plante (céréale, fruit, légume, etc.) cultivée en grande quantité.

Cycle biogéochimique

Flux d'une substance chimique entre les organismes vivants (biosphère) et l'environnement physique (atmosphère, hydrosphère, lithosphère).

Cycle hydrologique

Succession des stades de l'eau au cours de son passage de l'atmosphère à la terre et de son retour dans l'atmosphère. Ces stades sont l'évaporation sur la terre, la mer ou les eaux continentales, la formation de nuages par la condensation, la formation de précipitations, l'accumulation dans le sol ou dans les plans d'eau, et la ré-évaporation.

Danger

Événement physique, phénomène ou activité humaine potentiellement délétère, susceptible de provoquer la mort ou des lésions, des dégâts matériels, des perturbations sociales et économiques ou encore une dégradation de l'environnement.

DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane)

Insecticide organochloré synthétique, figurant sur la liste des substances d'exportation contrôlée établie par la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants.

Décarbonisation

Retrait du carbone ou des dépôts carbonés d'un moteur ou d'un autre objet métallique.

Décès prématurés

Décès qui, en présence d'un facteur de risque, surviennent plus tôt qu'en l'absence du même facteur.

Déchets dangereux

Matériaux utilisés ou mis au rebut et susceptibles de nuire à la santé humaine et à l'environnement. Les déchets dangereux peuvent comprendre des métaux lourds, des produits chimiques toxiques, des déchets médicaux ou des matières radioactives.

Déchets électroniques

Terme générique englobant diverses formes de matériel électrique et électronique réputé avoir perdu de sa valeur et mis au rebut.



Décideur politique

Membre d'un ministère, d'une législature ou d'une autre organisation qui est chargé d'élaborer des lois, règlements et autres textes.

Déforestation

Conversion d'une terre forestière en zone non forestière.

Dégradation de l'environnement

Détérioration de la qualité de l'environnement due aux concentrations ambiantes de polluants et à d'autres activités et processus tels que l'utilisation inappropriée des terres et les catastrophes naturelles.

Dégradation des forêts

Changements survenant dans les forêts, ayant un effet négatif sur la structure ou les fonctions des peuplements ou des sites forestiers et réduisant de ce fait leur capacité à fournir des produits ou des services.

Dégradation des terres

Perte à long terme des fonctions et des services d'un écosystème, causée par des perturbations dont le système ne peut se remettre sans aide.

Demande biochimique en oxygène

Mesure de la pollution organique de l'eau correspondant à la quantité d'oxygène (en milligrammes par litre d'eau) absorbée par un échantillon maintenu à 20 °C pendant cinq jours.

Dengue

Maladie infectieuse causée par l'un de quatre virus apparentés transmis par les moustiques. Le virus de la dengue est l'une des principales causes de maladie et de décès dans les régions tropicales et subtropicales. Jusqu'à 400 millions de personnes sont infectées chaque année.

Dépassement

Situation qui se produit lorsque la demande de l'humanité sur la biosphère dépasse l'offre ou la capacité de régénération. À l'échelle mondiale, le déficit écologique et le dépassement sont synonymes, puisqu'il n'y a pas d'importation nette de ressources sur la planète.

Dépôt d'azote

Transfert d'azote réactif, principalement dérivé des émissions d'oxydes d'azote et d'ammoniaque, de l'atmosphère vers la biosphère.

Désagrégation

Séparation d'un agrégat en ses substances constitutives.

Descendant

Se dit d'une situation dans laquelle les décisions sont prises par un comité restreint de personnes détenant le pouvoir plutôt que par les personnes concernées par ces décisions.

Désertification

Dégradation du sol dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, causée par des facteurs variés, y compris les variations climatiques et les activités humaines. Elle consiste en un dépassement des seuils au-delà desquels l'écosystème de base ne peut se rétablir de façon endogène et sa remise en état exige des ressources externes de plus en plus importantes.

Détournement

Transfert illégal de documents ou perte de leur conservation au profit d'une organisation ou d'une personne non autorisée.

Détoxification

Processus d'élimination de substances ou de propriétés toxiques.

Développement durable

Développement répondant aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs.

Diffusion des politiques

Processus par lequel les politiques sont reprises, reproduites et mises en œuvre dans d'autres domaines, régions ou secteurs.

Diversité des espèces

Biodiversité à l'échelle des espèces, regroupant souvent des aspects tels que la richesse des espèces, leur abondance et leurs différences relatives.

Diversité génétique

Diversité des gènes d'une espèce, d'une variété ou d'une subdivision particulière.

Données géospatiales

Données associées à un lieu précis.

Données ventilées par sexe

Données recoupées selon le sexe, présentant séparément l'information sur les hommes et les femmes, ou sur les garçons et les filles. En général, ces données intègrent le masculin ou le féminin sur la base d'identités, de constructions et de différences d'ordre social ou culturel. Les données ventilées selon le sexe reflètent les rôles, les situations réelles et les conditions générales des femmes et des hommes et des filles et des garçons, dans tous les aspects de la société, tels que le taux d'alphabétisation, le niveau de scolarité, la possession d'une entreprise, l'emploi, les écarts salariaux, les personnes à charge, la possession d'une maison et d'une terre, le prêt et le crédit ou la dette. Il est plus difficile d'identifier les inégalités réelles et potentielles lorsque les données ne sont pas ventilées selon le sexe. Les données ventilées selon le sexe sont nécessaires à une analyse efficace de l'égalité entre les sexes.

Droit souple

Règles qui ne sont ni strictement contraignantes ni totalement dépourvues de signification juridique. Elles sont assouplies selon une ou plusieurs des dimensions de l'obligation, de la précision et de la délégation. Dans le contexte du droit international, le droit souple renvoie aux lignes directrices, déclarations politiques et codes de conduite qui fixent des normes de conduite sans toutefois être directement applicables.

Durabilité

Caractéristique ou état par lesquels les besoins du présent peuvent être satisfaits sans compromettre la capacité des générations ou populations futures d'autres localités à répondre aux leurs.

Durée de vie (dans l'atmosphère)

Temps approximatif écoulé avant le retour de la concentration naturelle d'un polluant atmosphérique d'origine anthropique (en supposant la cessation des émissions) à la suite de sa conversion en un autre composant chimique ou de son élimination de l'atmosphère via un puits. La durée de vie moyenne peut varier de quelques heures ou semaines (aérosols sulfatés) à plus d'un siècle (CFC).

Eau bleue

Ensemble des eaux douces de surface et souterraines, c'est-à-dire l'eau des lacs, rivières et aquifères d'eau douce. L'empreinte de l'eau bleue est le volume d'eau de surface et d'eau souterraine consommé pour produire un bien ou un service. La consommation d'eau bleue désigne le volume d'eau douce utilisé, puis évaporé ou incorporé dans un produit. Elle comprend également l'eau prélevée



dans les eaux de surface ou souterraines d'un bassin versant et acheminée dans un autre bassin versant ou dans la mer. Il s'agit de la quantité d'eau prélevée dans les eaux souterraines ou de surface qui ne retourne pas dans le bassin versant d'où elle a été prélevée.

Eau de boisson améliorée

Source « améliorée » d'eau de boisson telle que l'eau courante acheminée dans les habitations, les cours et les terrains, les robinets publics et les bornes-fontaines, les puits tubulaires ou autres, les puits creusés protégés, les sources protégées et l'eau de pluie.

Eau de surface

Toute eau naturellement ouverte à l'atmosphère, y compris celle des rivières et des fleuves, des lacs, des réservoirs, des cours d'eau, des bassins de retenue, des mers et des estuaires. Ce terme englobe également les sources, les puits et les autres collecteurs d'eau qui subissent l'influence directe des eaux de surface.

Eau grise

Eau dont la qualité a été affectée par une utilisation humaine dans un cadre industriel, agricole ou domestique. L'empreinte d'un produit sur les eaux grises est un indicateur de la pollution de l'eau douce qui peut être associée à la production d'un produit tout au long de sa chaîne d'approvisionnement. Elle s'entend comme le volume d'eau douce nécessaire pour assimiler la charge de polluants sur la base des concentrations de fond naturelles et des normes de qualité de l'eau ambiante en vigueur. Elle correspond au volume d'eau nécessaire pour diluer les polluants jusqu'au point où la qualité de l'eau dépasse la norme reconnue.

Eau souterraine

Eau qui coule ou s'infiltré vers le bas et sature le sol ou la roche, alimentant des sources et des puits. La surface supérieure de la zone saturée s'appelle la nappe phréatique.

Écart entre les sexes

Le terme « écart entre les sexes » désigne toute disparité entre la condition ou le statut des femmes et des hommes dans la société. Il désigne souvent l'écart entre le salaire moyen des femmes et celui des hommes (« écart de rémunération entre les sexes »). Toutefois, on peut constater des écarts dans plusieurs autres domaines, tels que la participation et les perspectives économiques, le niveau de scolarité, l'état de santé et la survie, ou encore l'émancipation politique.

Échelle

Dimension spatiale ou temporelle, quantitative ou analytique, servant à mesurer et à étudier un phénomène. Des points spécifiques d'une échelle peuvent ainsi être considérés comme des échelons (local, régional, national ou international).

Écoconception

Intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement d'un produit, avec l'optique de réduire les impacts environnementaux négatifs tout au long de son cycle de vie.

Économie circulaire

Approche systémique des processus industriels et de l'activité économique par laquelle les ressources utilisées conservent leur valeur maximale le plus longtemps possible. La mise en œuvre d'une économie circulaire consiste principalement à réduire et repenser l'utilisation de la recherche, et à viser la longévité, le renouvellement, la réutilisation, la réparabilité, le remplacement et l'amélioration des ressources et des produits utilisés.

Économie de partage

Activité entre pairs consistant à obtenir, donner ou partager l'accès à des biens et services ; elle est coordonnée par des services communautaires en ligne.

Économie verte

Il n'existe pas de définition universelle de l'économie verte, et on en relève au moins huit acceptions distinctes dans des publications récentes. Ainsi, le PNUE définit l'économie verte comme « une économie qui entraîne une amélioration du bien-être humain et de l'équité sociale tout en réduisant de manière significative les risques environnementaux et la pénurie de ressources. Dans sa plus simple expression, une économie verte est à faible contenu en carbone, efficace sur le plan de l'usage des ressources et inclusive sur le plan social » (PNUE, 2011). Cette définition a été citée dans un certain nombre de rapports plus récents, notamment par l'UNEMG et l'OCDE. La Coalition pour l'économie verte (un regroupement d'ONG, de groupes syndicaux et d'autres organisations populaires pour une économie verte) en propose une autre définition succincte : l'économie verte est « une économie résiliente qui offre à tous une qualité de vie optimale dans les limites écologiques de la planète ».

Économies d'agglomération

Avantages qui découlent de l'implantation d'entreprises et de personnes à proximité les unes des autres, dans une ville ou un cluster industriel. Tous ces avantages proviennent en fin de compte des économies réalisées sur les coûts de transport : la seule différence réelle entre une entreprise voisine et une autre située à l'autre bout du continent réside dans la facilité de nouer des contacts avec la première.

Écorégion

Écosystème majeur défini en fonction de ses caractéristiques géographiques et bénéficiant de niveaux de rayonnement solaire et d'humidité uniformes.

Écosystème

Complexe dynamique comprenant des communautés végétales, animales et micro-organiques et leur environnement non vivant, qui interagissent comme une unité fonctionnelle.

Écosystème aquatique

Unité écologique élémentaire composée d'éléments vivants et non vivants qui interagissent dans un milieu aquatique.

Écotourisme

Tourisme ayant pour but l'observation de la qualité naturelle ou écologique d'un site ou d'une région, y compris la proposition de services écologiques pour faciliter les déplacements.

Éducation à l'environnement

Processus d'acquisition des valeurs et de clarification des concepts visant à développer les compétences et les attitudes nécessaires pour comprendre et mesurer l'interdépendance des êtres humains, de leur culture et de leur environnement biophysique. L'éducation à l'environnement comprend également la pratique de la prise de décision et l'autoformulation d'un code de conduite sur les questions touchant la qualité de l'environnement.

Effet d'entraînement

Retombées de la croissance d'une région à l'autre.

Effet fertilisant du dioxyde de carbone

Effet ayant pour origine un accroissement de la fixation photosynthétique du CO₂. Les glucides non structurels ont tendance à s'accumuler dans les feuilles et les autres organes végétaux sous forme d'amidon, de glucides solubles ou de polyfructosanes, selon l'espèce. Dans certains cas, l'accumulation de glucides non structurels produit une rétro-inhibition de la photosynthèse. L'accumulation accrue de glucides, en particulier dans les feuilles, laisse penser que les plantes cultivées sous enrichissement en CO₂ ne sont pas totalement adaptées pour profiter au maximum d'une élévation du taux de CO₂. Ce phénomène découle peut-être du fait que les plantes enrichies



en CO₂ ne disposent pas d'un puits adéquat (leur capacité de croissance est insuffisante), ou qu'elles n'ont pas la capacité de charger le phloème et d'effectuer la translocation des glucides solubles. L'amélioration de l'utilisation des photoassimilés devrait être l'un des objectifs guidant la mise au point des cultivars à l'avenir.

Effluents

Dans le contexte de la surveillance de la qualité de l'eau, il s'agit des déchets liquides (traités ou non) rejetés dans l'environnement et provenant de sources telles que les usines industrielles et les stations d'épuration des eaux usées.

Effondrement d'un écosystème

Point final du déclin d'un écosystème, qui se produit lorsque toutes les manifestations d'un écosystème se situent en dehors de la fourchette naturelle de variabilité spatiale et temporelle de sa composition, de sa structure ou de sa fonction.

Égalité entre les sexes

Égalité des droits, des responsabilités et des chances entre les femmes et les hommes, mais aussi les filles et les garçons. L'égalité signifie non pas que les femmes et les hommes deviennent identiques, mais bien que les droits, responsabilités et chances des femmes et des hommes s'observent indépendamment du fait d'être né homme ou femme. L'égalité entre les sexes implique que les intérêts, besoins et priorités des femmes et des hommes sont pris en compte, en reconnaissant la diversité des différents groupes de femmes et d'hommes. L'égalité entre les sexes n'est pas un enjeu féminin ; elle concerne et engage pleinement les hommes comme les femmes. L'égalité entre les femmes et les hommes est considérée à la fois comme un enjeu des droits de la personne et comme une condition préalable et un indicateur constitutif du développement durable centré sur l'être humain.

El Niño

Au sens strict, courant d'eau chaude s'écoulant périodiquement le long des côtes équatoriales et péruviennes, perturbant la pêche locale. Cet événement océanique est associé à une fluctuation de la pression et de la circulation superficielles intertropicales dans les océans Indien et Pacifique, appelée « oscillation australe ». Cette interaction entre l'atmosphère et l'océan est connue sous le nom générique « El Niño – Oscillation australe » (ENSO). Au cours d'un épisode El Niño, les alizés dominants s'affaiblissent et le contre-courant équatorial se renforce, faisant dériver vers l'est les eaux chaudes de surface de la zone indonésienne, lesquelles recouvrent alors les eaux froides du courant péruvien au large de l'Amérique du Sud. Cet événement a un impact important sur le vent, la température superficielle de la mer et les modèles de précipitations dans le Pacifique tropical. Il se traduit par des effets climatiques dans toute la région du Pacifique et dans plusieurs autres parties du monde. La Niña est le phénomène opposé.

Électrification

Action ou processus consistant à charger d'électricité un objet.

Empreinte écologique

1) Effet d'une personne, d'une entreprise, d'une activité, etc. sur l'environnement ; il s'agit notamment de la quantité de ressources naturelles qu'elle consomme et la quantité de gaz nocifs qu'elle produit.

2) Mesure de la superficie de terre et d'eau biologiquement productives qu'une personne, une population ou une activité utilise pour produire toutes les ressources qu'elle consomme et pour absorber les déchets correspondants (notamment, les émissions de dioxyde de carbone associées à la consommation de combustibles fossiles) au moyen des technologies et pratiques de gestion des ressources en vigueur. L'empreinte écologique s'exprime généralement en hectares globaux (hag).

Empreinte humaine

Impact des activités humaines, correspondant à la superficie de terre et d'eau biologiquement productive nécessaire pour produire les biens consommés et assimiler les déchets générés.

Énergie géothermique

Chaleur qui se trouve à l'intérieur de la Terre. Le mot « géothermie » se compose de deux racines grecques : *géo* (terre) et *thermie* (chaleur). Cette chaleur est utilisable sous forme de vapeur ou d'eau chaude, pour chauffer un bâtiment ou pour produire de l'électricité. L'énergie géothermique est une source d'énergie renouvelable, car la chaleur est produite en permanence à l'intérieur de la Terre.

Énergie primaire

Énergie disponible dans les ressources naturelles (comme le charbon, le pétrole brut, le soleil ou l'uranium), n'ayant subi aucune conversion ni transformation anthropique.

Ensemble de données

Corpus de données sur une question particulière.

Envasement

Dépôt de particules de terre et de roche, finement divisées, au fond d'un lit de ruisseau ou de rivière ou d'un réservoir.

Épidémiologie

Branche de la médecine qui a trait à l'incidence, à la répartition et au contrôle éventuel des maladies et d'autres facteurs de la santé.

Équipements sociaux

Lieux, bâtiments ou infrastructures destinés à être partagés et à devenir des points de convergence pour les communautés locales et environnantes. Il est devenu indispensable que les villages et les zones de peuplement disposent d'équipements sociaux complets et bien conçus au profit des communautés locales et environnantes, afin de les aider à mener à bien leurs fonctions et activités sociales – contribuant ainsi à façonner une société unie, harmonieuse, avancée, dynamique et progressiste.

Équité

Impartialité des droits, de la distribution et de l'accès. Selon le contexte, ce terme peut se rapporter aux ressources, aux services ou aux dynamiques de pouvoir.

Équivalent en dioxyde de carbone (équivalent CO₂, éq CO₂)

Unité de mesure universelle du potentiel de réchauffement global des différents gaz à effet de serre. Le dioxyde de carbone – un gaz naturel qui est un sous-produit de la combustion des combustibles fossiles et de la biomasse, des changements d'utilisation du sol et d'autres processus industriels – est la substance de référence pour la mesure de l'effet de serre produit par d'autres gaz.

Espèce

Groupe d'organismes qui se croisent isolément de tous les autres organismes sur le plan reproductif. Il existe cependant de nombreuses exceptions partielles à ajouter à cette définition. L'espèce est une unité taxonomique fondamentale généralement reconnue qui, dès lors qu'elle est décrite et acceptée, est associée à une dénomination scientifique unique.

Espèce en danger

Espèce qui, à la lumière des données les plus fiables, répond à l'un des critères A à E correspondant à la catégorie En danger énoncés dans la Liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) et, en conséquence, est confrontée à un risque très élevé d'extinction à l'état sauvage.



Espèce envahissante

Espèce introduite qui s'est propagée au-delà de sa zone d'introduction (ou, plus rarement, espèce indigène ayant récemment accru sa population). Les espèces envahissantes sont fréquemment associées à des effets négatifs sur l'environnement, l'économie humaine ou la santé humaine.

Espèce allogène (espèce non indigène, espèce allochtone, espèce exotique)

Espèce introduite de manière volontaire ou involontaire hors de son aire de répartition normale.

Espèce allogène envahissante

Espèce végétale ou animale, agent pathogène ou autre organisme non indigène à un écosystème et pouvant causer des dommages économiques ou environnementaux ou nuire à la santé humaine. Ces espèces ont notamment des effets négatifs sur la biodiversité, tels que le déclin ou l'élimination d'espèces indigènes – par la concurrence, la prédation ou la transmission d'agents pathogènes – et la perturbation des écosystèmes locaux et de leurs fonctions.

Estuaire

Passage où la marée rencontre le courant d'un fleuve.

Étalement urbain

Décentralisation du noyau urbain par le développement illimité et dispersé des constructions vers l'extérieur, au-delà de la frange urbaine. L'étalement se traduit par une faible densité des développements résidentiels et commerciaux qui exacerbe la fragmentation des pouvoirs quant à l'utilisation du sol.

Eutrophisation

Dégradation de la qualité de l'eau causée par un enrichissement par des nutriments, notamment l'azote et le phosphore, se traduisant par la croissance excessive et la décomposition de végétaux (principalement des algues). L'eutrophisation d'un lac contribue normalement à sa lente mutation en tourbière ou marécage, puis en terre sèche. Elle peut être accélérée par les activités humaines qui exacerbent le processus de vieillissement.

Eutrophisation des océans

Processus entraîné par l'enrichissement de l'eau en nutriments, en particulier en composés d'azote ou de phosphore, induisant une augmentation de la croissance, de la productivité primaire et de la biomasse des algues, des changements dans l'équilibre des organismes, ainsi qu'une dégradation de la qualité de l'eau. Les conséquences de l'eutrophisation sont considérées comme indésirables si elles dégradent sensiblement la santé et la biodiversité des écosystèmes ou la prestation durable de biens et de services. L'azote et le phosphore sont les principaux nutriments inorganiques responsables de l'eutrophisation des eaux marines. Ces éléments sont naturellement présents dans les eaux marines, sont transférés depuis la terre ferme par les cours d'eau, les rivières et le ruissellement des eaux de pluie, et proviennent également de la dégradation des matières organiques présentes dans l'eau.

Évaluation de l'impact sur l'environnement

Processus ou procédure analytique d'examen systématique des conséquences éventuelles sur l'environnement de la mise en œuvre d'une activité ou d'un projet donné. Cette évaluation a pour objectif d'assurer, préalablement à la prise décisionnelle, la mesure des conséquences sur l'environnement des choix arrêtés en lien avec une activité donnée.

Évaluation environnementale

Ensemble du processus consistant à réaliser une évaluation et une analyse objectives de l'information destinée à étayer la prise de décision en matière d'environnement. L'évaluation environnementale adjoint le jugement des experts aux connaissances existantes pour fournir des réponses

scientifiquement crédibles aux questions d'ordre stratégique, en quantifiant si possible le niveau de confiance. Elle réduit la complexité, tout en apportant une valeur ajoutée en résumant, en synthétisant et en élaborant des scénarios, et permet de parvenir à un consensus en distinguant ce qui est connu et largement accepté de ce qui ne l'est pas. Elle sensibilise la communauté scientifique aux besoins politiques et fournit aux acteurs politiques les outils scientifiques de base pour éclairer l'action.

Évaluation environnementale stratégique (EES)

Éventail de démarches analytiques et participatives qui visent à intégrer des considérations d'ordre environnemental dans les politiques, plans et programmes et à évaluer les liens avec les enjeux d'ordre économique et social. Les plans, programmes et politiques peuvent faire l'objet d'une EES. Celle-ci aide les décideurs à mieux comprendre les interactions entre les dimensions environnementales, sociales et économiques.

Évapotranspiration

Combinaison des pertes d'eau dues à l'évaporation du sol ou de la surface de l'eau et à la transpiration des plantes et des animaux.

Exode

Action de quitter un lieu pour s'installer dans un autre, notamment à l'intérieur du même pays.

Explorateur de données environnementales (portail de données GEO)

Source de référence pour les données utilisées par le PNUÉ et ses partenaires dans l'annuaire GEO ainsi que dans d'autres processus intégrés d'évaluation de l'environnement. Cette base de données en ligne contient plus de 500 variables différentes : des statistiques nationales, régionales et sous-régionales, ainsi que des données géospatiales (cartes) couvrant des thèmes aussi variés que l'eau douce, la population, les forêts, les émissions, le climat, les catastrophes, la santé et le PIB.

Externalité

Coût qui n'est pas compris dans la valeur marchande d'un bien ou d'un service produit. Une externalité est subie par d'autres personnes que celles qui en sont la cause, comme le coût de la restauration de l'environnement après une contamination causée par le rejet de polluants.

Faune

Ensemble des animaux sauvages et, plus particulièrement, des espèces indigènes d'une région.

Flore

Ensemble des plantes sauvages et, plus particulièrement, des espèces indigènes d'une région.

Flux environnementaux

Quantité, périodicité et qualité des flux d'eau nécessaires pour soutenir les écosystèmes d'eau douce et estuariens ainsi que les moyens de subsistance et le bien-être des populations qui dépendent de ces écosystèmes. Par la mise en œuvre de flux environnementaux, les gestionnaires de l'eau s'efforcent d'obtenir un régime ou un modèle de flux qui permette des utilisations par les êtres humains tout en maintenant les processus essentiels nécessaires pour soutenir des écosystèmes fluviaux sains.

Fonction d'un écosystème

Caractéristique intrinsèque d'un écosystème, liée à l'ensemble des conditions et des processus par lesquels il maintient son intégrité (la productivité primaire, la chaîne alimentaire et les cycles biogéochimiques, par exemple). La décomposition, la production, le cycle nutritif et les flux de nutriments et d'énergie figurent parmi les fonctions des écosystèmes, entre autres processus.



Forçage radiatif

Mesure de la variation nette du bilan énergétique entre la Terre et l'espace, c'est-à-dire la variation de l'écart entre le rayonnement solaire entrant et le rayonnement terrestre sortant.

Force d'inertie

Force par laquelle un observateur explique la validité de la deuxième loi du mouvement d'Isaac Newton dans un cadre de référence qui pivote ou accélère à un rythme constant. La force centrifuge, la force de Coriolis et le principe de D'Alembert sont des exemples de forces d'inertie.

Force motrice

Force socio-économique déterminante qui exerce une pression sur l'état de l'environnement.

Forêt

Terre s'étendant sur plus de 0,5 ha et abritant des arbres de plus de 5 m de hauteur avec un couvert de plus de 10 % ou des arbres susceptibles d'atteindre ces seuils sur place. Les terres principalement agricoles ou à usage urbain ne sont pas incluses dans cette définition.

Forêt de plantation

Peuplement forestier établi par la plantation ou l'ensemencement dans le cadre d'une activité de boisement ou de reboisement. Le peuplement se compose soit d'essences introduites (telles toutes les plantations forestières), soit d'essences indigènes à croissance rapide, qui répondent à tous les critères suivants : une ou deux essences lors de la plantation, de même catégorie d'âge, et espacées régulièrement.

Fracturation hydraulique

Procédé qui favorise l'expansion des centrales au gaz en fournissant une vaste quantité de gaz naturel à bas prix à un marché de l'électricité en difficulté face à la hausse continue des prix du charbon depuis 2001.

Fragmentation de l'habitat

Altération de l'habitat entraînant la séparation spatiale d'unités d'habitat qui étaient continues par le passé.

Fragmentation des cours d'eau

Mesure dans laquelle la connectivité des rivières et les régimes d'écoulement ont été modifiés, généralement par des barrages et des réservoirs.

Fruer

Déposer ou féconder les œufs ; produire des alevins, généralement en grand nombre.

Frontière écosystémique

Zone de transition entre deux habitats adjacents. Les frontières écosystémiques sont présentes à l'état naturel dans tous les biomes, mais elles se sont considérablement multipliées en raison de la modification anthropique de l'habitat. Une frontière écosystémique se caractérise par un changement profond dans la composition des communautés végétales et animales ; cette transition peut être abrupte, graduelle ou même s'étaler sur une série de types d'habitats intermédiaires.

Frontières planétaires

Cadre conçu pour définir un espace opérationnel sûr pour l'humanité comme condition préalable au développement durable ; créé à l'intention des acteurs de la communauté internationale, y compris tous les échelons gouvernementaux, les organisations internationales, la société civile, la communauté scientifique et le secteur privé.

Gaz à effet de serre (GES)

Éléments gazeux, à la fois naturels et anthropiques, présents dans l'atmosphère, qui absorbent et émettent un rayonnement thermique. Cette propriété produit l'effet de serre. La vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), l'oxyde nitreux (N₂O), le méthane (CH₄) et l'ozone (O₃) sont les principaux gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère. Les halocarbures et les autres substances renfermant du chlore et du brome sont des gaz à effet de serre d'origine anthropique présents dans l'atmosphère. Outre le CO₂, le N₂O et le CH₄, le Protocole de Kyoto aborde également l'hexafluorure de soufre (SF₆), les hydrofluorocarbures (HFC) et les perfluorocarbures (PFC).

Genre

Le genre renvoie aux rôles, comportements, activités et attributs qu'une société donnée, à un moment donné, considère comme appropriés pour les hommes et les femmes. Outre les attributs et perspectives d'ordre social liés au fait d'être un homme ou une femme ainsi que les relations entre les femmes et les hommes et entre les filles et les garçons, le terme « genre » renvoie également aux relations entre femmes et à celles entre hommes. Ces attributs, perspectives et relations sont attribués par la société et s'apprennent au cours de différents processus de socialisation. Ils sont propres à un contexte et à une époque donnés, et sont ainsi évolutifs. Le genre détermine ce qui est attendu, autorisé et valorisé chez une femme ou un homme dans un contexte spécifique. Le genre fait partie du contexte socioculturel général, tout comme d'autres critères importants pour l'analyse socioculturelle, tels que la classe, l'appartenance ou le groupe ethnique, le niveau de pauvreté, l'orientation sexuelle ou l'âge.

Géomorphologie

Étude des caractéristiques physiques de la surface de la Terre et de leur relation avec ses structures géologiques.

Gestion d'un écosystème

Approche permettant de maintenir ou de rétablir la composition, la structure, la fonction et la production de services d'un écosystème naturel ou modifié dans une optique de durabilité. Cette approche adaptative et collaborative projette une vision pour l'avenir, qui intègre des perspectives écologiques, socio-économiques et institutionnelles, appliquées dans un cadre géographique et définies principalement par des frontières écologiques naturelles.

Gestion des forêts

Ensemble des processus de planification et de mise en œuvre de pratiques d'administration et d'exploitation des forêts et autres terrains boisés, dans le but d'atteindre des objectifs précis d'ordre environnemental, économique, social ou culturel.

Gestion des risques de catastrophe

Application de politiques et de stratégies visant à prévenir la survenue de nouveaux risques de catastrophe, à réduire les risques existants et à maîtriser les risques résiduels, dans une perspective de renforcement de la résilience et de réduction des pertes. On distingue trois catégories de mesures de gestion des risques de catastrophe : la gestion prospective, la gestion corrective et la gestion compensatoire (également appelée gestion des risques résiduels).

Gestion durable des forêts (GDF)

Gestion et exploitation des forêts et des terres forestières selon des modalités et un calendrier qui préservent leur biodiversité, leur productivité, leur capacité de régénération, leur vitalité et leur potentiel pour remplir, aujourd'hui et à l'avenir, les fonctions écologiques, économiques et sociales escomptées aux échelons local, national et mondial, sans causer de dommages pour les autres écosystèmes.



Gestion fondée sur la résilience

Approche de gestion des récifs coralliens mettant l'accent sur les processus essentiels à la capacité des coraux à résister aux effets du stress lié au climat (résistance) et à se rétablir (recrutement, croissance et survie) après des impacts majeurs.

Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)

Processus qui promeut le développement et la gestion coordonnés de l'eau, de la terre et des ressources connexes, dans le but de maximiser équitablement les prestations économiques et sociales sans compromettre la durabilité des écosystèmes vitaux.

Gestion intégrée des zones côtières

Ensemble d'approches qui intègrent les perspectives économiques, sociales et écologiques aux fins de la gestion des ressources et des zones côtières.

Gouvernance

Action, processus ou pouvoir de gouverner dans le cadre de l'organisation des sociétés. À titre d'exemple, la gouvernance s'exerce aux échelles de l'État, des marchés, ou encore des groupes civils et des organisations locales. Elle se manifeste aussi à travers des institutions (lois, systèmes des droits de propriété et diverses formes d'organisation sociale).

Gouvernance adaptative

Approche de la gouvernance qui intègre des méthodes de gestion adaptative, d'élaboration de politiques d'adaptation et de gestion de la transition afin de traiter des enjeux complexes, dynamiques et incertains. La gouvernance adaptative repose sur des mécanismes institutionnels polycentriques pour la prise de décision à de multiples échelles. Couvrant les niveaux local et mondial, cette forme de gouvernance permet d'adopter des approches de gestion des écosystèmes fondées sur la collaboration, la flexibilité et l'apprentissage.

Gouvernance environnementale

Moyen par lequel la société détermine et concrétise les objectifs et priorités liés à la gestion des ressources naturelles. Cette démarche intègre les règles formelles et informelles qui gouvernent les comportements humains dans les processus de prise de décision, ainsi que les décisions elles-mêmes. La constitution de cadres juridiques appropriés aux échelons mondial, régional, national et local est une condition préalable à une bonne gouvernance environnementale.

Gouvernance environnementale mondiale (internationale)

Regroupement de lois et d'institutions qui régissent les interactions entre la société et la nature et déterminent le devenir de l'environnement.

Habitat

1) Emplacement ou type de site où un organisme ou une population réside naturellement.

2) Zone terrestre ou aquatique qui se distingue par des caractéristiques géographiques, abiotiques et biotiques totalement ou partiellement naturelles.

Haute mer

Région océanique exclue de la juridiction nationale, située au-delà de la zone économique exclusive à une nation et de toutes les eaux territoriales.

Hectare global

Surface hypothétique mesurant un hectare et ayant une capacité de production des ressources et d'absorption des déchets égale à la moyenne mondiale.

Helminthe

Tout parasite appartenant à l'embranchement des vers.

Herbier marin

Profusion de plantes marines ressemblant à des herbes, observée généralement dans les zones peu profondes, sablonneuses ou boueuses des fonds marins.

Hétérogénéité

Qualité ou état de la diversité de caractère ou de contenu.

Hybridation

Accouplement d'un animal ou d'une plante avec un individu d'une autre espèce ou variété.

Hydrochlorofluorocarbures (HCFC)

Substances organiques et artificielles composées d'atomes d'hydrogène, de chlore, de fluor et de carbone. Comme ils ont un potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone beaucoup plus faible que celui des CFC, les HCFC ont été considérés comme des substituts provisoires acceptables des CFC.

Hydrométéorologie

Branche de la météorologie qui traite de l'eau dans l'atmosphère, notamment sous forme de précipitations.

Hydroponique

Processus de croissance des plantes dans le sable, dans le gravier ou dans un liquide, avec des nutriments ajoutés, mais sans terre.

Hygiène du milieu

Aspects de la santé et des maladies des humains qui sont déterminés par des facteurs environnementaux. L'hygiène du milieu se rapporte aussi à l'évaluation (théorique et pratique) des facteurs environnementaux susceptibles de nuire à la santé ainsi qu'à l'évaluation de la lutte contre ces facteurs. Elle englobe à la fois les effets pathologiques directs des produits chimiques, du rayonnement et de certains agents biologiques, et les effets – souvent indirects – sur la salubrité et l'hygiène de l'ensemble de l'environnement physique, psychologique, social et esthétique, ce qui comprend le logement, le développement urbain, l'utilisation du sol et les transports.

Hypoxie

Manque d'oxygène. Dans le contexte de l'eutrophisation et des fleurs d'eau, l'hypoxie résulte d'un processus qui consomme l'oxygène dissous dans l'eau. La prolifération d'algues (fleurs d'eau) rend l'eau plus opaque, réduisant ainsi la lumière disponible pour la végétation aquatique submergée et mettant à mal les modalités d'utilisation bénéfiques de l'eau par les humains. Lorsque les algues meurent, elles coulent au fond et sont décomposées par des bactéries qui utilisent l'oxygène disponible. L'hypoxie est particulièrement aiguë à la fin de l'été, à tel point que dans certaines zones, appelées « zones mortes », seules les bactéries peuvent y survivre.

In vitro

Se dit d'un processus mené ou se déroulant dans une éprouvette, une boîte à cultures ou un autre milieu extérieur à un organisme vivant.

Indice différentiel normalisé de végétation (indice foliaire)

Pour déterminer la densité de verdure d'une parcelle de terre, les chercheurs observent les couleurs (longueurs d'onde) de la lumière du soleil visible et proche de l'infrarouge réfléchi par les plantes. Comme on peut le voir à travers un prisme, le spectre de la lumière solaire se compose d'un grand nombre de longueurs d'onde différentes. Lorsque la lumière du soleil illumine un objet, certaines



longueurs d'onde de ce spectre sont absorbées et d'autres sont réfléchies. Le pigment des feuilles des plantes, la chlorophylle, absorbe fortement la lumière visible (de 0,4 à 0,7 µm) pour l'utiliser dans la photosynthèse. La structure cellulaire des feuilles, en revanche, réfléchit fortement l'infrarouge proche (de 0,7 à 1,1 µm). Plus une plante a de feuilles, plus ces longueurs d'onde respectives de la lumière sont affectées.

Infrastructure naturelle

Réseau stratégiquement planifié et géré de terres naturelles, telles que des forêts et des zones humides, des paysages exploités et d'autres espaces ouverts, qui préservent ou améliorent les valeurs et les fonctions des écosystèmes et procurent des avantages connexes aux populations humaines.

Inondations

Phénomène généralement classé en trois catégories : les crues de rivières, les crues soudaines et les ondes de tempête. Une crue de rivière résulte de précipitations intenses ou persistantes sur une grande surface. Une crue soudaine (ou crue éclair) est généralement un événement local résultant de précipitations intenses qui affectent une zone de faible étendue sur une brève durée. Une onde de tempête se produit lorsque les eaux de crue de l'océan ou d'un grand lac submergent la terre ferme, poussées par les vents ou tempêtes.

Insecticides systémiques à base de fipronil

Classe d'insecticides aux propriétés systémiques, à base de phénylpyrazole (fipronil). Leurs caractéristiques physico-chimiques, principalement évaluées en fonction de leur coefficient de partage octanol-eau (Kow) et de leur constante de dissociation (pKa), favorisent leur pénétration dans les tissus végétaux et leur translocation vers toutes les parties de la plante. Quels que soient le mode d'application et la voie d'entrée dans la plante, ils circulent dans tous les tissus végétaux, ce qui les rend toxiques pour les insectes (et, éventuellement, pour d'autres organismes) qui se nourrissent de la plante. Celle-ci est ainsi protégée contre les dommages directs causés par les insectes herbivores (qui se nourrissent principalement de sève) et, indirectement, contre les dommages causés par les phytovirus transmis par les insectes.

Institutions

Régularisation des modes d'interaction par lesquels la société s'organise, comprenant les règles, les pratiques et les conventions qui structurent les relations humaines. Ce terme générique peut englober le droit, les relations sociales, les droits de propriété et les systèmes fonciers, les normes, les croyances, les coutumes et les codes de conduite, de même que les accords environnementaux, les conventions internationales et les mécanismes de financement multilatéraux. Une institution peut être officielle (de façon explicite et écrite, souvent avec l'aval de l'État) ou informelle (de manière non écrite, implicite, tacite, acceptée et convenue mutuellement).

Instruments de marché

Éventail de mesures et d'approches, résolument stratégiques, qui influent sur les résultats par leur effet sur les coûts et les avantages. Aux mains des décideurs politiques, ces instruments peuvent orienter le fonctionnement de marchés établis ou en créer de nouveaux. On les appelle aussi « instruments économiques » parce qu'ils attribuent une valeur aux actifs et influent directement sur les décisions fondées sur des enjeux liés aux prix et aux revenus.

Intégration

Prise en considération d'un facteur en tant que partie intégrante d'une problématique.

Intégration de la dimension de genre

Stratégie choisie par le système des Nations Unies pour mettre en œuvre l'égalité des femmes et des filles par rapport aux hommes et aux garçons. L'intégration de la dimension de genre

est le processus d'évaluation des implications, pour les femmes et les hommes, de toute action planifiée, notamment les lois, les politiques et les programmes, dans tous les domaines et à tous les niveaux. Elle fait des préoccupations et expériences des femmes aussi bien que des hommes une dimension intégrale de la conception, de la mise en œuvre, du suivi et de l'évaluation des politiques et programmes dans toutes les sphères politiques, économiques et sociales – ce, afin d'en faire bénéficier les femmes et les hommes sur un pied d'égalité et d'éviter la perpétuation des inégalités. Le but ultime est de parvenir à l'égalité entre les sexes.

Intendance

Travail consistant à superviser ou à gérer une organisation ou un bien.

Intensification de l'agriculture

D'un point de vue technique, il s'agit de la hausse de la production agricole par unité d'intrants tels que la main-d'œuvre, les terres, le temps, l'engrais, les semences, l'alimentation animale ou l'argent. Dans la pratique, l'intensification correspond soit à une augmentation du volume total de la production agricole résultant d'une productivité accrue des intrants, soit au maintien de la production agricole alors que certains intrants sont réduits (par exemple, par l'épandage plus efficace d'une quantité d'engrais moindre, par un meilleur ciblage de la protection des plantes ou des animaux, ou par la production de cultures mixtes ou en relais sur des champs plus petits). L'intensification qui prend la forme d'une hausse de la production est particulièrement importante lorsqu'il est nécessaire d'accroître l'approvisionnement alimentaire, notamment en période de croissance démographique rapide. L'intensification par l'utilisation plus efficace des intrants est parfois plus cruciale face à des enjeux d'ordre environnemental ou social. Dans les deux cas, les changements causés par l'intensification se conçoivent par opposition aux rajustements profonds, qui impliquent une hausse ou une baisse de la quantité des intrants utilisés. Historiquement, le rajustement profond le plus courant et le plus efficace de la production agricole a consisté à accroître ou à réduire la superficie des terres cultivées.

Intensité énergétique

Rapport entre la consommation d'énergie et le résultat économique ou physique. À l'échelle nationale, l'intensité énergétique correspond au rapport entre la consommation totale d'énergie primaire ou finale domestique et le produit intérieur brut ou les extrants physiques. Plus l'intensité énergétique est faible, plus l'utilisation de l'énergie est efficace.

Interaction eau-énergie-alimentation

Élément essentiel du développement durable. La demande de ces trois types de produits augmente sous l'effet de la croissance démographique mondiale, de l'urbanisation rapide, de l'évolution des régimes alimentaires et de la croissance économique. L'agriculture est le secteur le plus consommateur de ressources en eau douce du monde, et plus du quart de l'énergie utilisée dans le monde est consacré à la production et à l'approvisionnement alimentaires. Les liens inextricables entre ces domaines essentiels nécessitent une approche intégrée à même de garantir la sécurité de l'eau et de l'alimentation, ainsi qu'une production agricole et énergétique durable dans le monde entier.

Intersectionnalité

Reconnaissance de l'imbrication des identités et des rôles sociaux, dont des effets tendent à se recouper. L'identité de tout individu reflète et une série de catégories sociales et culturelles qui la façonnent, telles que l'ethnie, la classe sociale, le genre, l'orientation sexuelle et la religion. Au sein de la société, des oppressions s'exercent à l'encontre d'identités multiples et interdépendantes.

Inventaire des émissions

Inventaire détaillé des quantités et des types de polluants rejetés dans l'environnement.



Irrigation (au) goutte à goutte

Procédé consistant à faire couler de l'eau sur le sol à très faible débit (de 2 à 20 litres par heure) à partir d'un système de tubes en plastique de petit diamètre munis de sorties appelées goutteurs. L'eau est appliquée à proximité des plantes, de sorte que seule une partie du sol dans lequel les racines poussent est humidifiée, contrairement à l'irrigation de surface ou par aspersion, qui consiste à mouiller tout le profil du sol. Les applications goutte à goutte sont plus fréquentes qu'avec les autres méthodes (généralement tous les 1 à 3 jours), ce qui permet d'obtenir un niveau d'humidité du sol élevé, particulièrement favorable à la croissance végétale.

Justice environnementale

Mécanisme de responsabilité pour la protection des droits et pour la prévention et la sanction des infractions liées aux impacts disproportionnés de la croissance sur les personnes démunies et vulnérables, en raison de la hausse de la pollution et de la dégradation des services écosystémiques, et d'un accès inéquitable à l'utilisation des actifs naturels et des ressources extractives et aux avantages qui en découlent.

Kératinocyte

Type de cellule présent dans l'épiderme. Les kératinocytes de la surface externe de l'épiderme sont morts et forment une couche protectrice résistante. Les cellules basales se scindent pour reconstituer l'approvisionnement.

Légitimité

Mesure de l'acceptabilité politique ou de la perception de la justice. Les lois d'un État ont une légitimité au sein de celui-ci ; la réglementation et les pratiques locales fonctionnent selon un système de sanction sociale, à savoir que leur légitimité découle de l'organisation et des relations sociales.

Lymphome non hodgkinien

Tumeur appartenant à un groupe principal de cancers des lymphocytes (globules blancs). Les lymphomes non hodgkiniens, qui peuvent apparaître à tout âge, se manifestent souvent par les symptômes suivants : ganglions lymphatiques plus volumineux que la normale, fièvre et perte de poids. Il existe de nombreux types de lymphomes non hodgkiniens, répartis en types agressifs (à croissance rapide) et indolents (à croissance lente), et formés de cellules B ou de cellules T.

Mangrove

Groupement d'arbres ou d'arbustes qui pousse dans des marécages côtiers, principalement tropicaux, qui sont inondés à marée haute. Les mangroves ont généralement de nombreuses racines enchevêtrées au-dessus du sol et forment des fourrés denses.

Marginalisation

Traitement d'une personne, d'un groupe ou d'un concept comme étant insignifiant ou marginal.

Mariculture

Culture d'organismes marins dans leur milieu naturel.

Matières particulaires (MP)

Petites particules solides ou gouttelettes liquides en suspension dans l'air.

Mécanisme de développement propre (MDP)

Mécanisme prévu au titre de l'article 12 du Protocole de Kyoto pour aider les pays en développement à réaliser un développement durable. Il s'agit d'autoriser les pays industrialisés qui financent des projets de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les pays en développement à bénéficier des crédits carbone correspondants.

Mégalopole (mégapole)

Zone urbaine de plus de 10 millions d'habitants.

Mélanome conjonctival

Lésion pigmentée de la surface oculaire. Cette tumeur peu commune, mais potentiellement dévastatrice, peut envahir les tissus locaux de l'œil, se propager de façon systémique par le drainage lymphatique et la propagation hématogène, et réapparaître en dépit des traitements.

Mélanome malin cutané

Principal sous-type de mélanome malin, ce néoplasme malin prend naissance dans les mélanocytes. Les mélanocytes se trouvent principalement dans la couche basale de l'épiderme, mais ils sont aussi présents ailleurs dans l'organisme. Le mélanome primaire cutané est de loin le type de mélanome primaire le plus courant, bien qu'il puisse se produire dans d'autres tissus, à l'image du mélanome malin uvéal primaire.

Mesure d'incitation économique

Mesure continue, d'ordre monétaire ou quasi monétaire, visant à encourager les entités polluantes à réduire leurs rejets de polluants nocifs. Les mesures d'incitation économique incitent donc le secteur privé à intégrer la réduction de la pollution dans leurs décisions de production ou de consommation et à innover de manière à rechercher en permanence la méthode de réduction la moins coûteuse.

Métaux lourds

Sous-ensemble d'éléments qui présentent des propriétés métalliques, y compris les métaux de transition et les métalloïdes – tels que l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb et le zinc –, associés à la contamination et à une toxicité potentielle.

Méthémoglobinémie

Maladie caractérisée par un excès de méthémoglobine dans le sang. La méthémoglobine est une forme d'hémoglobine qui ne transporte pas d'oxygène. La méthémoglobinémie entraîne une carence en oxygène dans les tissus. Ses principaux symptômes sont la migraine, les vertiges, la fatigue, l'essoufflement, les nausées, les vomissements, la tachycardie, la perte de coordination musculaire et le bleuissement de la peau. La méthémoglobinémie peut être causée par une blessure ou par l'exposition à certains médicaments, produits chimiques ou aliments. C'est également une maladie héréditaire.

Microhabitat

Habitat de taille réduite ou d'étendue limitée qui se distingue de certains habitats environnants plus vastes.

Microperle

Minuscule sphère d'un plastique (comme le polyéthylène ou le polypropylène).

Microplastiques

Petits morceaux de plastique, de moins de cinq millimètres de longueur, qui peuvent être nocifs pour la vie océanique et aquatique.

Milliard

10⁹ (1 000 000 000). Correspond à l'anglais *billion*.

Modèle Forces motrices–Pressions–État–Impact–Réponse (Driving Forces–Pressure–State–Impact–Response, DPSIR)

Modèle adopté par le PNUE pour ses évaluations de l'avenir de l'environnement mondial (GEO). Selon ce modèle d'analyse systémique, les forces motrices du développement social et économique exercent des pressions sur l'environnement qui en



modifient l'état. L'évolution de l'état de l'environnement a des impacts – notamment sur le bien-être humain et la santé des écosystèmes – qui donnent lieu à des réponses humaines pour y remédier : contrôles sociaux, réorientation des investissements ou encore stratégies et interventions politiques visant à influencer l'activité humaine. Enfin, ces réponses ont un effet sur l'état de l'environnement, directement ou indirectement, par le biais des forces motrices ou des pressions. Les politiques existantes doivent de plus en plus être évaluées à l'aune de leur approche face aux moteurs et aux impacts des enjeux environnementaux.

Mondialisation

Intégration croissante des économies et des sociétés du monde entier, notamment par le biais des flux commerciaux et financiers et des transferts culturels et technologiques.

Monoculture

Culture ou croissance d'une seule espèce ou d'un seul organisme, en particulier sur des terres agricoles ou forestières.

Mont sous-marin

Élévation du fond océanique formée par l'activité volcanique.

Morphologie

1) Caractéristiques physiques des organismes vivants.

2) Branche de la biologie qui traite de la forme des organismes vivants et des relations entre leurs structures.

Mortalité toutes causes confondues

Mesure de l'ensemble des décès survenus dans une population, quelle qu'en soit la cause. Évaluée dans le cadre d'essais cliniques, elle sert d'indicateur du caractère sûr ou dangereux d'une intervention.

Moyens de subsistance

Moyens par lesquels une personne gagne l'argent dont elle a besoin pour obtenir de la nourriture, un endroit où vivre, des vêtements, etc.

Mycotoxines

Composés toxiques produits naturellement par certains types de moisissures (champignons). Les moisissures susceptibles de produire des mycotoxines prolifèrent sur de nombreuses denrées alimentaires telles que les céréales, les fruits secs, les noix et les épices. L'expansion des moisissures peut se produire avant ou après la récolte, ou lors du stockage, à la surface ou à l'intérieur des aliments eux-mêmes, souvent dans des conditions de chaleur, d'humidité et de trempage. La plupart des mycotoxines sont chimiquement stables et survivent à la transformation des aliments.

Nanoparticule (nanomatériau)

Matériau naturel, connexe ou manufacturé contenant des particules libres, sous forme d'agrégat ou d'agglomérat, dont au moins 50 % des particules, dans la répartition numérique par taille, présentent une ou plusieurs dimensions externes se situant entre 1 nanomètre et 100 nanomètres (un nanomètre est un milliardième de mètre).

Néonicotinoïdes

Classe d'insecticides neurotoxiques interférant avec l'acétylcholine, qui sont utilisés dans divers domaines allant de la médecine vétérinaire à l'aménagement urbain, en passant par l'utilisation dans de nombreux systèmes agricoles en tant qu'agents de protection des cultures. Les diverses méthodes d'application des néonicotinoïdes vont de la pulvérisation foliaire sur les parties aériennes des plantes au trempage des racines dans le sol et à l'injection dans le tronc des arbres. Toutefois, on estime qu'environ 60 % de toutes les applications mondiales de néonicotinoïdes sont effectuées sous forme de traitements des semences ou du sol.

Neurotoxine

Poison qui agit sur le système nerveux.

Neutralité en matière de dégradation des terres

État dans lequel la quantité et la qualité des ressources terrestres nécessaires pour soutenir les fonctions et les services des écosystèmes et renforcer la sécurité alimentaire restent stables ou augmentent à des échelles temporelles et spatiales déterminées et dans des écosystèmes donnés.

Niveaux trophiques

Stades successifs de l'alimentation, représentés par les maillons de la chaîne alimentaire. Les producteurs primaires (le phytoplancton) constituent le premier niveau trophique, le zooplancton herbivore, le deuxième niveau, et les organismes carnivores, le troisième niveau.

Nutriments

Éléments chimiques, au nombre de 20 environ (dont l'azote, le soufre, le phosphore et le carbone), reconnus comme essentiels pour la croissance des organismes vivants.

Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD)

Ensemble de huit objectifs allant de la réduction de moitié de l'extrême pauvreté à l'arrêt de la propagation du VIH/sida, en passant par l'éducation primaire universelle, le tout avant la date butoir de 2015. Ces objectifs ont constitué un schéma directeur approuvé par tous les pays et tous les principaux organismes de développement dans le monde.

Océanographie

Branche de la science qui traite des propriétés et des phénomènes physiques et biologiques de la mer.

Orbite géostationnaire

Orbite circulaire à 35 785 km au-dessus de l'équateur terrestre, pour laquelle la période orbitale d'un satellite est égale à la période de rotation de la Terre, soit 23 heures et 56 minutes. Pour un observateur sur Terre, un vaisseau spatial sur cette orbite semble être stationnaire. Cette orbite particulière est utilisée pour les satellites météorologiques et de communication. L'orbite géostationnaire est un cas particulier de l'orbite géosynchrone, qui s'entend comme toute orbite dont la période est égale à la période de rotation de la Terre.

Organisation

Organisme composé de plusieurs personnes ayant en commun un objectif précis. Il peut s'agir d'une organisation politique (parti politique, gouvernement, ministère), économique (fédération d'un secteur industriel), sociale (organisation non gouvernementale, groupe d'entraide) ou religieuse (Église, fondation religieuse). Il importe de distinguer les termes « organisation » et « institution ».

Organismes dépositaires

Organismes des Nations unies (et dans certains cas, d'autres organisations internationales) chargés de compiler et vérifier les données et métadonnées des pays, et de soumettre les données, ainsi que les agrégats régionaux et mondiaux, à la Division de statistique des Nations unies (DSNU). Il est également attendu de ces agences qu'elles prennent l'initiative d'élaborer les indicateurs manquants.

Oxydant

Corps ayant la propriété d'oxyder.

Ozone troposphérique

Ozone de la couche inférieure de l'atmosphère, à laquelle les humains, les cultures et les écosystèmes sont exposés.

Panacée

Solution universelle à toutes les difficultés ou remède à toutes les maladies.



Parasitisme

Fait, pour une entreprise ou une personne, de profiter des actions et des efforts d'une autre sans en payer ni en partager les coûts. Par exemple, un magasin de vente au détail peut décider, en vue d'accroître son chiffre d'affaires, d'engager des frais de formation de son personnel afin que celui-ci puisse montrer aux clients potentiels le fonctionnement d'un appareil électroménager.

Toutefois, un client peut décider par la suite d'acheter le produit chez un autre détaillant qui le vend à un prix inférieur et dont la stratégie commerciale consiste à ne pas engager de tels coûts de formation et de démonstration. On dira que le second détaillant « parasite » les efforts et les coûts engagés par le premier. Si une telle situation persiste, le premier détaillant ne sera pas incité à poursuivre ses efforts.

Partenariat public-privé

Accord contractuel entre un organisme public (national, régional ou local) et une entité du secteur privé. Dans ce type d'accord, les compétences et les atouts de chaque secteur (public et privé) sont mis en commun en vue de la prestation d'un service ou de la réalisation de projets de construction.

Pastoralisme

Élevage d'animaux domestiques comme moyen principal d'obtenir des ressources.

Pathogène

Bactérie, virus ou autre micro-organisme susceptible de provoquer une maladie.

Pâturage

Terrain recouvert d'herbages, exploité ou exploitable pour le pâturage du bétail.

Pauvreté

État d'une personne qui est privée d'une quantité définie de biens matériels ou d'argent. La pauvreté absolue renvoie à un état de manque face aux besoins humains fondamentaux, qui comprennent généralement l'eau potable, la nutrition, les soins de santé, l'éducation, les vêtements et le logement.

Pédagogie transformatrice

Approche éducative progressiste qui englobe une pédagogie démocratique fondée sur le constructivisme, pour la promotion de la justice sociale et des idéaux démocratiques, afin de transformer les élèves et la société. La pédagogie transformatrice permet aux apprenants de s'engager dans un dialogue pour co-construire un sens à partir de supports et d'expériences pédagogiques, grâce à une approche basée sur l'enquête (par opposition à ce que Paulo Freire appelle une orientation « bancaire »). Elle favorise également les expériences personnelles, la pédagogie dialogique et l'arrimage de l'éducation à la justice sociale.

Pénurie d'eau

État correspondant à un approvisionnement en eau inférieur à 1 000 m³ par personne ou à une utilisation de plus de 40 % de l'eau disponible.

Pérenne

Ayant une durée ou une existence longue ou apparemment infinie ; ayant un caractère de durabilité ou de récurrence continue.

Pergélisol

Sol, vase et roche situés dans des zones perpétuellement froides et demeurant gelés sans interruption pendant au moins deux ans.

Période glaciaire

Période de l'histoire de la Terre marquée par l'étendue exceptionnelle des glaces polaires et de montagne à la surface de la Terre.

Périurbain

Se dit (particulièrement en Afrique) d'une zone immédiatement adjacente à une ville ou à une zone urbaine.

Pernicieux

Néfastes, notamment de manière graduelle ou sournoise.

Perturbateur endocrinien

Substance externe qui interfère avec une ou plusieurs fonctions du système hormonal (en les imitant, en les bloquant, en les inhibant ou en les stimulant) et qui, par conséquent, provoque des effets néfastes sur la santé d'un organisme intact d'une personne, de sa progéniture, d'une population ou d'une sous-population.

Phénologie

Étude des phénomènes naturels cycliques et saisonniers, notamment en ce qui concerne le climat et la vie végétale et animale.

Photoconjonctivite

Inflammation de la conjonctive de l'œil causée par l'exposition au rayonnement ultraviolet.

Photokératite

Affection oculaire douloureuse qui se produit lorsque l'œil est exposé à un rayonnement ultraviolet (UV), des rayons d'énergie invisibles provenant soit du soleil, soit d'une source artificielle.

Phytoplanctons

Végétaux microscopiques en suspension ou nageant lentement dans un courant d'eau douce ou d'eau de mer.

Planification de l'utilisation du sol

1) Évaluation systématique du potentiel des terres et de l'eau, des autres modes d'utilisation du sol et des autres conditions physiques, sociales et économiques, afin de sélectionner et d'adopter les modalités d'utilisation du sol les plus avantageuses pour les utilisateurs.

2) Évaluation systématique des impacts environnementaux, économiques et sociaux de l'éventail d'utilisations potentielles des sols afin de déterminer le schéma d'utilisation optimal. La planification de l'utilisation du sol et la planification systématique de la conservation ont rarement été envisagées explicitement comme des outils dans les scénarios de portée mondiale.

Plastifiant

Substance (généralement un solvant) ajoutée à une résine synthétique pour lui donner de la plasticité et de la souplesse et pour réduire sa fragilité.

Pneumonie

Infection bactérienne, virale ou fongique d'un ou des deux poumons, qui provoque l'accumulation de liquide ou de pus dans les alvéoles. Les principaux symptômes, bénins ou graves selon le cas, sont la toux accompagnée de mucosités, la fièvre, les frissons et les difficultés respiratoires. Les principaux facteurs qui influent sur la gravité de la pneumonie sont le type de germe à l'origine de l'infection pulmonaire, l'âge du patient et son état de santé général. La pneumonie est généralement plus grave chez les enfants de moins de 5 ans, les adultes de plus de 65 ans, les personnes atteintes de certaines maladies telles que l'insuffisance cardiaque, le diabète et la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), et les personnes dont le système immunitaire est affaibli par le sida, la chimiothérapie ou les greffes d'organes ou de cellules souches du sang et de la moelle osseuse.

Point de bascule

Point critique où l'évolution d'une situation entraîne un développement nouveau ou irréversible.



Point de levier

Point de la structure d'un système où une force relativement faible peut provoquer un changement. Un point de levier est faible si une petite quantité de force provoque un changement mineur dans le comportement du système ; il est puissant si une petite quantité de force provoque un changement majeur.

Politique

Forme d'intervention ou de réponse sociétale, comprenant les déclarations d'intention, mais aussi d'autres formes d'intervention, telles que l'utilisation d'instruments économiques, la création de marchés, l'octroi de subventions, la réforme institutionnelle, la réforme juridique, la décentralisation et le développement institutionnel. Une politique peut être considérée comme un outil pour l'exercice de la gouvernance. Lorsqu'une telle intervention est mise en œuvre par l'État, elle est appelée « politique publique ».

Politique environnementale

Politique visant à répondre aux problèmes et aux défis environnementaux.

Polluant

Substance susceptible de nuire à l'environnement lorsqu'elle intègre le sol, l'eau ou l'air.

Polluant secondaire

Polluant issu non pas d'une émission directe, mais de la réaction d'autres polluants (polluants primaires) dans l'atmosphère.

Polluants organiques persistants (POP)

Substances chimiques qui persistent dans l'environnement, se bioaccumulent dans la chaîne alimentaire et ont des effets potentiellement néfastes sur la santé humaine et l'environnement.

Pollution

Présence de minéraux, de produits chimiques ou de propriétés physiques à un taux dépassant une valeur seuil entre une qualité « bonne ou acceptable » et une qualité « médiocre et inacceptable », cette valeur étant fonction du polluant à l'étude.

Pollution par les éléments nutritifs

Contamination des ressources aquatiques causée par la pénétration de nutriments en quantité excessive.

Polycentrique

Qui a de nombreux centres, notamment de direction ou de contrôle.

Polyfluoroalkyles et perfluoroalkyles (PFAS)

Vaste groupe de produits chimiques fabriqués, comprenant notamment le PFOA, le PFOS et le GenX. Les PFAS sont fabriqués et utilisés dans diverses industries du monde entier, y compris aux États-Unis depuis les années 1940. L'APFO et le SPFO sont les PFAS les plus couramment produits et étudiés. Ces deux composés sont très persistants dans l'environnement et dans le corps humain, ce qui signifie qu'ils ne se décomposent pas et qu'ils peuvent s'accumuler avec le temps. D'après des données probantes, l'exposition aux PFAS peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine.

Prédiction

Tentative de présager l'avenir prévisible ou de décrire la prévision, par exemple : « Il fera 30 °C demain, donc nous irons à la plage. »

Pression sur l'environnement

Pression résultant d'activités humaines qui entraînent des changements dans l'état de l'environnement.

Principe de précaution

Principe selon lequel, si une action (ou une politique) présente un risque présumé de causer des dommages aux humains ou à l'environnement – en l'absence d'un consensus scientifique quant

au caractère nocif de l'action –, le fardeau de la preuve de son innocuité incombe aux auteurs de l'action en question.

Prises accessoires

Poissons et autres créatures marines indésirables capturés lors de la pêche commerciale d'une autre espèce.

Production participative

Processus de résolution de problème et de production qui implique l'impartition de tâches à un réseau de personnes (les participants). Ce processus peut se dérouler aussi bien en ligne que hors ligne.

Productivité primaire nette (PPN)

Vitesse à laquelle toutes les plantes d'un écosystème produisent de l'énergie chimique utile nette. Une partie de la production primaire nette est affectée à la croissance et à la reproduction des producteurs primaires, tandis qu'une autre partie est consommée par les herbivores.

Produit intérieur brut (PIB)

Valeur de tous les biens et services finaux produits dans un pays en un an. Le PIB est la somme de tous les revenus d'une économie – salaires, intérêts, bénéfices et loyers – et de ses dépenses – consommation, investissements, achats publics –, à laquelle on ajoute ses exportations nettes (exportations moins importations).

Projection

Tentative de présager l'avenir en fonction d'hypothèses relatives à certaines conditions préalables, ou de décrire la prévision, par exemple : « En supposant qu'il fasse 30 °C, nous irons à la plage. »

Protocole de Kyoto

Protocole de la Convention-cadre de 1992 des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) adopté lors de la troisième séance de la Conférence des Parties de la CCNUCC de 1997 à Kyoto, au Japon. Le Protocole contient des engagements ayant force d'obligation, en sus de ceux qui sont inclus dans la CCNUCC. Les pays inclus dans l'annexe B du Protocole (la majorité des pays de l'OCDE et des pays dont l'économie est en transition) ont convenu de lutter contre les émissions anthropiques nationales de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ et NF₃) dans le but de réduire les émissions totales de ces pays jusqu'à au moins 5 % en dessous des niveaux de 1990 au cours de la période d'engagement (de 2008 à 2012).

Ptérygion

Croissance de la conjonctive, soit la muqueuse qui recouvre la partie blanche de l'œil sur la cornée. La cornée est la couche transparente qui recouvre le devant de l'œil. Cette croissance bénigne (non cancéreuse) est souvent en forme de pointe. Le ptérygion ne cause généralement pas de problèmes et ne nécessite aucun traitement, mais il peut être retiré s'il nuit à la vision.

Qualité de l'eau

Ensemble des caractéristiques chimiques, physiques et biologiques de l'eau, habituellement eu égard à son adéquation avec un usage particulier.

Quasi-capitaux propres

Forme de dette d'entreprise pouvant être considérée comme possédant certains caractères des capitaux propres, tels que l'absence d'une sûreté servant de garantie.

Question interdisciplinaire

Question qui ne peut être suffisamment appréhendée ou expliquée qu'en fonction des interactions de plusieurs de ses dimensions, lesquelles sont, en temps normal, définies séparément.

Reboisement

Plantation d'une forêt sur des terres précédemment boisées, mais converties depuis à d'autres usages.



Réchauffement planétaire

Variation de la température atmosphérique – ou température planétaire – induite par les émissions atmosphériques de gaz à effet de serre.

Récolte

Quantité totale récoltée d'une culture (voir la définition de *culture*).

Recul des glaciers

Phénomène qui amène le front glaciaire à se situer plus haut dans la vallée qu'auparavant. Un glacier recule lorsque la fonte ou l'ablation de la glace est plus rapide que l'accumulation des chutes de neige et la formation de la nouvelle masse glaciaire. La hausse des températures et la diminution des chutes de neige ont récemment provoqué le recul de nombreux glaciers, partout dans le monde.

REDD/REDD+

Réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation forestière dans les pays en développement. Le mécanisme REDD+ vise la régénération des forêts existantes et l'augmentation de la couverture forestière. Afin d'atteindre ces objectifs, les politiques doivent entraîner l'augmentation des stocks de carbone en fournissant une aide financière et des investissements dans ces domaines.

Réduction des risques de catastrophe

Cadre conceptuel des éléments visant à atténuer la vulnérabilité et les risques de catastrophe dans une société afin d'éviter (prévention) ou de limiter (atténuation et préparation) les effets négatifs des dangers, dans le contexte général du développement durable.

Réfugiés et déplacés environnementaux

Personnes contraintes de quitter leur habitat traditionnel de manière temporaire ou permanente, en raison d'une perturbation environnementale (naturelle ou anthropique) de grande ampleur mettant en péril leur existence ou affectant grièvement leur qualité de vie (Science pour la paix). Ces personnes font partie intégrante de l'ensemble des migrants désignés sous le nom de réfugiés environnementaux. Il s'agit notamment des migrants contraints de fuir en raison d'une catastrophe naturelle telle qu'une éruption volcanique ou un tsunami.

Régime foncier

Relation définie légalement ou coutumièrement entre les personnes, en tant qu'individus ou groupes, en ce qui concerne la terre (par commodité, le terme « terre » englobe ici d'autres ressources naturelles telles que l'eau et les arbres). Le régime foncier est une institution, c'est-à-dire un ensemble de règles inventées par les sociétés pour réguler les comportements. Ces règles définissent le mode de répartition des droits de propriété sur la terre au sein des sociétés. Elles définissent la manière d'accorder l'accès aux droits d'utilisation, de contrôle et de transfert des terres, ainsi que les responsabilités et les restrictions y afférentes. En termes simplifiés, le régime foncier détermine qui peut utiliser quelles ressources, pendant combien de temps et dans quelles conditions.

Région tempérée

Région où le climat subit des changements saisonniers de température et d'humidité. Les régions tempérées de la Terre se situent principalement entre 30° et 60° de latitude dans les deux hémisphères.

Renforcement des capacités

Processus par lequel une personne, une organisation ou une société acquiert, renforce et maintient la capacité de fixer et d'atteindre ses propres objectifs de développement au fil du temps.

Réseau social

Structure sociale composée d'un ensemble d'acteurs, tels que des particuliers ou des organisations, et des liens tissés entre ces acteurs (relations, connexions, interactions, etc.).

Résilience d'un écosystème

Niveau de perturbation que peut subir un écosystème sans dépasser le seuil qui en ferait une structure différente ou produirait des résultats différents. La résilience dépend de la dynamique écologique ainsi que de la capacité organisationnelle et institutionnelle des humains à comprendre cette dynamique, à la gérer, et à y répondre.

Résilience écologique

Capacité d'un système à absorber les perturbations et à se réorganiser tout en s'adaptant à des changements afin de conserver essentiellement sa fonction, sa structure, son identité et ses rétroactions.

Résistance aux antimicrobiens

Capacité d'un micro-organisme (notamment les bactéries, les virus et certains parasites) à empêcher un antimicrobien (antibiotique, antiviral, antipaludéen, etc.) d'agir contre lui. Cette résistance rend les traitements conventionnels inefficaces, de sorte que l'infection persiste et demeure transmissible.

Résistance

Capacité d'un système à faire face aux impacts des forces motrices sans s'éloigner de son état actuel.

Ressources naturelles

Matériaux ou substances, tels que les minéraux, les forêts, l'eau et les terres fertiles, qui se trouvent dans la nature et peuvent être utilisés à des fins économiques.

Restauration d'un écosystème

Processus d'aide à la remise en état d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit.

Rétroaction

Réaction qui influe sur un changement non linéaire soit en l'atténuant (rétroaction négative), soit en le renforçant (rétroaction positive).

Riverain

Situé sur une rivière ou une rive.

Rivulaire

Situé sur la rive d'un plan d'eau naturel, généralement une rivière, mais parfois un lac, des eaux de marée ou une mer fermée.

Ruissellement

Partie des eaux de pluie, de neige fondue ou d'irrigation qui s'écoule sur la surface terrestre jusque dans un cours d'eau. Les eaux de ruissellement peuvent intercepter des polluants atmosphériques ou terrestres et les faire pénétrer dans les eaux réceptrices.

Sahel

Bande de végétation intermédiaire, vaguement définie, qui sépare le désert du Sahara, au nord, des savanes tropicales, au sud. On y pratique l'agriculture et le pâturage. Étant donné les conditions environnementales difficiles qui prévalent en bordure du désert, le Sahel est très sensible aux changements de couverture végétale d'origine anthropique. La région englobe des portions du Sénégal, de la Gambie, de la Mauritanie, du Mali, du Niger, du Nigéria, du Burkina Faso, du Cameroun et du Tchad.



Salinisation

Processus par lequel les sels solubles dans l'eau s'accumulent dans le sol. La salinisation peut se produire naturellement ou résulter de certaines pratiques de gestion.

Santé d'un écosystème

Mesure dans laquelle i) les facteurs écologiques et leurs interactions sont suffisamment viables et ii) leur fonctionnement assure la résilience, la productivité et le renouvellement continus de l'écosystème.

Santé humaine

État de bien-être complet, physique, mental et social. La santé n'a pas uniquement trait à l'absence de maladie ou d'infirmité.

Scénario

Description hypothétique de l'avenir (« si..., alors... »), comprenant généralement la représentation d'une situation initiale et la description des forces motrices et des changements menant à un état futur donné. Par exemple : « Étant donné que nous sommes en vacances sur la côte, s'il fait 30 °C demain, nous irons à la plage ».

Science participative (science citoyenne)

Collecte et analyse de données relatives au monde naturel par des citoyens, en général dans le cadre d'un projet collaboratif avec des scientifiques professionnels.

Scientifique citoyen

Membre du grand public qui collecte et analyse des données relatives au monde naturel, généralement dans le cadre d'un projet de collaboration avec des scientifiques professionnels.

Secteur privé

Segment de l'économie d'un pays qui regroupe les industries et les sociétés commerciales qui ne sont ni détenues ni contrôlées par le gouvernement.

Secteur public

Partie de la société qui comprend le secteur général des administrations publiques ainsi que toutes les sociétés publiques, y compris la banque centrale.

Sécurité (des personnes et de l'environnement)

Ensemble de mesures comprenant l'accès aux ressources naturelles et autres, le droit de vivre à l'abri de la violence, de la criminalité et de la guerre, ainsi que la protection contre les catastrophes d'origine naturelle ou anthropique.

Sécurité alimentaire

Accès physique et économique à une nourriture qui répond aux besoins alimentaires des personnes ainsi qu'à leurs préférences alimentaires.

Sécurité de l'eau

Terme qui englobe l'utilisation durable et la protection des systèmes hydriques, la protection contre les dangers liés à l'eau (inondations et sécheresses), le développement durable des ressources hydriques et la sauvegarde des fonctions et services de l'eau (accès à l'eau) pour les humains et l'environnement.

Sédiment

Matériau solide issu principalement de la désintégration des roches et transporté, en suspension ou déposé dans ou par l'eau, le vent, la glace et les agents organiques.

Sédimentation

Au sens strict, action ou processus de dépôt des sédiments en suspension dans l'eau ou la glace. Plus généralement, la sédimentation englobe tous les processus d'accumulation de

particules rocheuses formant des dépôts sédimentaires. Dans son acception courante, la sédimentation se produit par le transport par l'eau, le vent, la glace et les agents organiques.

Séquençage complet du génome

Processus de laboratoire servant à déterminer la quasi-totalité des quelque 3 milliards de nucléotides de la séquence complète de l'ADN d'un individu, y compris la séquence non terminale.

Séquestration

Dans le rapport GEO-5, ce terme désigne la capture du dioxyde de carbone de manière à empêcher sa libération dans l'atmosphère pendant une période donnée.

Séquestration du carbone

Processus d'augmentation de la teneur en carbone d'un réservoir autre que l'atmosphère.

Services culturels

Dans le contexte des écosystèmes, avantages non matériels pour les personnes, tels que l'enrichissement spirituel, le développement cognitif, les loisirs et l'expérience esthétique.

Services d'approvisionnement

Produits obtenus des écosystèmes, tels que les ressources génétiques, les aliments et fibres ainsi que l'eau douce.

Services de régulation

Avantages issus de la réglementation des processus écosystémiques, notamment la réglementation relative au climat, à l'eau et à certaines maladies humaines.

Seuil

Niveau d'ampleur auquel un changement soudain ou rapide se produit dans le cadre d'un processus systémique. À l'atteinte d'un seuil, de nouvelles propriétés émergent dans un système écologique, économique ou autre, invalidant les prédictions basées sur les relations mathématiques qui s'appliquaient à des niveaux inférieurs.

Société civile

Ensemble des organisations et institutions non gouvernementales représentant les intérêts et la volonté des citoyens.

Socio-économique

Relatif à une combinaison de facteurs sociaux et économiques.

Source d'énergie renouvelable

Source d'énergie qui ne repose pas sur des stocks finis de combustibles. La source renouvelable la plus connue est l'énergie hydraulique ; la bioénergie, l'énergie solaire, les marées, les vagues et le vent sont d'autres sources d'énergie renouvelable.

Statistiques sur l'environnement

Statistiques qui décrivent l'état et les tendances de l'environnement, couvrant les milieux naturels (air et climat, eau, terre et sol), les organismes vivants dans ces milieux et les implantations humaines.

Stock de carbone

Quantité de carbone contenue dans un réservoir ou un système ayant la capacité de l'accumuler ou de le libérer.

Stress hydrique

État par lequel un approvisionnement insuffisant en eau limite la production alimentaire et le développement économique, affectant ainsi la santé humaine. Une zone subit un stress hydrique lorsque l'approvisionnement en eau annuel est inférieur à 1 700 m³ par personne.



Substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO)

Substances chimiques organiques, telles que les composés organiques volatils (COV), qui, lorsqu'elles sont libérées dans l'atmosphère, peuvent réagir avec la lumière du soleil et les oxydes d'azote (NO_x) pour former de l'ozone troposphérique (au niveau du sol). Deux catégories principales de pesticides sont à l'origine de la grande majorité des émissions de COV des pesticides : les fumigants et les concentrés émulsifiables.

Surexploitation

Extraction excessive de matières premières effectuée sans tenir compte de l'impact écologique à long terme.

Surpâturage

Pâturage (alimentation du bétail) excessif, causant des dommages aux prairies.

Surveillance de l'environnement

Établissement de mesures régulières et comparables ou de séries chronologiques de données sur l'environnement.

Synergie

Interaction entre deux ou plusieurs processus, organisations, substances ou autres agents produisant un résultat supérieur à la somme de leurs effets isolés.

Système

Ensemble de composants en interaction dans un espace délimité.

Système alimentaire

Ensemble d'activités allant de la production à la consommation. Ce concept général englobe la sécurité alimentaire et ses composantes – la disponibilité, l'accès et l'utilisation – ainsi que les résultats sociaux et environnementaux de ces activités. Les systèmes alimentaires des pays en développement ont été largement reconfigurés par la mondialisation. Ce changement offre aux travailleurs du secteur alimentaire de réelles possibilités d'accéder à des emplois nouveaux et meilleurs. Pourtant, les petits producteurs et les autres travailleurs du secteur alimentaire restent bien trop souvent privés des bénéfices générés par les entreprises alimentaires.

Système de plafonnement et d'échange

Système réglementaire ou de gestion qui fixe un quota d'émissions ou d'utilisation des ressources naturelles et, après répartition de ce quota, laisse le marché des droits d'émission ou d'utilisation déterminer leur prix.

Système de production sylvopastoral

Intégration des arbres et des arbustes dans les pâturages broutés par les animaux, dans une optique de durabilité économique, écologique et sociale.

Système écologique social

Système adaptatif complexe, composé d'entités humaines et non humaines diverses et interdépendantes. Ce système s'adapte aux variations de son environnement et fait évoluer, à son tour, ledit environnement.

Système mondial d'observation

Ensemble d'activités de surveillance coordonnées qui permettraient de recueillir des données indispensables à l'échelle mondiale sur divers indicateurs tels que la biodiversité, la qualité et la quantité de l'eau, la pollution atmosphérique, la dégradation des sols et les rejets de produits chimiques.

Système mondial des systèmes d'observation de la Terre (GEOSS)

Réseau visant à relier des systèmes d'observation de la Terre existants et prospectifs (par exemple, les satellites et réseaux des stations météorologiques et les bouées océaniques) dans le monde

entier, à soutenir le développement de nouveaux systèmes là où des carences existent, et à promouvoir des normes techniques communes afin que les données provenant de milliers d'instruments différents puissent être combinées en ensembles de données cohérents. Le GEOSS vise à fournir des outils d'aide à la décision aux acteurs politiques et à d'autres utilisateurs, dans des domaines tels que la santé, l'agriculture et la gestion des catastrophes.

Système terrestre

Système socio-environnemental complexe composé d'éléments et de processus physiques, chimiques, biologiques et sociaux en interaction, qui déterminent l'état et l'évolution de la planète et de la vie sur Terre.

Systèmes de suivi et d'information communautaires (CBMIS)

Initiatives portées par les populations autochtones et les organismes communautaires locaux visant à assurer le suivi du bien-être de leur communauté et de l'état de leurs territoires et ressources naturelles, par la combinaison de connaissances traditionnelles et d'outils et approches innovants.

Tarif de soutien

Politique énergétique visant à soutenir le développement et la diffusion de la production d'énergie renouvelable. Dans un système de tarifs de soutien, les fournisseurs d'énergie provenant de sources renouvelables (énergie solaire, éolienne ou hydroélectrique notamment) bénéficient d'un prix établi à partir de leurs coûts de production. Cette garantie d'achat est généralement offerte à long terme ; la durée peut varier de 5 à 20 ans, mais elle se situe le plus souvent entre 15 et 20 ans. Le coût est généralement partagé avec les consommateurs d'électricité.

Taxonomie

Système de catégories et de sous-catégories (*taxa*) reflétant des liens évolutifs ou des similitudes morphologiques.

TechnoGarden

Scénario dépeignant un monde connecté à l'échelle planétaire qui s'appuie principalement sur la technologie (souvent complexe) et sur des écosystèmes faisant l'objet d'une gestion de haut niveau, pour fournir des services écosystémiques.

Technologie

Ensemble des artefacts physiques et des corpus de savoir dont ils sont l'expression. Les structures d'extraction de l'eau, les puits tubés, les utilisations de l'énergie renouvelable et les connaissances traditionnelles sont des exemples de technologies. Il existe des liens entre la technologie et les institutions. Toute technologie possède un ensemble de pratiques et de règlements touchant son usage, son accès, sa distribution et sa gestion.

Téledétection

Collecte de données sur un objet à distance. Dans le domaine de l'environnement, il s'agit généralement de données aériennes ou satellitaires destinées à la météorologie, à l'océanographie ou à l'évaluation de la couverture terrestre.

Tempête de sable et de poussière

Risque météorologique courant dans les régions arides et semi-arides. Ces tempêtes sont généralement causées par des orages – ou de forts gradients de pression associés aux cyclones – qui augmentent la vitesse du vent sur une zone étendue. Ces vents forts soulèvent dans l'atmosphère de grandes quantités de sable et de poussière présentes sur des sols nus et secs, qu'ils transportent sur des centaines ou des milliers de kilomètres. Environ 40 % des aérosols de la troposphère (la couche la plus basse de l'atmosphère terrestre) sont des particules de poussière provenant de l'érosion



éolienne. Les principales sources de ces poussières minérales sont les régions arides d'Afrique du Nord, de la péninsule arabique, de l'Asie centrale et de la Chine. Comparativement, l'apport de l'Australie, de l'Amérique et de l'Afrique du Sud est mineur, mais néanmoins important. Les estimations des émissions mondiales de poussières, dérivées principalement de modèles de simulation, sont de l'ordre de une à trois gigatonnes par an.

Terre arable

Terre cultivée temporairement (une double récolte n'est comptabilisée qu'une seule fois), prairie temporaire utilisée pour le fauchage ou le pâturage, terre maraîchère ou potagère, ou terre temporairement en jachère (moins de cinq ans). Les terres abandonnées à la suite d'une transformation des modes de culture ne sont pas incluses dans cette catégorie.

Théorie du changement

Méthode démontrant comment une intervention donnée ou un ensemble d'interventions permet d'escompter un développement spécifique, sur la base d'une analyse causale fondée sur les données disponibles.

Topographie

Étude ou description détaillée des caractéristiques de reliefs d'une région donnée.

Tourbière

Type de zone humide commun à presque tous les pays de la planète et couvrant actuellement 3 % de la surface terrestre mondiale. Le terme « tourbière » fait référence au sol tourbeux et à l'habitat humide qui pousse à sa surface.

Tourbillons océaniques

Vaste système de courants océaniques en rotation, principalement entraîné par les vents. Il existe de grands tourbillons dans l'océan Indien, l'Atlantique Nord, le Pacifique Nord, l'Atlantique Sud et le Pacifique Sud.

Traitement des eaux usées

Procédé mécanique, biologique ou chimique servant à modifier la qualité des eaux usées afin de réduire les taux de pollution.

Transfert de technologie

Ensemble de processus concernant les flux de savoir-faire, d'expérience et de matériel entre différentes parties prenantes.

Transformation

Dans le contexte de GEO-5, série d'actions qui explore les voies pour éviter que le système terrestre continue à évoluer dans la mauvaise direction, tout en instaurant les ressources, les capacités et un environnement favorable pour tous, conformément à la vision d'un monde durable.

Transition

Transformation non linéaire, systématique et fondamentale de la composition et du fonctionnement d'un système sociétal, comprenant des changements dans les structures, les cultures et les pratiques.

Transpiration

Perte de vapeur d'eau provenant de certaines parties des plantes, en particulier les feuilles, mais aussi les tiges, les fleurs et les racines.

Urbanisation

Accroissement de la proportion de la population vivant dans les zones urbaines.

Urbanisme

Intégration du développement urbain et rural fondée sur l'utilisation durable des ressources et la convergence du bien-être humain.

Utilisation du sol

Dimension fonctionnelle du sol à l'aune d'un éventail d'objectifs humains ou d'activités économiques. Les catégories d'utilisation du sol comprennent par exemple l'agriculture, l'utilisation à des fins industrielles, les transports et les zones protégées.

Variabilité du climat

Variations de l'état moyen et autres statistiques relatives au climat (écart-type et survenance des extrêmes, par exemple) sur toutes les échelles temporelles et spatiales, au-delà des événements météorologiques individuels. La variabilité peut être due à des processus naturels internes du système climatique (variabilité interne) ou à des variations de forçages externes d'origine naturelle ou anthropique (variabilité externe).

Vérification au sol

Processus par lequel on compare le contenu d'images satellites, de photographies aériennes ou de cartes basées sur celles-ci à la réalité du terrain, lors de visites de sites et d'enquêtes sur le terrain. La vérification au sol permet de valider l'exactitude des images ou les modes d'interprétation pour la production de cartes.

Ville intelligente

Ville qui intègre les technologies de l'information et de la communication (TIC) afin d'améliorer la qualité et la performance de services urbains tels que l'énergie, les transports et les services publics en vue de réduire la consommation de ressources, le gaspillage et les coûts globaux. L'objectif principal d'une ville intelligente est d'améliorer la qualité de vie de ses citoyens grâce à des technologies intelligentes.

Vulnérabilité

Caractéristique intrinsèque des personnes à risque. La vulnérabilité est une fonction de l'exposition, de la sensibilité aux impacts de l'unité touchée (bassin versant, île, ménage, village, ville, pays, etc.) et de sa capacité ou son incapacité à y faire face ou à s'y adapter. La vulnérabilité est multidimensionnelle, multidisciplinaire, multisectorielle et dynamique. L'exposition est liée à différents aléas tels que la sécheresse, les conflits ou les fluctuations extrêmes des prix, ainsi qu'aux conditions sous-jacentes d'ordre économique, institutionnel et environnemental.

Zettaoctet

Unité d'information égale à environ 10^{21} octets ou, plus précisément, 2^{70} octets.

Zika

Virus de type *Flavivirus* (famille des flaviviridés) transmis par les moustiques, présent dans certaines régions d'Afrique et en Malaisie ; il provoque la fièvre Zika.

Zone aride

Zone caractérisée par des pénuries d'eau, entravant deux principaux services écologiques interdépendants : la production primaire et le cycle nutritif. On distingue généralement quatre sous-groupes de zones arides, soit, par niveau croissant d'aridité (ou de manque d'humidité) : les zones subhumides sèches, semi-arides, arides et hyperarides.

Zone boisée

Terre boisée non classée en tant que forêt, s'étendant sur plus de 0,5 ha, abritant des arbres de plus de 5 m de haut avec un couvert de 5 à 10 %, ou des arbres capables d'atteindre ces seuils *in situ*, ou dont le couvert total des buissons, arbustes et arbres dépasse

10 %. Les zones utilisées principalement à des fins agricoles ou urbaines ne répondent pas à cette définition.

Zone humide

Zone de marécage, de fen, de tourbière ou d'eau, naturelle ou artificielle, permanente ou temporaire, dont l'eau est statique ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris les zones d'eau marine dont la profondeur à marée basse ne dépasse pas six mètres.

Zone marine protégée (ZMP)

Zone marine définie géographiquement, désignée ou réglementée, et gérée dans le cadre d'objectifs de conservation spécifiques.

Zone protégée (aire protégée)

Espace géographique clairement défini, reconnu, ciblé et géré par des moyens juridiques ou d'autres moyens efficaces, en vue d'une conservation à long terme de la nature ainsi que des services écosystémiques et des valeurs culturelles qui lui sont associés.

Zoonose

Infection ou maladie transmissible des animaux aux humains dans des conditions naturelles.



« Le sixième rapport de la série L'avenir de l'environnement mondial constitue un bilan de santé essentiel pour notre planète. Comme tout examen médical digne de ce nom, il expose clairement ce qui risque d'advenir si nous poursuivons la trajectoire actuelle, et préconise un ensemble de remèdes. Il révèle aussi bien les dangers de la procrastination que les occasions dont nous disposons pour faire du développement durable une réalité. »

António Guterres, Secrétaire général des Nations Unies



Publié à l'occasion de la quatrième Assemblée des Nations Unies sur l'environnement, le sixième Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial (2019) exhorte les décideurs à prendre instamment des mesures audacieuses face aux enjeux environnementaux urgents, afin d'atteindre les objectifs de développement durable ainsi que d'autres objectifs environnementaux convenus au niveau international, tels que l'Accord de Paris.

Le Programme des Nations Unies pour l'environnement a publié le premier rapport L'avenir de l'environnement mondial (GEO) en 1997. En réunissant une communauté forte de centaines de scientifiques, de pairs évaluateurs ainsi que d'institutions et de partenaires collaborateurs, les rapports GEO s'appuient sur des connaissances scientifiques solidement étayées pour fournir aux gouvernements, aux autorités locales, aux entreprises et aux citoyens les informations nécessaires pour guider les sociétés vers un monde résolument durable d'ici à 2050.

Le rapport GEO-6 fait fond sur les conclusions des précédents rapports GEO, notamment les six évaluations régionales (2016) ; il présente l'état actuel de l'environnement, illustre les scénarios tendanciels futurs et analyse l'efficacité des politiques. Ce rapport phare montre comment les gouvernements peuvent mettre le monde sur la voie d'un avenir véritablement durable. Il souligne que les décideurs à tous les niveaux doivent prendre d'urgence des mesures inclusives pour une planète saine et une humanité en bonne santé.

ONU 
environnement

