

# GEO-6

ÉVALUATION RÉGIONALE POUR  
L'AMÉRIQUE DU NORD



Droit d'auteur © 2016, Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE),  
No : DEW/1967/NA  
ISBN : 978-92-807-3547-5

### **Avertissement**

Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du PNUE aucune prise de position quant au statut juridique ou aux autorités des pays, territoires, villes, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Pour des orientations générales sur des questions liées à l'utilisation de cartes dans les publications, veuillez consulter le site <http://www.un.org/Depts/Cartographic/french/htmain.htm>.

La mention d'une entreprise commerciale ou d'un produit dans la présente publication ne saurait constituer un cautionnement par le Programme des Nations Unies pour l'environnement.

### **Reproduction**

La présente publication peut être reproduite en entier ou en partie sous toute forme aux fins de services éducatifs ou sans but lucratif sans permission spéciale du détenteur des droits d'auteur, à condition que la source soit mentionnée. Les responsables du PNUE aimeraient recevoir une copie de toute publication utilisant la présente publication comme source.

Cette publication ne peut faire l'objet de revente ou toute autre activité commerciale que ce soit sans l'accord préalable et par écrit du Programme des Nations Unies pour l'environnement. Les demandes à cet égard doivent être accompagnées d'un énoncé de l'objet et de la portée de la reproduction et adressées au directeur, Division de communication et d'information publique (DCIP), PNUE, C.P. 30552, Nairobi, 00100, Kenya.

Les données contenues dans la présente publication concernant un produit de marque déposée ne peuvent pas être utilisées à des fins publicitaires.

### **Façon recommandée de citer la publication :**

PNUE (2016). Évaluation régionale GEO-6 pour l'Amérique du Nord. Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi (Kenya).

### **Crédits**

© Cartes, photos et illustrations tels que précisés.

### **Photos de la page couverture (de gauche à droite) : Couverture avant**

Joseph Sohm / Shutterstock.com; Muskoka Stock Photos / Shutterstock.com; Inozemtsev Konstantin / Shutterstock.com; Joshua Resnick; SurangaSL / Shutterstock.com

Couverture arrière

Pi-Lens / Shutterstock.com; Jeff Zenner Photography / Shutterstock.com, Luciano Mortula / Shutterstock.com; Leonid Ikan / Shutterstock.com; cdrin / Shutterstock.com

Conception de la couverture : Audrey Ringler; PNUE

Conception et disposition : Paul Odhiambo, PNUE; BNUN/Publishing Services Section Printing : BNUN/Publishing Services Section/Nairobi, certifiée ISO 14001:2004

Ce rapport en format de livre numérique et de PDF peut être consulté et téléchargé à l'adresse <http://www.unep.org/publications/>.

L'évaluation intégrale est disponible par l'intermédiaire du PNUE en direct ([uneplive.unep.org](http://uneplive.unep.org)) et en format de livre numérique.

UNEP promotes environmentally sound practices globally and in its own activities. This report is printed on paper from sustainable forests including recycled fibre. The paper is chlorine free and the inks vegetable-based. Our distribution policy aims to reduce UNEP's carbon footprint.

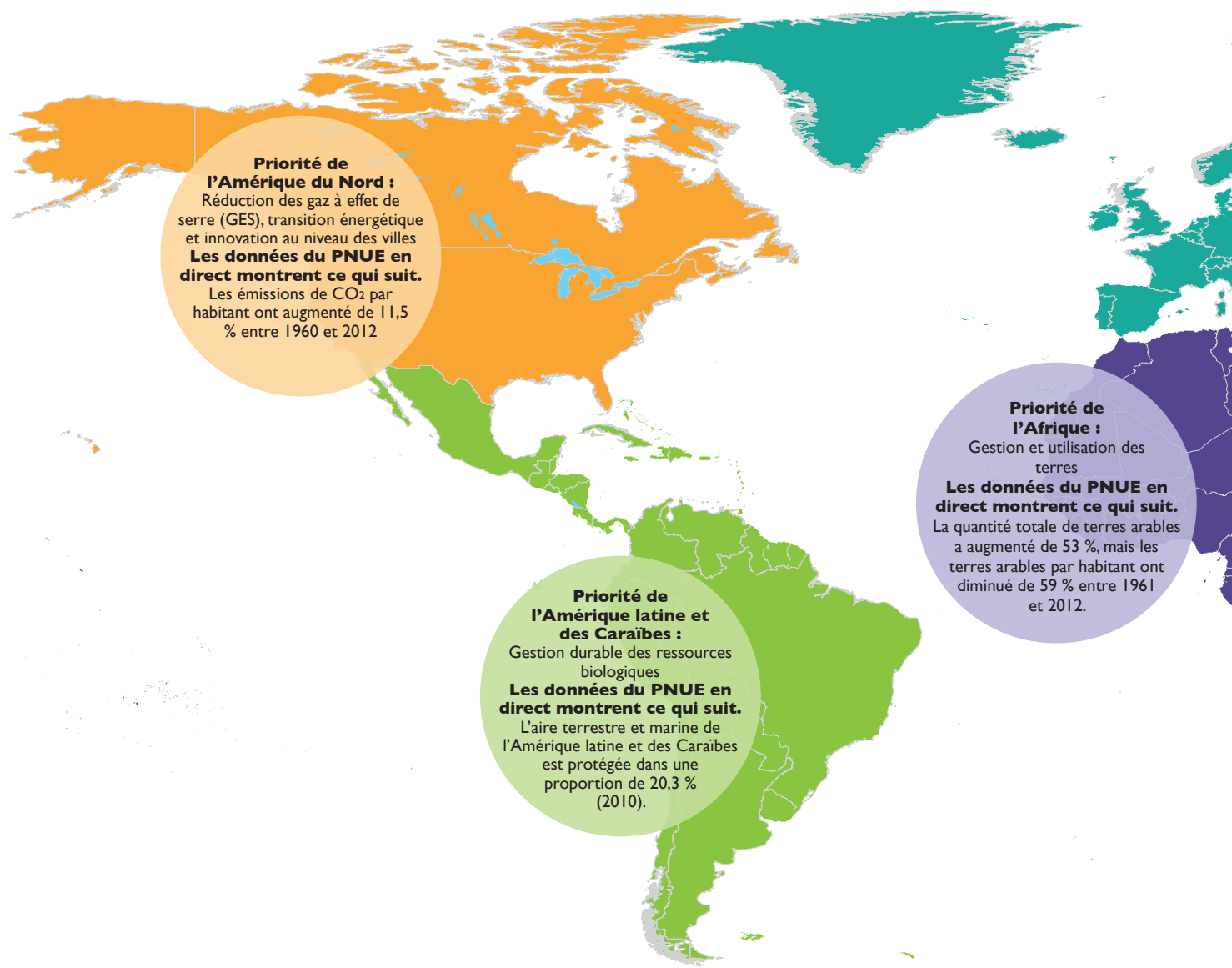


L'AVENIR DE L'ENVIRONNEMENT MONDIAL

# GEO-6

ÉVALUATION RÉGIONALE POUR  
L'AMÉRIQUE DU NORD

**ONU**   
**environnement**



**Priorité de l'Amérique du Nord :**  
Réduction des gaz à effet de serre (GES), transition énergétique et innovation au niveau des villes  
**Les données du PNUE en direct montrent ce qui suit.**  
Les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant ont augmenté de 11,5 % entre 1960 et 2012

**Priorité de l'Amérique latine et des Caraïbes :**  
Gestion durable des ressources biologiques  
**Les données du PNUE en direct montrent ce qui suit.**  
L'aire terrestre et marine de l'Amérique latine et des Caraïbes est protégée dans une proportion de 20,3 % (2010).

**Priorité de l'Afrique :**  
Gestion et utilisation des terres  
**Les données du PNUE en direct montrent ce qui suit.**  
La quantité totale de terres arables a augmenté de 53 %, mais les terres arables par habitant ont diminué de 59 % entre 1961 et 2012.

A world map with three circular callouts highlighting regional priorities. The callout for Europe is in a teal circle, Asia-Pacific in a blue circle, and Western Asia in an orange circle. The rest of the world is in purple.

**Priorité de l'Europe :**

Sociétés écoénergétiques à faibles émissions de carbone utilisant efficacement leurs ressources, villes intelligentes, santé améliorée et adaptation aux changements climatiques

**Les données du PNUE en direct montrent ce qui suit.**

Les dépenses totales en santé (% du produit intérieur brut [PIB]) sont passées de 8 % en 1995 à 9,8 % en 2013.

**Priorité de l'Asie occidentale :**

Paix, sécurité et environnement

**Les données du PNUE en direct montrent ce qui suit.**

Une population régionale de près de 30 millions de migrants en 2013 (20,3 millions d'hommes et 9,4 millions de femmes)

**Priorité de l'Asie-Pacifique :**  
Vulnérabilité croissante  
**Les données du PNUE en direct montrent ce qui suit.**

Entre 1990 et 2014, des catastrophes naturelles touchant 4,5 milliards de personnes ont entraîné des pertes économiques se chiffrant à 1 076 milliard de dollars américains.

# Table of Contents Table des matières

<b>Avant-propos</b>	<b>1</b>
<b>Constatations clés et messages stratégiques</b>	<b>2</b>
<b>Introduction</b>	<b>7</b>
<b>1 Priorités et contexte régionaux</b>	<b>8</b>
1.1 <b>L'état de l'environnement en Amérique du Nord</b>	<b>9</b>
1.2 <b>Priorités régionales</b>	<b>9</b>
1.2.1 L'Arctique en pleine mutation	10
1.2.2 Changements climatiques	11
1.2.3 Transition énergétique	11
1.2.4 Morcellement de la terre	13
1.2.5 Sécurité de l'eau	13
1.2.6 Nouveaux contaminants préoccupants	13
1.2.7 Contaminants issus de sources diffuses	14
1.2.8 Consommation et production durables	14
1.2.9 Comptabilité du capital naturel	14
1.2.10 Gouvernance adaptative	15
1.2.11 Information et données d'analyse environnementale : exploitation de la révolution des données	15
1.3 <b>Pour relever le défi</b>	<b>16</b>
<b>2 État et tendances</b>	<b>18</b>
2.1 <b>Air</b>	<b>19</b>
2.1.1 Facteurs et émissions	19
2.1.2 Concentrations et dépôts	21
2.1.3 Incidences sur la santé et l'écosystème	24
2.1.4 Nouvelles tendances	27
2.2 <b>Terre</b>	<b>31</b>
2.2.1 Changement de l'utilisation des terres au Canada	33
2.2.2 Changement de l'utilisation des terres aux États-Unis	34
2.2.3 Récentes tendances de la couverture terrestre nord-américaine	37
2.2.4 Morcellement de la terre	44
2.2.5 Interactions des changements climatiques avec l'utilisation des terres agricoles et forestières	48
2.3 <b>Biote : biodiversité et services écosystémiques</b>	<b>50</b>
2.3.1 Introduction	50
2.3.2 Espèces : un aperçu général	51



2.3.3	Accords internationaux	51
2.3.4	Principaux facteurs	53
2.3.5	Principaux facteurs de stress	56
2.3.6	Principales répercussions sélectionnées	60
2.3.7	Recherche	65
2.3.8	Conclusion	65
<b>2.4</b>	<b>Eau douce</b>	<b>66</b>
2.4.1	Introduction aux questions liées à l'eau en Amérique du Nord	66
2.4.2	Quantité d'eau	67
2.4.3	Qualité de l'eau	77
2.4.4	Infrastructure de l'eau	88
<b>2.5</b>	<b>Milieux marins, côtiers et océaniques</b>	<b>93</b>
2.5.1	Introduction	93
2.5.2	Menaces liées au climat : réchauffement, élévation du niveau de la mer et acidification des océans	93
2.5.3	Qualité de l'eau : principales menaces et leurs répercussions	98
<b>2.6</b>	<b>Produits chimiques et déchets</b>	<b>104</b>
2.6.1	Introduction	104
2.6.2	Nouveaux contaminants préoccupants	105
2.6.3	Risques liés à l'extraction et au transport de charbon, de pétrole et de gaz	108
2.6.4	Charges critiques transportées dans l'atmosphère	109
2.6.5	Déchets agricoles et alimentaires et systèmes urbains	111
2.6.6	Les problèmes liés aux produits chimiques et aux déchets persistent	112
<b>2.7</b>	<b>L'Arctique en pleine mutation</b>	<b>114</b>
2.7.1	Introduction	114
2.7.2	Recul de la glace de mer	114
2.7.3	L'amplification expliquée	115
2.7.4	Le dégel du pergélisol et ses conséquences	115
2.7.5	Processus surveillés dans l'Arctique, à l'échelle mondiale	118
2.7.6	Effets physiques et physiologiques	119
2.7.7	Écosystèmes marins	121
2.7.8	Écosystèmes terrestres	121
2.7.9	L'expérience humaine	122
2.7.10	Conclusion	128
<b>2.8</b>	<b>Changements climatiques</b>	<b>129</b>
2.8.1	Introduction	129
2.8.2	Nouvelles perturbations des systèmes atmosphériques	129
2.8.3	Sécheresses persistantes, écosystèmes perturbés	130
2.8.4	Salubrité alimentaire et changements climatiques en Amérique du Nord : variance accrue	133
2.8.5	Compréhension actuelle des incidences sur la production agricole régionale	136
2.8.6	Prise de mesures en vue de l'adaptation transformationnelle	137

<b>2.9. La transition énergétique</b>	<b>138</b>
2.9.1 Introduction	138
2.9.2 Sources d'énergie primaire	139
2.9.3 Sources secondaires	145
2.9.4 Energy conservation ('Negawatts')	148

### **3 Politiques, buts et objectifs : examen des réponses et des options politiques** **152**

<b>3.1 Introduction</b>	<b>154</b>
<b>3.2 Politique : état et tendances</b>	<b>155</b>
3.2.1 Air	155
3.2.2 Terre	160
3.2.3 Biote	166
3.2.4 Eau	171
3.2.5 Déchets	180
3.2.6 Adaptation aux changements climatiques	182
3.2.7 Énergie	186
3.2.8 Consommation et production durables	190
3.2.9 Mise en œuvre de la comptabilité du capital naturel en Amérique du Nord	197
<b>3.3 Examen plus approfondi des synergies et des thèmes transversaux</b>	<b>201</b>
3.3.1 Nouvelles formes de gouvernance	201
3.3.2 Production de nouvelles données de l'informatique et de l'analyse environnementales	207
<b>3.4 Conclusion</b>	<b>221</b>

### **4 Perspectives : grandes tendances, nouveaux, enjeux, technologies et développement durable** **224**

<b>4.1 Cadrer la scène</b>	<b>225</b>
4.1.1 Tendances économiques	226
4.1.2 Population et tendances démographiques	227
4.1.3 Changements climatiques et énergie	228
4.1.4 Terres et eaux	235
4.1.5 Produits chimiques et santé humaine	236
<b>4.2 Technologies émergentes et aux effets perturbateurs possibles</b>	<b>240</b>
4.2.1 Three-dimensional (3-D) printing	240
4.2.2 Biologie de synthèse	240
4.2.3 Géo-ingénierie ou intervention climatique	241
4.2.4 Nanotechnologie	241
4.2.5 Intelligence artificielle	242
4.2.6 Systèmes de transport	243
<b>4.3 Possibilités d'innovation clés pour les questions transversales en Amérique du Nord</b>	<b>244</b>

4.3.1	Villes intelligentes et infrastructure urbaine	244
4.3.2	Transport durable	245
4.3.3	Agriculture durable et adaptée au climat	248
4.3.4	Gestion et conservation des eaux	250
4.3.5	Énergie verte	251
<b>4.4</b>	<b>Relever les défis en atteignant les objectifs de développement durable</b>	<b>253</b>
4.4.1	Introduction	253
4.4.2	Application des objectifs de développement durable en Amérique du Nord	254
<b>4.5</b>	<b>Gestion de la transition : le rôle de la gouvernance, de la planification et de la surveillance</b>	<b>256</b>
4.5.1	Mesurer la croissance en vue d'un avenir durable	257
4.5.2	Approches de gouvernance et de planification afin de compenser l'incertitude et la complexité	259
4.5.3	Révolution des données : accès et participation aux données	261
<b>4.6</b>	<b>Conclusion</b>	<b>263</b>
	<b>Sigles et abréviations</b>	<b>265</b>
	<b>Références</b>	<b>272</b>
	<b>Remerciements</b>	<b>310</b>





# Avant-propos

Cette *Évaluation régionale pour l'Amérique du Nord dans le cadre du sixième rapport sur l'avenir de l'environnement mondial (GEO-6)* brosse un tableau complet des facteurs environnementaux qui contribuent à la santé et au bien-être humains à l'échelle régionale. Étayée par un vaste corpus de preuves scientifiques récentes et crédibles, des consultations régionales et un processus intergouvernemental solide, l'évaluation montre que les accords multilatéraux mondiaux et régionaux sur l'environnement ont amélioré les conditions environnementales en Amérique du Nord. Elle souligne également la complexité des défis environnementaux, sociaux et économiques interreliés auxquels sont à présent confrontés les décideurs.

Le lancement de l'*Évaluation régionale GEO-6 pour l'Amérique du Nord* arrive à un moment crucial. Le monde suit une nouvelle voie afin de lutter contre les changements climatiques et de déclencher des actions et des investissements en vue d'un avenir à faible intensité de carbone, écoefficace, résilient et durable. Parallèlement, le Programme de développement durable à l'horizon 2030 fournit une voie claire vers un monde où tous peuvent connaître la prospérité dans le respect des limites écologiques de la planète.

Les perspectives pour l'Amérique du Nord se déroulent dans un contexte de conditions environnementales améliorées. La région se caractérise par une faible charge de morbidité environnementale, une riche biodiversité et de larges étendues de beauté naturelle. Les améliorations des dernières décennies sont imputées aux politiques qui ont engendré un changement technologique et comportemental. Certains défis résultant d'interactions entre des systèmes complexes nécessitant des pressions multiples posent toutefois des risques pour le bien-être humain et les écosystèmes.

Les réponses de l'Amérique du Nord aux défis environnementaux reflètent la diversité, l'énergie et l'ingéniosité de la région. Des succès ont été obtenus principalement en mettant l'accent sur des secteurs individuels et en appliquant un petit nombre d'instruments de politique. Les défis environnementaux persistants et émergents nécessiteront l'application approfondie d'options stratégiques éprouvées ainsi qu'une innovation continue.

J'aimerais exprimer ma gratitude aux nombreux décideurs, éminents scientifiques et représentants issus de groupes d'intervenants principaux et aux partenaires qui ont contribué à ce rapport d'évaluation exhaustif et éclairant. J'invite les pays de la région à travailler avec ce rapport et à saisir l'occasion présentée de faire de la vision du Programme de développement durable à l'horizon 2030 et des objectifs de développement durable une réalité pour l'Amérique du Nord.



Achim Steiner

Sous-secrétaire général des Nations Unies et directeur exécutif du Programme des Nations Unies pour l'environnement

# Principales conclusions et messages politiques

L'évaluation régionale de l'Amérique du Nord a été réalisée afin de déterminer les questions, la situation et les tendances prioritaires en matière d'environnement de la région d'une manière systématique et basée sur les preuves, sous forme de contribution dans le cadre du processus d'établissement du sixième rapport de la série *l'Avenir de l'environnement mondial* (GEO-6) du PNUE.

Les experts et les représentants des États ont identifié les priorités régionales pour l'Amérique du Nord lors de la conférence du Réseau d'information régional sur l'environnement (REIN) organisée à Ottawa-Gatineau du 27 au 29 mai 2015. Ces priorités régionales ont été mises à contribution, en partie, pour informer et orienter cette évaluation régionale. Le présent document présente un résumé des principales conclusions et messages politiques de l'évaluation.

Les conditions environnementales dans la région d'Amérique du Nord se sont améliorées de manière significative au fil du temps grâce aux investissements dans les politiques, les institutions, la collecte et l'évaluation des données et dans le cadre réglementaire. Cependant, ces dernières années, les défis environnementaux qui se sont avérés plus difficiles dans la gestion des cadres politiques actuels sont apparus. Il s'agit là des défis résultant des interactions à travers les systèmes complexes qui subissent des pressions diverses. Ils constituent un risque pour le bien-être des populations et des écosystèmes nouveaux dans leur forme et leur intensité. De nouvelles approches de gestion de ces problèmes permettant de réduire le risque systémique et de guider les transformations durables ont émergé et produisent des preuves de leur capacité à répondre à ces nouveaux défis.

## Amélioration des conditions suite à des politiques efficaces

**La qualité de l'air** dans la région ne cesse de s'améliorer suite aux actions politiques concertées dans les deux pays et aux évolutions favorables des technologies et des marchés énergétiques. Des efforts faits aux niveaux régional, national et local afin d'améliorer la qualité de l'air procurent des avantages substantiels, mesurables et significatifs dont la valeur est estimée à hauteur de 2 mille milliards de dollars. Toutefois, les améliorations de la qualité de l'air ne se font pas de manière équitable et environ 140 millions de personnes sont exposées à une pollution dépassant les seuils réglementaires.

Les lois votées au début des années 1970 en Amérique du Nord ont permis un contrôle efficace des sources localisées de pollution des **eaux de surface** et la fourniture en **eau potable** à la majorité des communautés de la région. Cependant, la pollution héritée, persistante et émergente continue de mettre la pression sur la qualité de l'eau dans certaines zones. En particulier, les sources diverses de polluants de l'eau à l'instar des nutriments, restent un défi majeur.

**La qualité de l'eau potable** est dans l'ensemble très bonne, mais elle est de mauvaise qualité dans certaines zones. Les tendances négatives sont principalement dues à la dégradation des infrastructures et de la mauvaise gouvernance. Ces incidents isolés sur la qualité de l'eau constituent une menace grave pour la santé humaine dans certains cas.

Les **ressources foncières** de l'Amérique du Nord sont généralement en bon état. Un réseau dense des aires protégées bien géré est en place et permet de protéger la biodiversité de la région. L'utilisation néfaste des sols à grande échelle et les modifications du couvert végétal sont contrôlées par des politiques et réglementations de gouvernance efficace. Cependant, les paysages naturels

deviennent de plus en plus fragmentés dans certaines zones en réponse aux causes naturelles à l'instar des feux de brousse, des infestations de ravageurs et des décisions sur les activités liées à la gestion des terres, les transferts des droits de propriété aux héritiers et le développement, notamment au niveau des points d'intersection entre les secteurs forestier, agricole et énergétique.

Alors que des progrès ont été réalisés dans le cas de plusieurs espèces, une grande partie de la **biodiversité** de l'Amérique du Nord est en péril, avec l'augmentation des pressions du fait des changements dans l'utilisation des terres, les espèces envahissantes, les changements climatiques et la pollution qui touchent ces espèces, aussi bien au niveau terrestre que dans l'environnement côtier et marin. Cependant, les approches réglementaires visant la protection de l'habitat sont prometteuses et la science de la biodiversité est très avancée dans la région. Des efforts continus pour l'intégration des connaissances environnementales traditionnelles pourront profiter aux efforts de conservation dans l'avenir.

**Les substances chimiques et les déchets** montrent des tendances mitigées. Les questions liées aux substances sujettes aux politiques au cours des dernières décennies ont connu une baisse significative. Par contre, d'autres sources à l'instar des résidus de cendre produites par des centrales thermiques au charbon, des mines abandonnées, des produits pharmaceutiques, des microplastiques, sont en hausse et représentent une menace pour la santé humaine et celle des écosystèmes.

**Ces dernières années ont vu l'apparition de problèmes environnementaux dont la gestion est plus difficile par les cadres politiques existants.**

**Les changements climatiques** ont des incidences à travers la région qui touchent plusieurs aspects de l'environnement ainsi que la santé et le bien-être des populations, et même la sécurité humaine dans certains cas. Le risque d'aggravation de ces impacts, à court et à long terme, reste une question prioritaire pour la région. Toutefois, les administrations des deux pays prennent des mesures pour atténuer les impacts

et s'adapter aux changements incontournables. Les États-Unis et le Canada se sont accordés à jouer un rôle de premier plan dans l'économie mondiale à faible intensité de carbone au cours des prochaines décennies, notamment à travers des mesures scientifiques relatives à la protection de la zone Arctique et de ses populations, et le travail concerté sur la mise en œuvre de l'Accord historique de Paris.

**L'Arctique** est une zone de préoccupation spéciale parce que les effets des changements climatiques sont plus visibles dans les hautes latitudes et le risque d'un changement continu significatif à court terme est croissant. Les tendances d'ordre social, institutionnel et écologiques uniques de l'Arctique rendent cette région très vulnérable aux changements climatiques continus, surtout au vu des difficultés d'adaptation auxquelles la région fait face, difficultés susceptibles de déclencher des risques en cascade.

Le **système énergétique** subit des transformations rapides, ce qui représente des faiblesses et des forces. En effet, les faiblesses résultent des conséquences qui sont associées aux méthodes agressives d'extraction des hydrocarbures. Ces conséquences sont le risque d'aggravation des émissions dans l'air, l'utilisation des eaux et l'activité sismique induite. Cependant, les tendances actuelles du secteur des énergies renouvelables, l'amélioration des efficacités et des technologies de stockage d'énergie présentent des opportunités énormes et montrent la possibilité d'aboutir à un système énergétique durable.

De **nouveaux contaminants chimiques** et de nouvelles sources de polluants traditionnels font surface comme étant des problèmes pour la qualité de l'air et de l'eau et sont préoccupants pour la santé publique et l'environnement.

**La pénurie d'eau** est un problème majeur dans la région. En effet, les besoins en eau sont supérieurs à la fourniture durable dans la zone aride occidentale de l'Amérique du Nord, ce qui entraîne l'extraction des eaux des aquifères, la fragmentation et la régulation de la plupart des rivières de cette région à travers les barrages, et la vulnérabilité des communautés urbaines et rurales aux menaces de

la sécheresse. L'épuisement de la nappe phréatique est aggravé par le manque de mécanismes de gouvernance des eaux souterraines. Les longues périodes de sécheresse ont aggravé les problèmes de pénurie d'eau dans certaines parties de la région et les changements climatiques ont vraisemblablement contribué à l'intensité, l'extension et la durée de ces sécheresses.

**L'environnement côtier et marin** subit une menace croissante dans la région, en raison des phénomènes négatifs relatifs à certaines pressions environnementales traditionnelles à l'instar des charges en nutriments et des nouvelles pressions à l'instar de l'acidification des océans, le réchauffement des océans, l'élévation du niveau de la mer et de nouvelles formes de débris marins.

**Les pêcheries d'eau douce** sont bien régulées dans la région des Grands lacs et sont généralement contrôlées à travers l'Amérique du Nord, mais font face à des difficultés dues aux facteurs tels que les changements climatiques, la pression démographique et la pollution.

### **Les solutions aux problèmes environnementaux dans la région font surface**

Les efforts visant l'atténuation des changements climatiques à travers la réduction des émissions de gaz à effet de serre et l'amélioration de la séquestration du gaz carbonique commencent à avoir des effets palpables et à jeter les bases pour des progrès qui sont potentiellement énormes. Les succès en matière d'atténuation sont le résultat d'un ensemble de mesures aux niveaux fédéral, régional et local du gouvernement et les secteurs publics et privés, notamment les normes d'efficacité énergétique des produits; la production électrique à faible intensité de carbone; les plans des transports; les codes et normes de construction des bâtiments et d'autres efforts. L'Accord de Paris sur le climat de décembre 2015 a créé un mécanisme permettant à tous les pays de coordonner les efforts nationaux et de fixer les objectifs progressifs plus ambitieux.

Au même moment, les gouvernements, les entreprises et les communautés prennent des mesures afin de **s'adapter aux changements climatiques**. À titre d'illustration, le Maire Michael Bloomberg a convoqué, dans la ville de New York, un Panel sur les changements climatiques (le New York City Panel on Climate Change, NPCC) en 2008 dans le cadre de la planification à long terme de la durabilité de la ville. Le NPCC regroupe les scientifiques qui ont étudié les changements climatiques et leurs impacts ainsi que des experts en droit, en assurance et en gestion de risques. Les résultats des travaux du Panel servent d'exemple à d'autres communautés sur l'évaluation des vulnérabilités et opportunités d'amélioration des capacités de résilience. Plus d'attention est aussi actuellement accordée au renforcement et à la protection des infrastructures vertes.

**La comptabilité du capital naturel** (CCN) présente des outils importants pour l'intégration des informations sur les ressources naturelles, environnementales, économiques et sociales afin de faire face aux défis des changements systémiques auxquels sont confrontés les gouvernements, (des terres et des ressources), les gestionnaires, les entreprises et le public. Ces informations sont intégrées par la CCN dans un cadre de comptabilité régulièrement mis à jour afin de suivre les opérations, d'identifier les compromis et de révéler les choix. Elle permet également de suivre et d'évaluer la mise en œuvre des programmes et politiques et mettra en évidence la majorité des conséquences imprévues d'action sur les défis systémiques complexes. La CCN est mise en œuvre à trois niveaux: national, au niveau de l'écosystème et des entreprises. Au niveau national, les comptes de l'eau, d'énergie et de la pollution peuvent permettre de comprendre et d'améliorer l'efficacité dans l'utilisation des ressources, d'informer l'allocation des ressources rares (l'eau, par exemple) et de réduire la pollution. Les comptes CCN des écosystèmes fournissent un cadre permettant aux gestionnaires d'identifier et de suivre tous les types de services écosystémiques, notamment les services de régulation, de soutien et les services culturels, dans les cas où l'évaluation s'avère difficile. La CCN peut



aussi servir de cadre d'identification des bénéficiaires. Les premières personnes à avoir adopté la CNN dans le secteur privé s'en servent déjà pour améliorer leur efficacité en matière d'utilisation des ressources, de gestion des risques et de réduction de la pollution.

**La consommation et la production durables** offrent une gamme variée d'options pour la réduction des pressions environnementales en luttant contre les facteurs liés aux processus de fabrication et à la demande des consommateurs. Ces options permettent d'alléger les pressions systémiques sur l'environnement de manière universelle, comme l'a démontré l'utilisation réussie des innovations dans les domaines de la conservation de l'eau, la construction des bâtiments verts, la réduction des déchets d'emballage et les approvisionnements écologiques.

Dans cette région, il existe des preuves d'un intérêt élevé dans les approches relatives à la **gouvernance adaptative** qui combinent les idées des différents axes d'innovation pour créer un répertoire d'actions permettant de réaliser des progrès en matière des aspects les plus difficiles du défi de durabilité. Ce répertoire combine les éléments qui déjà ont été sur l'agenda politique à l'instar des processus de politiques multi-acteurs, avec de nouvelles idées nées de la résilience, la gouvernance inclusive et l'innovation systémique. Le progrès au niveau sous-national et transnational sur une variété d'enjeux est en avance sur la collaboration bilatérale fédérale.

L'Amérique du Nord constitue un moteur énergique en matière de **Révolution des Données**, avec plusieurs exemples avérés d'utilisation de l'informatique et de l'analyse environnementales pour encourager les progrès et plusieurs innovations prometteuses encore en développement actif. Ces innovations combinent les engagements de mise à jour régulière des répertoires et recensements avec les percées en matière de technologie de détection; le libre accès aux données; la mobilisation de diverses communautés de données, la maîtrise par les sciences sociales de la manière dont les informations peuvent aboutir aux réponses efficaces et les améliorations quantiques dans les systèmes

d'information en réseau afin de contribuer à une expansion rapide d'une série de réponses aux défis environnementaux auxquels la région fait face.

### **L'avenir de l'Amérique du Nord est un ensemble de possibilités et de problèmes émergents**

Les progrès scientifiques et technologiques et les transformations systémiques sont porteurs d'espoir pour un avenir plus durable.

Les changements technologiques dans le domaine des données et de l'analyse évoluent rapidement, sinon plus vite que les problèmes que connaît la région, et entraînent **l'espoir de profiter de la puissance de la révolution dans le traitement des données** dans la gestion de ces problèmes.

Plusieurs innovations d'ordre technique et politique sont en gestation depuis des décennies et commencent déjà à porter des fruits ou ont déjà progressé à un niveau où l'adoption est à portée de main, et ces **innovations sont porteuses de promesse de transformation systémique** capables d'inverser les tendances négatives.

Quelques villes et plus petites communautés nord-américaines servent de laboratoires vivants et montrent comment une attention focalisée sur les améliorations pragmatiques et coordonnées au sein des systèmes intégrant l'utilisation des sols, les transports, la santé publique, l'énergie propre et l'eau potable; le recyclage et la gestion améliorés des déchets peuvent inverser la tendance en faveur d'une résilience et durabilité accrue pour améliorer la qualité de vie et la réduire les coûts sociaux. Le partage des leçons apprises avec d'autres communautés de l'Amérique du Nord est porteur d'espoir pour la création de voies de développement plus durables et plus résilientes dans l'avenir. Toutefois, les problèmes environnementaux persistants demeurent.

Plusieurs **pressions augmentent, entraînant ainsi des incertitudes et des complexités plus profondes** et plus rapides que les réponses politiques ne peuvent pas supporter.

Même pour les pressions évoluant dans la bonne direction, à l'instar de l'intensité de carbone, l'ampleur de l'amélioration n'est pas suffisante pour faire face aux défis croissants.

Un ensemble d'impacts potentiellement désastreux sont intégrés dans le climat à court et à moyen terme de manière à ce que les effets des changements climatiques puissent s'aggraver, indépendamment du taux rapide de réduction des gaz à effet de serre dans la région et de la manière dont elle soutient rapidement les réductions au niveau mondial. Les conséquences pour les vies humaines et les moyens de subsistance dépendront des mesures d'adaptation aux changements climatiques et de l'augmentation de la résistance qui, bien que présentant des signes d'embellie, ne sont pas encore suffisants pour faire face aux menaces. La région a été surprise par l'émergence des grands échecs en matière de questions environnementales traditionnelles à l'instar de la sécurité de l'eau potable, ce qui signifie que ces succès passés sont aujourd'hui en danger.







# Introduction

Bienvenue à l'évaluation régionale de l'Amérique du Nord. Cette évaluation présente une analyse et un examen objectifs visant à appuyer la prise de décisions environnementales.

Les connaissances existantes ont été évaluées pour fournir des réponses scientifiquement crédibles à des questions pertinentes pour l'élaboration des politiques, y compris ce qui suit :

- Qu'arrive-t-il à l'environnement de l'Amérique du Nord et pourquoi?
- Quelles sont les conséquences pour l'environnement et la population humaine de l'Amérique du Nord?
- Que fait-on et à quel point est-ce efficace?
- Quelles sont les perspectives de l'environnement à l'avenir?
- Quelles mesures pourrait-on prendre pour parvenir à un avenir plus durable?

La décision d'entreprendre des évaluations régionales a été prise lors de la Consultation mondiale intergouvernementale et multipartite (CMIM) tenue à Berlin du 21 au 23 octobre 2014. Les participants ont déclaré que la sixième édition de l'évaluation sur l'avenir de l'environnement mondial (GEO) devrait « tirer parti des évaluations régionales », ce qui se ferait d'une manière semblable au processus mondial du GEO (PNUE/CMIM.2 Rév.2).

Les États membres participant à la première Assemblée des Nations Unies pour l'environnement (ANUE-1), qui s'est tenue à Nairobi du 23 au 27 juin 2014, ont prié :

*« le Directeur exécutif, dans le cadre du programme de travail et du budget, de lancer la préparation du sixième rapport de la série L'Avenir de l'environnement mondial (GEO-6) avec l'appui de la plateforme « Le PNUE en direct ». Une consultation intergouvernementale et multipartite transparente se basant sur le document UNEP/EA.1/INF/14 aura lieu pour définir la portée, les objectifs et les modalités de ce rapport, afin de pouvoir présenter un document scientifiquement crédible et avalisé par des spécialistes, accompagné de son Résumé à*

*l'intention des décideurs, pour approbation par l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement au plus tard en 2018. »*

En outre, les États membres ont également prié (UNEP/EA.1/10) :

*« le Directeur exécutif de tenir des consultations avec toutes les régions du Programme des Nations Unies pour l'environnement concernant les priorités à aborder dans l'évaluation mondiale. »*

Suite à cette demande, les priorités régionales de l'Amérique du Nord ont été établies par la Conférence du Réseau d'information régional sur l'environnement (REIN) pour l'Amérique du Nord qui s'est tenue à Ottawa-Gatineau du 27 au 29 mai 2015. Ces priorités régionales ont servi à guider l'analyse effectuée dans le cadre de la présente évaluation régionale.

L'évaluation comprend quatre grands chapitres :

- Le **chapitre 1** donne un aperçu des priorités régionales abordées dans le rapport, explique pourquoi chacune d'entre elles est importante pour la région et fournit un résumé de l'évaluation globale.
- Le **chapitre 2** traite de l'état de l'environnement dans la région en fonction des principaux thèmes environnementaux (l'air, l'eau, la terre, le biote, les produits chimiques et les déchets) ainsi que les défis transversaux (les changements climatiques, l'Arctique, l'énergie, les contaminants issus de sources diffuses et les contaminants émergents). On y analyse également les tendances clés de chaque thème.
- Le **chapitre 3** porte sur les réponses stratégiques à ces questions environnementales en Amérique du Nord.
- Le **chapitre 4** aborde les principales tendances qui auront une incidence sur l'environnement de la région à l'avenir et examine les mesures nécessaires qui permettront à la région de parvenir à un avenir plus durable.

Les données qui sous-tendent l'évaluation se trouvent sur le site du PNUE en direct ([uneplive.unep.org](http://uneplive.unep.org)). L'évaluation intégrale est également accessible sur Le PNUE en direct, en format PDF et électronique.



## CHAPITRE 1

# Priorités et contexte régionaux

## 1.1 L'état de l'environnement en Amérique du Nord

Les conditions environnementales en Amérique du Nord se sont améliorées au cours des dernières décennies et sont maintenant très bonnes en général. Les améliorations découlent en grande partie de l'application de politiques qui ont déclenché des changements technologiques et comportementaux. Cependant, dans certains cas, la réussite ne s'est pas avérée de façon uniforme et dans d'autres, la progression montre un changement de signe (voir le **tableau 1.1.1**).

Dans la région de l'Amérique du Nord, les réussites ont été obtenues principalement en mettant l'accent sur chaque secteur et en appliquant un petit nombre d'instruments de politique. Dans le contexte des problèmes environnementaux restants et émergents, il est possible que les réponses traditionnelles soient insuffisantes à elles seules. Pour obtenir une réussite plus complète en ce qui concerne les questions environnementales traditionnelles et relever le défi des nouvelles priorités, il faudra une application constante des options stratégiques éprouvées ainsi qu'une innovation continue.

## 1.2 Priorités régionales

Cette évaluation est guidée par un ensemble de priorités régionales déterminées par des scientifiques et des experts gouvernementaux à la Conférence du Réseau d'information régional sur l'environnement pour l'Amérique du Nord, qui s'est tenue à Gatineau (Québec) du 27 au 29 mai 2015.

- Elles se répartissent en trois catégories principales (voir le **tableau 1.2.1**) :
- les défis environnementaux qui relèvent des thèmes environnementaux du GEO-6;
- les défis transversaux;
- les réponses fondamentales ainsi que le potentiel de fournir une vaste gamme d'avantages.

Les priorités régionales de l'Amérique du Nord traduisent un certain nombre d'idées-clés, notamment la pensée systémique, une perspective fondée sur le lieu et la nécessité

de regrouper les approches stratégiques traditionnelles avec de nouvelles approches novatrices (voir la **figure 1.2.1**). Elles mettent également en évidence les points forts uniques de l'Amérique du Nord.

De nombreux problèmes environnementaux sont caractérisés par des modèles complexes de causalité et de rétroaction. Parmi les priorités régionales qui sont sensibles aux comportements des systèmes, notons celles-ci :

- les **changements climatiques**, y compris les effets particuliers sur l'Arctique et les **changements accélérés dans cette région**;
- la **sécurité de l'eau**, y compris les effets des **contaminants émergents** et des **contaminants issus de sources diffuses** sur la qualité de l'eau;
- la **fragmentation des terres**, y compris les pertes de biodiversité.

Pour répondre efficacement à ces questions, il faut comprendre les problèmes qui se posent sur le plan des systèmes dynamiques liés. Les réponses stratégiques qui appuient une approche systémique pour résoudre les problèmes environnementaux comprennent celles-ci :

- la mise en œuvre de la **comptabilité du capital naturel**;
- l'encouragement de la **consommation** et de la **production durables**;
- la promotion de la **gouvernance adaptative**;
- l'optimisation de l'information et de l'analyse environnementales, ainsi que la maîtrise de la **révolution des données**.

Les défis environnementaux et leurs effets varient considérablement d'un endroit à l'autre. Par exemple, la région de l'Arctique a été déclarée comme une priorité régionale en raison des changements alarmants qui s'y produisent.

Les solutions varient également selon le lieu, ce qui fait de l'innovation à l'échelle des villes une priorité. Les réponses urbaines aux défis de durabilité constituent une source potentiellement précieuse d'information sur les réponses efficaces aux problèmes prioritaires.

Table 1.1.1: Environmental Issues that have been the focus of sustained policy attention since the 1970s

Enjeux environnementaux	Signes de réussite	Facteurs de réussite	Problèmes restants ou émergents
Qualité de l'air	Réduction des concentrations de polluants. Réalisation d'objectifs ambitieux dans la plupart des domaines.	Objectifs régionaux en matière de qualité de l'air; normes technologiques.	Dépassements périodiques; collectivités constamment exposées à des concentrations élevées.
Terres	Les ressources terrestres désignées comme étant importantes sont largement protégées; la dégradation à grande échelle a été interrompue.	Politiques sur les aires protégées; zonage; application de mesures de conservation des terres.	Fragmentation dans certaines régions; extraction minière mal gérée.
Biote (biodiversité et services écosystémiques)	Protection réussie des espèces en péril.	Exigences juridiques pour réduire au minimum les effets sur les espèces en péril.	Menaces posées par des espèces envahissantes et les changements climatiques.
Qualité des eaux de surface	Réduction des concentrations de polluants. Réalisation des objectifs dans de nombreux domaines.	Traitement des eaux usées; normes applicables à des produits; plans d'action régionaux.	Hausse des épisodes d'eutrophisation.
Qualité de l'eau potable	Eau pure, fiable et saine dans presque toutes les collectivités.	Infrastructures municipales d'approvisionnement en eau.	Approvisionnements en eau contaminés en raison de la détérioration des infrastructures dans certaines régions.
Rareté de l'eau	L'accès à l'eau et la disponibilité de l'eau ne posent généralement aucun problème pour la plupart des collectivités et des utilisateurs.	Règles de répartition de l'eau; infrastructures de stockage et de distribution.	Épuisement des eaux souterraines découlant de l'absence de gouvernance ciblée; augmentation de la fréquence des pénuries causées par les habitudes de consommation et la sécheresse.
Produits chimiques et déchets	Concentrations de polluants ayant fait l'objet d'une surveillance en baisse de 70 % ou plus depuis les années 1980	Baisse résultant de la demande du public, des mesures législatives et de l'innovation technologique.	Les sources de pollution non traditionnelles constituent de nouvelles menaces pour la santé humaine et l'écosystème. Elles comprennent de nouveaux mélanges de matières toxiques et de composés dangereux issus de la fracturation et de l'exploitation des sables bitumineux.

Bien qu'elle soit confrontée à des défis environnementaux graves, l'Amérique du Nord possède également des atouts importants qu'elle peut utiliser. En matière de politiques et de gouvernance, cette région a toujours fait preuve de leadership pour trouver des réponses efficaces à des problèmes environnementaux par la collecte de données, la mise en

commun d'outils de gouvernance efficaces et le concours de ses villes en tant que laboratoires vivants de durabilité.

Les paragraphes qui suivent donnent un aperçu de chaque priorité régionale et de son importance, ainsi que les principales conclusions de l'évaluation.



Tableau 1.2.1 : Catégories des priorités régionales

Enjeux environnementaux	Défis transversaux	Réponses fondamentales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragmentation des terres</li> <li>• Sécurité des approvisionnements en eau</li> <li>• Perte de biodiversité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Changements climatiques</li> <li>• L'Arctique en pleine mutation</li> <li>• Energy transition</li> <li>• Sources diffuses de contaminants</li> <li>• Nouveaux contaminants préoccupants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comptabilité du capital naturel</li> <li>• Consommation et production durables</li> <li>• Gouvernance adaptative</li> <li>• Gouvernance adaptative</li> <li>• Innovation à l'échelle des villes</li> </ul>

### 1.2.1 L'Arctique en pleine mutation

L'Arctique est un monde à part, détaché des sociétés dominantes par le froid de l'hiver et les difficultés de transport et de communication pendant les autres saisons. Cependant, les peuples de l'Arctique sont maintenant confrontés à des changements accélérés qui vont au-delà de leurs expériences antérieures.

Ils sont témoins des effets des changements climatiques, comme la fonte des glaces, le dégel du pergélisol, la multiplication des activités industrielles et le développement accru des ressources naturelles.

Ces changements ont un effet dévastateur sur les établissements humains de l'Arctique : l'étendue du sol diminue, le sol se modifie au fur et à mesure que le pergélisol fond; les sources alimentaires sont en voie de disparaître, car les aires de répartition du biote changent et les espèces diminuent en nombre; l'élévation du niveau de la mer et la fréquence des tempêtes accentuent l'érosion des berges et endommagent les quais des villages le long de la côte; et des inondations sans précédent fragilisent les établissements dans les terres.

Ils ont également des répercussions mondiales. Les effets des changements climatiques, comme la perte de la couverture de glace estivale, se répercutent sur les systèmes météorologiques et les phénomènes climatiques extrêmes qui s'étendent bien au sud du cercle arctique jusqu'en Europe et en Asie, ainsi qu'en Amérique du Nord. De plus, l'augmentation des températures se traduit par une fonte accélérée du sol gelé qui entraîne le rejet dans l'atmosphère

de dioxyde de carbone et de méthane et conduit à un plus grand réchauffement.

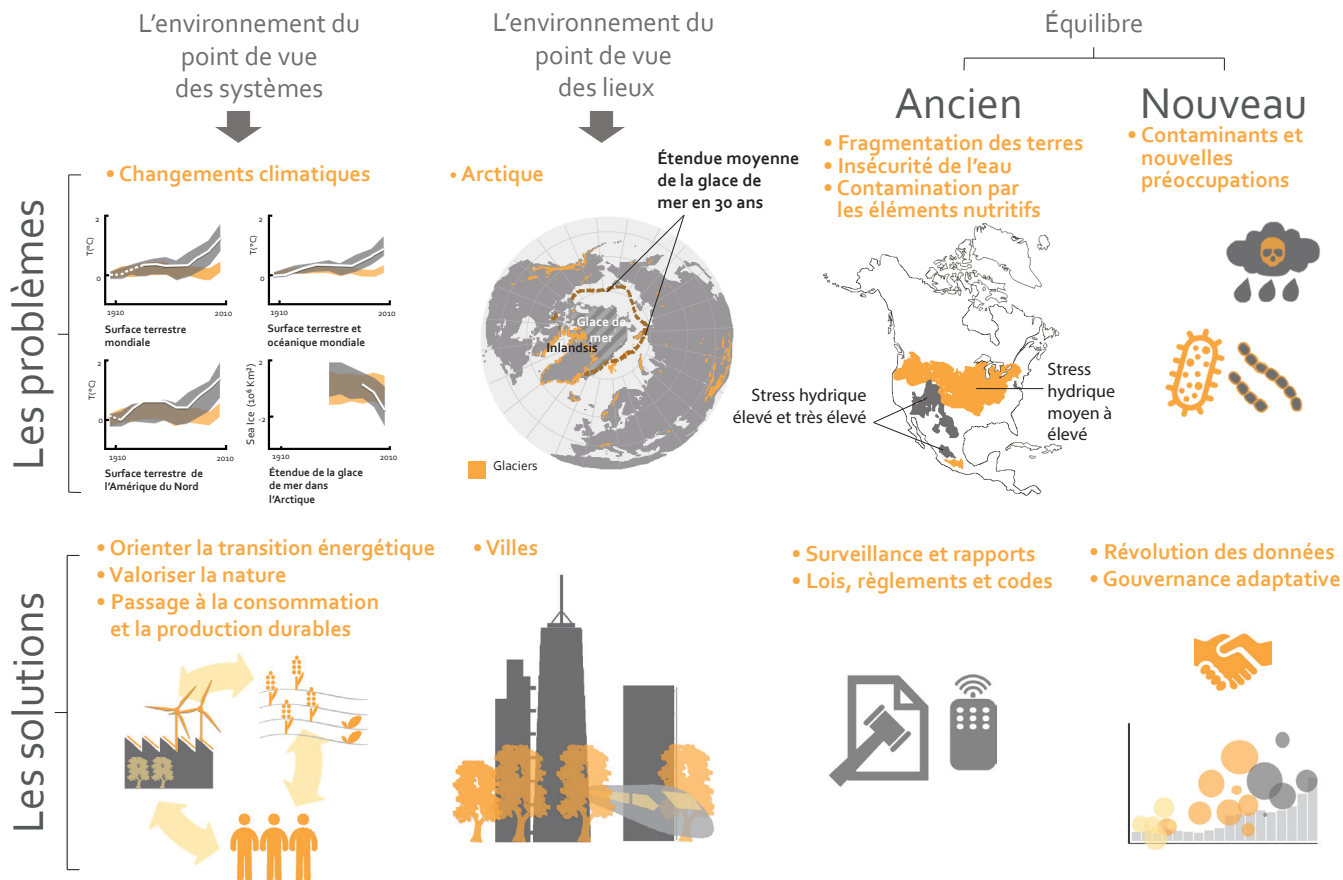
Pour plus de renseignements, voir le chapitre État et tendances – notamment les paragraphes 2.7 et 2.9.2 et le paragraphe 3.2 du chapitre Réponse stratégique.

### 1.2.2 Changements climatiques

En dehors de l'Arctique, les changements climatiques en Amérique du Nord étaient largement perçus comme quelque chose qui se produira à l'avenir. Toutefois, au cours de la dernière décennie, la région a connu des effets des changements climatiques, tels que des sécheresses régionales intenses et persistantes, une migration de l'écosystème et des espèces pouvant perturber les moyens de subsistance et les modes de vie, des ouragans ayant causé des pertes de vies et des dommages aux infrastructures ainsi que des températures et des précipitations extrêmes altérant l'environnement bâti. Ces effets menacent en outre la sécurité alimentaire régionale et mondiale et les moyens de subsistance, en plus de nuire aux possibilités de croissance pour les citoyens américains et canadiens.

Des études récentes ont proposé et démontré de nouveaux mécanismes par lesquels l'évolution de l'Arctique modifierait actuellement les conditions météorologiques en Amérique du Nord et ailleurs dans le monde et contribuerait à la formation de phénomènes météorologiques extrêmes. Le réchauffement de l'Arctique et ses effets à grande échelle devraient se poursuivre tant que les émissions de gaz à effet (GES) ne seront pas réduites.

Figure 1.2.1 : Illustration conceptuelle résumant les points saillants de l'évaluation de l'Amérique du Nord



Les recherches sur les changements climatiques sont de plus en plus axées sur l'évaluation des effets qui se produiraient dans différents scénarios de réchauffement et la façon dont les économies pourraient s'adapter à l'évolution des conditions climatiques. Pendant ce temps, les efforts déployés pour lutter contre les changements climatiques visent à en atténuer les effets et à s'adapter à ceux qui sont inévitables. Les mesures d'atténuation comprennent, par exemple, l'agriculture sans labour, la conservation des forêts, les taxes sur le carbone, les sources d'énergie renouvelables

et l'utilisation efficace des ressources. Quant aux mesures d'adaptation, elles vont des changements de la conception des infrastructures à celui des habitudes, en passant par des restrictions de zonage et des approches écosystémiques.

Pour plus de renseignements, voir les paragraphes 2.8 et 2.9 du chapitre État et tendances, les analyses des terres, des eaux et de la biodiversité dans le chapitre État de l'environnement et le chapitre Réponse stratégique.

### 1.2.3 Transition énergétique

Le récent Accord de Paris marque un progrès important vers le renforcement de la réponse mondiale aux changements climatiques et le passage à un système énergétique durable. Toutefois, l'utilisation de combustibles fossiles continue d'être une source d'émissions qui contribuent considérablement à l'augmentation des concentrations historiques de GES dans l'atmosphère (GIEC, 2011).

Étant donné que les réserves de pétrole, de gaz et de charbon, auparavant plus faciles d'accès, sont en voie d'être épuisées, les activités d'exploitation des combustibles fossiles sont désormais plus complexes. Elles impliquent la fracturation hydraulique, l'extraction de pétrole à partir des sables bitumineux, le forage et l'exploitation minière dans des endroits plus difficiles. Ces stratégies présentent de nouveaux risques, comme une hausse des émissions de gaz à effet de serre, la sismicité induite par ces activités et une grande consommation d'eau (Farahbod *et al.*, 2015; Weingarten *et al.*, 2015; Folger et Tiemann, 2014; Nicot et Scanlon, 2012; Webb, 2015; Jackson, 2014; USEPA, 2014; Jordaan, 2012; Brandt, 2012).

Bien que les gouvernements nord-américains se soient engagés en 2009 à mettre fin aux subventions aux combustibles fossiles, ils continuent d'offrir de puissants incitatifs pour continuer, voire augmenter la production de combustibles fossiles (Bast *et al.*, 2015). Parallèlement, les gouvernements accordent des subventions pour promouvoir les énergies renouvelables, apporter des améliorations technologiques et réduire les coûts. Les énergies renouvelables pavent la voie à un avenir énergétique durable et offrent la possibilité de réaliser l'objectif de développement durable numéro 7 en Amérique du Nord (GIEC, 2014; Jacobson et Delucchi, 2011; Delucchi et Jacobson, 2011; Jacobson *et al.*, 2015).

Pour plus de renseignements, voir le paragraphe 2.9, ainsi que les analyses des terres, des eaux et des changements climatiques dans le chapitre État et tendances, le chapitre Réponse stratégique et les perspectives.

### 1.2.4 Fragmentation des terres

Les paysages naturels de l'Amérique du Nord sont de plus en plus fragmentés dans certaines régions, en raison de causes naturelles, comme les incendies de forêt et les infestations de ravageurs, et de décisions relatives à la gestion et à l'aménagement des terres, en particulier à l'intersection des secteurs des forêts, de l'agriculture et de l'énergie. Le transfert de terres d'une génération à une autre, des propriétaires à leurs héritiers, contribuent également à la fragmentation.

Des facteurs comme la croissance démographique et le développement économique exerceront de plus grandes pressions sur le changement d'affectation des terres qui pourraient morceler davantage les forêts, les terres cultivables et les parcours naturels. Une fragmentation continue pose une menace pour la faune et les collectivités humaines qui dépendent d'écosystèmes sains et fonctionnels pour leur bien-être.

L'adoption récente de méthodes écosystémiques permettant d'examiner et de cartographier de vastes zones à l'aide de la technologie moderne donne des raisons d'espérer un accroissement de la résilience de l'habitat et une diminution de sa fragmentation. Quelques villes et petites collectivités nord-américaines apportent des améliorations concrètes et coordonnées sur le plan de l'utilisation des terres, du transport, de la santé publique, de l'énergie propre et de l'eau potable ainsi que du recyclage et de la gestion améliorés des déchets qui peuvent inverser la tendance en faveur d'une meilleure résilience et d'une meilleure durabilité pour l'amélioration de la qualité de vie et la réduction des coûts sociaux. La transmission des leçons apprises à d'autres collectivités de l'Amérique du Nord peut créer des voies de développement plus durables et plus résilientes à l'avenir.

Pour plus de renseignements, voir les analyses relatives aux terres et au biote dans le chapitre État et tendances ainsi que le chapitre Réponse stratégique.



### 1.2.5 Sécurité de l'eau

La sécurité de l'eau aux États-Unis et au Canada est assez élevée : la plupart des collectivités jouissent d'un accès sûr et fiable à l'eau à un coût abordable. Cependant, la demande en eau dépasse l'offre durable dans les zones arides de l'ouest de l'Amérique du Nord et, parfois, dans les régions de l'est et du centre des États-Unis, ce qui entraîne l'exploitation des aquifères, la fragmentation et la régulation par des barrages de la plupart des cours d'eau de l'ouest et la vulnérabilité des collectivités urbaines et rurales face à la sécheresse. Les disparités entre la demande et l'offre seraient exacerbées à terme par la croissance démographique, l'ampleur des aspirations économiques et les changements climatiques.

Une sécheresse extrême a touché récemment une grande partie de l'ouest de l'Amérique du Nord. Les coûts humains et environnementaux de cette sécheresse se sont traduits par une surexploitation des eaux souterraines, des effets à long terme sur la résilience de l'approvisionnement en eau, une diminution de la production agricole, des dommages aux écosystèmes aquatiques et terrestres, une augmentation de la poussière et des polluants dans l'air et une diminution de l'activité économique.

Au moins 150 millions de personnes aux États-Unis et 10 millions au Canada (près de la moitié de la population de l'Amérique du Nord), y compris la plupart des personnes qui vivent dans les zones rurales, dépendent des eaux souterraines pour leur consommation et d'autres usages domestiques. Les réponses à l'épuisement des aquifères devront inclure une augmentation de l'efficacité et l'exploitation des eaux de surface et d'autres sources d'eau.

Pour plus de renseignements, voir le paragraphe 2.4, ainsi que les analyses des terres, des changements climatiques et de l'énergie dans le chapitre État et tendances, le chapitre Réponse stratégique et les perspectives.

### 1.2.6 Nouveaux contaminants préoccupants

La gestion des eaux usées municipales et industrielles en Amérique du Nord assure un traitement relativement uniforme et approprié des polluants traditionnels comme l'ammoniac et les matières à demande biologique en oxygène. Depuis les années 1970, les efforts visant à aménager et mettre à niveau des installations de traitement des eaux usées dans la région ont permis d'y améliorer la qualité de l'eau (USEPA, 2000).

Par exemple, le pourcentage des eaux douces canadiennes classées bonnes ou excellentes a augmenté tandis que celui des eaux classées comme étant de qualité médiocre ou marginale a diminué de 2003 à 2005 et de 2010 à 2012 (Environnement et Changements climatiques Canada, 2015).

Néanmoins, un nombre croissant de nouveaux contaminants – au moins 40 000 composés uniques – ne font pas l'objet d'une surveillance systématique dans l'environnement, mais peuvent avoir des effets nocifs sur la santé écologique ou humaine (Halden, 2015; Rosi-Marshall *et al.*, 2013). Ces contaminants comprennent une grande variété de produits chimiques et de particules de synthèse, dont des produits pharmaceutiques, des produits de soins personnels, des nanomatériaux, des microplastiques et des débris de plastique (Bellenger et Cabana, 2014), des édulcorants artificiels (Spoelstra *et al.*, 2013) et des drogues illicites (Rosi-Marshall *et al.*, 2015).

Bon nombre de ces contaminants se retrouvent principalement dans les réseaux aquatiques, et leurs effets sur les réseaux trophiques aquatiques et la santé humaine ne sont pas bien compris. Leur contrôle pose toujours un défi en partie à cause de leur diversité et de leur quantité, de la complexité de leur surveillance, du manque de produits courants par rapport auxquels on pourrait les comparer et de l'incertitude quant à leurs effets environnementaux et sanitaires.

Pour plus de renseignements, voir les analyses relatives aux produits chimiques, aux déchets et à la qualité de l'eau dans le chapitre État et tendances.

### 1.2.7 Contaminants issus de sources diffuses

L'Amérique du Nord a adopté des lois au début des années 1970 qui ont permis d'exercer un contrôle efficace des sources diffuses de pollution des eaux de surface de la région. En revanche, les sources diffuses de polluants, en particulier les nutriments comme l'azote, demeurent une menace importante pour la qualité de l'eau. Ces sources ne sont généralement pas réglementées en vertu de la *Clean Water Act* des États-Unis ou de toute loi fédérale ou provinciale canadienne, à l'exception du fumier de parc d'élevage confiné et des rejets d'eaux usées centralisés.

Les problèmes de qualité de l'eau en Amérique du Nord dépassent, dans certains cas, la capacité des outils réglementaires du passé et nécessitent de nouveaux mécanismes pour la gestion intégrée des ressources en eau. Par exemple, depuis l'entrée en vigueur de la *Clean Water Act* des États-Unis au début des années 1970, des États et l'USEPA ont élaboré individuellement plus de 6 000 normes propres à des emplacements pour régir le total des charges quotidiennes maximales en nutriments (AskWaters; USEPA, 2015c).

Bien que ces normes aient permis d'imposer des limites de nutriments inférieures pour les rejets de sources ponctuelles, il est difficile de déterminer si elles ont entraîné une réduction des nutriments provenant de sources diffuses. Les sources diffuses de pollution de l'air sont également préoccupantes bien que la contamination de l'eau soit une priorité plus élevée dans la région.

Pour plus de renseignements, voir les analyses relatives aux produits chimiques, aux déchets et à la qualité de l'eau dans le chapitre État et tendances.

### 1.2.8 Consommation et production durables

Maintenant que les humains consomment plus de ressources que jamais auparavant, les modèles actuels de développement dans le monde ne sont pas durables. Pour parvenir à un développement durable, nous avons besoin de faire une transition rapide et forte vers une consommation et une production durables (CPD).

La CPD est une méthode stratégique qui permet de réduire les pressions sur l'environnement en modifiant les choix des biens consommés et la façon dont ces biens sont produits. Elle s'articule autour des éléments suivants :

- la promotion de politiques d'approvisionnement durables auprès de grands consommateurs du secteur public et privé;
- la promotion des méthodes d'évaluation du cycle de vie afin d'encourager l'identification et l'adoption de conception de produits à faible impact;
- la coordination de l'ensemble des industries, des fournisseurs et utilisateurs de matériaux bruts et les fabricants et consommateurs, afin d'optimiser la réduction des déchets;
- l'élaboration de plans d'utilisation des terres, de règlements de zonage, de codes du bâtiment et de regroupements d'entreprises industrielles afin d'optimiser l'efficacité des ressources et de réduire les déchets.

Pour plus de renseignements, voir le chapitre Réponse stratégique, ainsi que d'autres renseignements du rapport.

### 1.2.9 Comptabilité du capital naturel

La comptabilité du capital naturel (CCN) fournit des outils importants pour intégrer l'information sur les ressources naturelles ainsi que l'information environnementale, économique et sociale afin de relever les défis systémiques auxquels sont confrontés les gouvernements ainsi que les gestionnaires des terres et des ressources, les entreprises et le public. La comptabilité du capital naturel intègre cette information dans un cadre comptable qui est régulièrement mis à jour pour effectuer un suivi des transactions et déterminer les compromis et les choix. Elle contribue également à suivre et à évaluer la mise en œuvre des politiques et révélera un bon nombre des conséquences non voulues de la résolution de problèmes systémiques complexes.

La comptabilité du capital naturel est mise en œuvre à trois niveaux, à savoir l'échelle nationale, l'écosystème et l'entreprise. À l'échelle nationale, la comptabilité de

l'eau, de l'énergie et de la pollution peut être utilisée pour comprendre et améliorer l'utilisation des ressources d'une manière efficace, éclairer l'allocation des ressources rares (par exemple, l'eau) et réduire la pollution. La comptabilité de l'écosystème s'inscrit dans la comptabilité du capital naturel et fournit un cadre que les gestionnaires peuvent utiliser pour recenser et examiner tous les types de services écosystémiques, y compris la réglementation, le soutien et les services culturels, où la valorisation pose un défi. Les premiers utilisateurs du secteur privé de cette approche visaient à améliorer l'efficacité de l'utilisation des ressources, à gérer les risques et à réduire la pollution.

Aux États-Unis, les scientifiques de concert avec les économistes recommandent vivement que le système central de comptabilité du gouvernement américain établisse des normes et des méthodologies s'appliquant à la comptabilité du capital naturel. Parallèlement, les méthodes de la comptabilité du capital naturel et des services écosystémiques sont largement suivies dans les organismes fédéraux.

Pour plus de renseignements, voir le chapitre 3.2.9 du chapitre Réponse stratégique.

### 1.2.10 Gouvernance adaptative

Les méthodes de gouvernance adaptative sont constamment réceptives et itératives, et comportent la souplesse nécessaire pour s'adapter à l'évolution des situations. Convenant bien à l'aspect « pernicieux » des problèmes environnementaux, la gouvernance adaptative présente le potentiel nécessaire pour soutenir des transformations qui semblaient autrefois insaisissables.

Les approches de gouvernance adaptative sont appliquées en Amérique du Nord et connaissent un réel succès. Par exemple, le comté de Skagit dans l'État de Washington s'efforce de rétablir les mollusques et crustacés dans la baie Samish en appliquant le principe de la gestion rationnelle. D'abord appliquée dans le secteur privé, la gestion rationnelle est une méthode d'amélioration en continu que l'on suit afin

de mobiliser des équipes de personnel de première ligne pour générer des réponses et des solutions rapides. Elle est très appréciée pour sa capacité à améliorer la vitesse d'exécution, la qualité et la rentabilité.

Pour plus de renseignements, voir la section 3.3.1 ainsi que d'autres renseignements qui figurent tout au long du chapitre Réponse stratégique.

### 1.2.11 Données et analyses environnementales : exploitation de la révolution des données

L'Amérique du Nord connaît un renouveau sur le plan de l'utilisation des données, des renseignements et des analyses comme des outils puissants de gestion des problèmes environnementaux. Cette situation a été, en partie, dictée par la révolution des données – combinaison de l'augmentation de la puissance de traitement, de la baisse des coûts et de la diffusion à grande échelle de la technologie des données. Mais cela va plus loin et ouvre de nombreuses voies à la gestion plus efficace des problèmes environnementaux. Les grands ensembles de données qui saisissent la nature complexe de l'environnement et du comportement humain peuvent donner des résultats scientifiques incroyables. De nouvelles façons de relier les ensembles de données pour en tirer des connaissances utiles et des techniques créatives pour la visualisation des données fournissent des renseignements solides à l'appui de la prise de décisions. Le traitement rapide de l'information en temps réel sur les systèmes environnementaux peut être un outil puissant pour l'élaboration des politiques.

L'Amérique du Nord a une histoire longue et riche sur le plan de l'utilisation efficace de données pour relever des défis environnementaux. En cette ère caractérisée par une connectivité accrue, des analyses approfondies et des capacités informatiques supérieures, il sera nécessaire plus que jamais de faire preuve de leadership dans la création de valeur à partir des analyses.

Aux États-Unis, des partenariats publics-privés ont montré comment l'information peut être recueillie, analysée et

utilisée pour éclairer les réponses politiques et informer le public. Les programmes de données ouvertes comme [ouvert.canada.ca](http://ouvert.canada.ca) et [data.gov](http://data.gov) constituent un moyen de plus en plus populaire de rechercher des données et des ressources aux fins de la recherche.

Les outils de collecte de données, allant de l'imagerie satellitaire et des nouveaux capteurs aux technologies des compteurs intelligents, favorisent le traitement et offrent de meilleures options pour répondre aux urgences environnementales ([data.gov](http://data.gov), 2015).

Pour plus de renseignements, voir l'analyse de la section 3.2.2 du chapitre Réponse stratégique, ainsi que d'autres renseignements du rapport.

### 1.3 Pour relever le défi

Le Canada et les États-Unis étaient partisans de l'adoption des objectifs de développement durable (ODD) en 2015. Ils ont codifié, à l'échelle mondiale, une approche qui est marquée par un souci explicite d'établir des liens entre les systèmes et les problèmes, de prêter attention à l'emplacement et à l'échelle et de reconnaître la nécessité de combiner les approches exemplaires des politiques traditionnelles avec les méthodes les plus prometteuses tout en restant ouvert aux apprentissages. Les problèmes environnementaux parmi les plus prioritaires dans la région mettent en évidence une nouvelle sensibilité à cet égard. Dans les cas entre autres des changements climatiques, de la fragmentation des terres, de la sécurité de l'eau et des contaminants émergents, on voit de plus en plus la nécessité de comprendre les problèmes en tenant compte des systèmes dynamiques liés. Pour ce qui est de l'intérêt croissant d'inciter l'Amérique du Nord à amorcer un virage vers des modes de consommation et de production

durables et à passer à la comptabilité du capital naturel sur le plan opérationnel, on voit un intérêt marqué pour l'élargissement de la portée des politiques environnementales traditionnelles.

Les changements dynamiques dans le secteur de l'énergie reflètent tous ces éléments réunis, dans la perspective d'une plus grande compréhension des façons vastes et complexes dont les systèmes d'énergie influent sur les conditions environnementales, des différences considérables entre les régions du point de vue des menaces et des possibilités et de la capacité de modifier rapidement le mode de production et d'utilisation de l'énergie par l'application de nombreux leviers politiques.

Un aperçu général de l'état et des tendances de l'environnement en Amérique du Nord décrit ces mêmes thèmes. Par exemple, bien que les conditions environnementales touchant l'air, la terre, l'eau et le biote soient généralement bonnes, grâce surtout à la mise en œuvre de politiques vigoureuses au cours des dernières décennies, il y a des endroits où les tendances sont négatives et où les conditions suscitent des inquiétudes. Mais il y a des problèmes qui ne reçoivent toujours pas un traitement adéquat; ces situations sont souvent caractérisées par une interaction complexe et souvent imprévue entre les systèmes. Enfin, d'une manière générale, les décideurs en Amérique du Nord conjuguent le meilleur des politiques environnementales traditionnelles à des approches novatrices, et il est prouvé que cette combinaison se révèle fructueuse.

[Voir les liens du chapitre 1.](#)

[Voir les références du chapitre 1.](#)





CHAPITRE 2

État et tendances

## 2.1 Air

### 2.1.1 Facteurs et émissions

La population, l'activité économique, la consommation d'énergie et la technologie sont tous des facteurs qui contribuent aux émissions de polluants atmosphériques d'origine humaine. Grâce à la mise en œuvre de mesures antipollution et à l'amélioration des mesures d'efficacité, tant le Canada que les États-Unis ont vu un découplage entre le produit intérieur brut (PIB) et d'autres facteurs économiques et comportementaux liés aux émissions. Les émissions globales continuent de suivre une tendance à la baisse dans la région, alors que le développement économique se poursuit.

La **figure 2.1.1** montre qu'entre 1970 et 2013 le PIB des États-Unis s'est accru de 234 %, les kilomètres parcourus de 168 %, la population de 54 % et la consommation d'énergie de 44 %. Au cours de la même période, les émissions totales des

six principaux polluants atmosphériques (dioxyde de soufre, oxydes d'azote, composés organiques volatils, monoxyde de carbone, matières particulaires et plomb) ont chuté de 68 %. Elle montre également qu'entre 1970 et 2012, les émissions de dioxyde de carbone ont augmenté de 24 %.

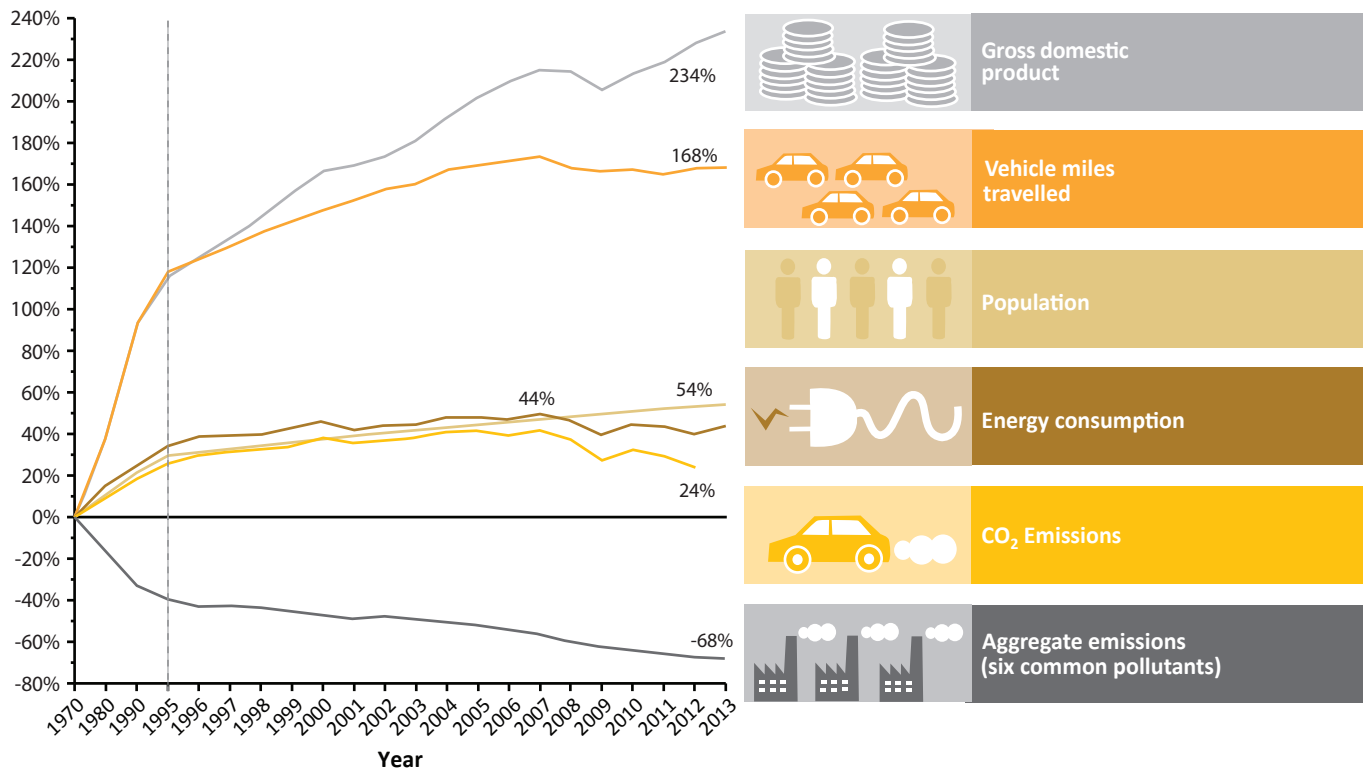
De plus, entre 1990 et 2008, les émissions de 187 polluants atmosphériques dangereux réglementés par la *Clean Air Act* des États-Unis ont diminué d'environ 62 %. Ces polluants, souvent appelés substances toxiques atmosphériques, ont un effet cancérigène avéré ou soupçonné, ou bien d'autres effets graves sur la santé ou l'environnement. Parmi les polluants atmosphériques toxiques, mentionnons le benzène, qui provient de l'essence; le perchloroéthylène, qui est produit par certaines entreprises de nettoyage à sec et le chlorure de méthylène, qui est utilisé comme solvant et décapant à peinture par plusieurs industries. Les dioxines, l'amiante et les métaux, comme le cadmium, le mercure, le chrome et le plomb, en sont d'autres exemples. Les réductions sont le résultat de la mise en œuvre de règlements sur les sources fixes et mobiles.

### Messages clés : Air

La qualité de l'air continue de s'améliorer dans la région grâce aux mesures concertées adoptées au Canada et aux États-Unis ainsi qu'aux tendances favorables observées dans les marchés de la technologie et de l'énergie.

- Les efforts locaux, régionaux et nationaux visant à améliorer la qualité de l'air ont des effets positifs importants et mesurables sur la santé publique, lesquels sont estimés à environ deux mille milliards de dollars américains.
- Les systèmes réglementaires efficaces mis en place au Canada et aux États-Unis ont permis de considérablement réduire la pollution atmosphérique en Amérique du Nord, comme en font foi les tendances en matière d'émission, de concentration et de dépôt de polluants.
- Malgré des progrès importants, l'amélioration de la qualité de l'air n'est pas uniforme en Amérique du Nord puisqu'environ 140 millions de personnes sont exposées à des niveaux de pollution qui sont supérieurs aux seuils réglementaires, c'est-à-dire qui dépassent les niveaux jugés nocifs pour la santé humaine.
- En ayant accès à des données sur les émissions et les concentrations de polluants atmosphériques ainsi qu'à de l'information sur les conséquences pour leur santé, les membres du public ont pu réduire leur propre exposition et demander que des mesures de lutte contre la pollution atmosphérique soient mises en place.

Figure 2.1.1 : Tendances relatives aux facteurs et aux émissions aux États-Unis, de 1970 à 2013



Source : Adapté du rapport de l'USEPA sur les tendances relatives à la qualité de l'air de 2014

De même, le Canada a connu un découplage entre la croissance économique et les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre au cours des vingt dernières années au fur et à mesure que des améliorations technologiques ont vu le jour et que des règlements ont été adoptés et mis en application dans divers secteurs économiques, surtout dans le secteur de l'énergie.

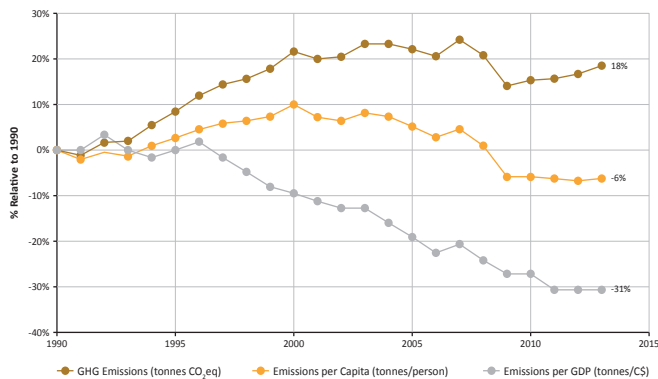
Les caractéristiques géographiques, les changements démographiques et la croissance économique du Canada ont tous une incidence sur la pollution atmosphérique et les émissions de gaz à effet de serre.

La grande variation des conditions météorologiques au Canada contribue à l'utilisation relativement élevée d'énergie

pour le chauffage et la climatisation comparativement aux autres pays industrialisés. Bien que le Canada soit vaste, il n'est pas densément peuplé et le fait que sa population soit dispersée accroît la durée des déplacements et la demande sur le plan du transport. En outre, le Canada a connu une croissance économique et démographique plus rapide que la moyenne des autres pays développés entre 2000 et 2012, ainsi qu'une plus forte demande internationale à l'égard de ses ressources naturelles, notamment le pétrole et le gaz (Environnement Canada, 2015a). La **figure 2.1.2a** montre qu'en dépit d'une augmentation de 18 % des émissions totales de gaz à effet de serre entre 1990 et 2013, les émissions par personne (tonnes par personne) et l'intensité des émissions (émissions par dollar canadien du PIB) ont respectivement diminué de 6 % et 31 %. Cette tendance à

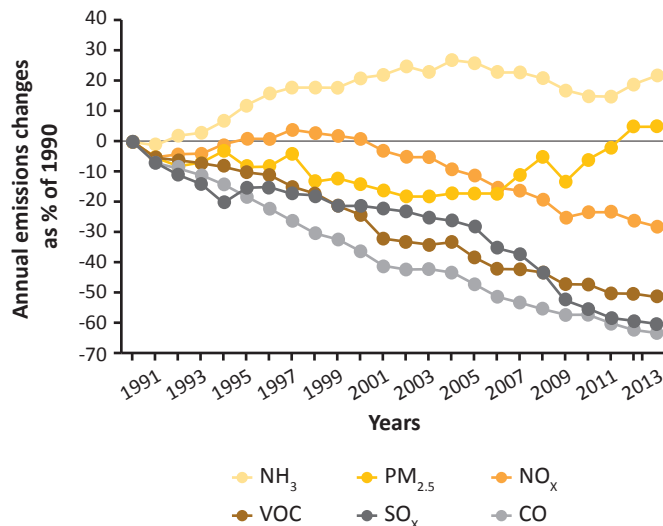


Figure 2.1.2a : Tendances et indicateurs relatifs aux émissions de gaz à effet de serre au Canada, de 1990 à 2013



Source : Environnement Canada (2015)

Figure 2.1.2b : Changement relatif quant aux émissions de polluants atmosphériques au Canada, 1990 à 2013



Source : Environnement et Changement climatique Canada (2016)

la baisse des émissions par personne et de l'intensité des émissions devrait se poursuivre jusqu'en 2020.

Même si les émissions absolues de gaz à effet de serre (GES) ont augmenté, celles de nombreux polluants atmosphériques classiques ont diminué, et dans certains cas de façon spectaculaire, comme le montre la **figure 2.1.2b**.

Les émissions atmosphériques de mercure, de plomb et de cadmium ont respectivement diminué de 90 %, de 87 % et de 90 % entre 1990 et 2012 au Canada, principalement en raison de la baisse des émissions d'origine industrielle.

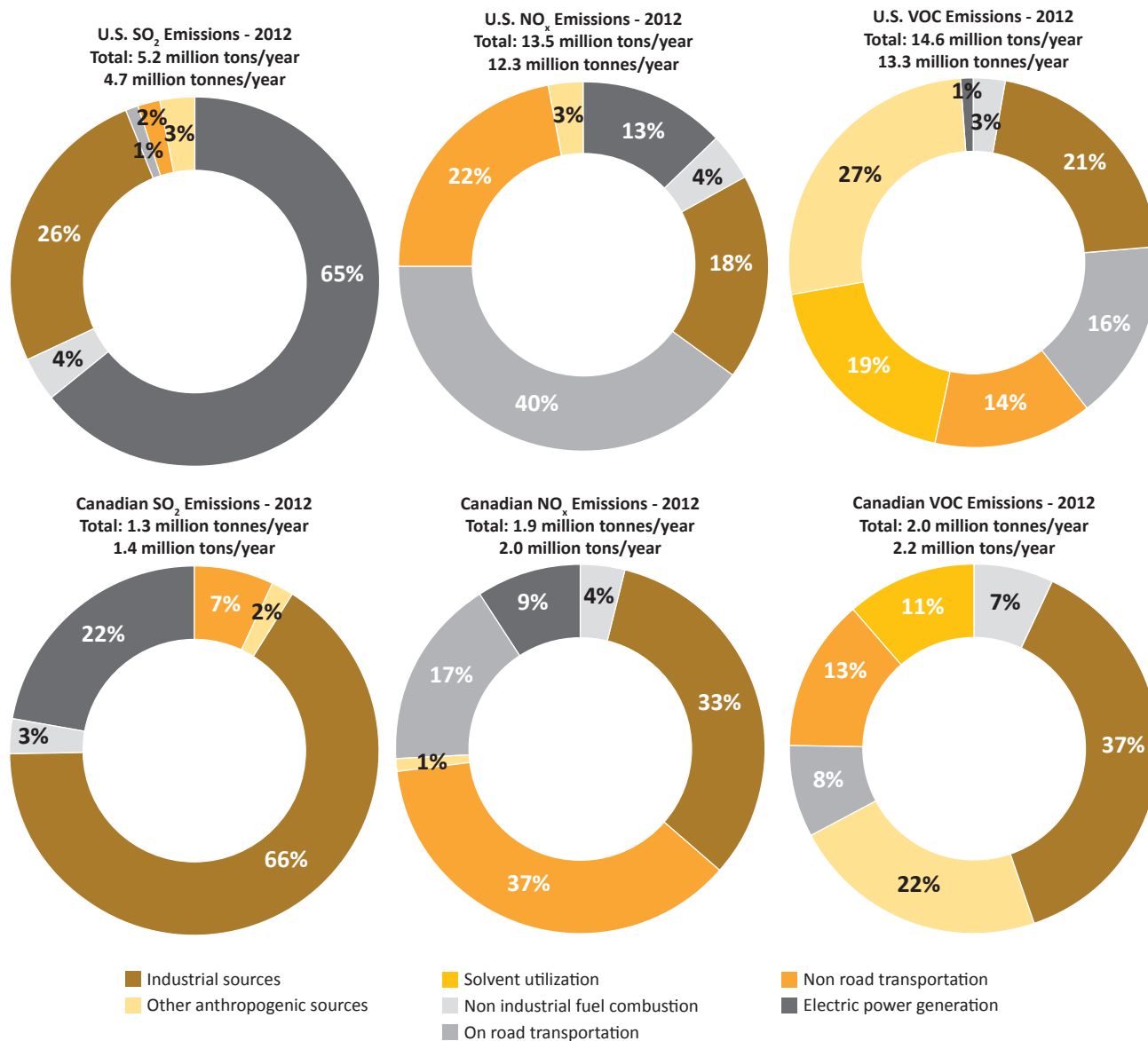
La **figure 2.1.3** présente une comparaison de l'importance absolue et de la contribution relative des différentes sources d'émissions de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils aux États-Unis et au Canada en 2012. Il convient de noter que les émissions attribuables aux incendies de forêt et aux sources naturelles ne sont pas incluses dans cette comparaison. Il est intéressant de constater que les émissions industrielles représentent une plus grande partie des émissions totales au Canada qu'aux États-Unis, où les centrales électriques et les véhicules automobiles jouent un rôle plus important.

Dans les deux pays, les émissions d'ammoniac sont en hausse ou relativement stables et proviennent principalement du bétail et de l'épandage d'engrais. L'ammoniac est un précurseur important de la formation de matières particulaires fines (PM<sub>2,5</sub>), tout comme les émissions d'oxydes d'azote et de dioxyde de soufre. Bien que la formation de PM<sub>2,5</sub> en raison des émissions d'ammoniac puisse diminuer dans l'avenir, on s'attend à ce que la lutte contre ces émissions continue d'être une stratégie efficace pour réduire davantage les PM<sub>2,5</sub> en hiver, indépendamment de la réduction prévue des émissions d'oxydes d'azote et de dioxyde de soufre (Pinder *et al.*, 2008).

## 2.1.2 Concentrations et dépôt

Tant au Canada qu'aux États-Unis, l'ozone et les PM<sub>2,5</sub> demeurent les principaux problèmes de pollution atmosphérique en ce qui a trait aux critères d'effet sur la santé. Les concentrations maximales de ces deux polluants diminuent au Canada et aux États-Unis (**figures 2.1.4a** à **d**).

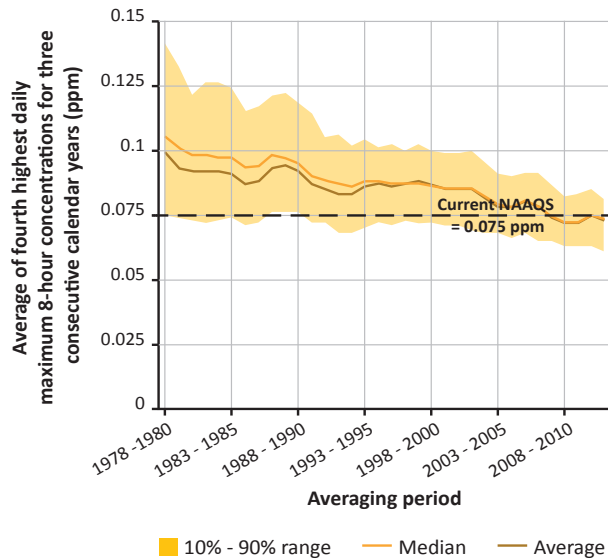
Figure 2.1.3 : Émissions nationales de certains polluants par secteur au Canada et aux États-Unis, 2012



Source : Adapté du Comité Canada-États-Unis de la qualité de l'air (2014)

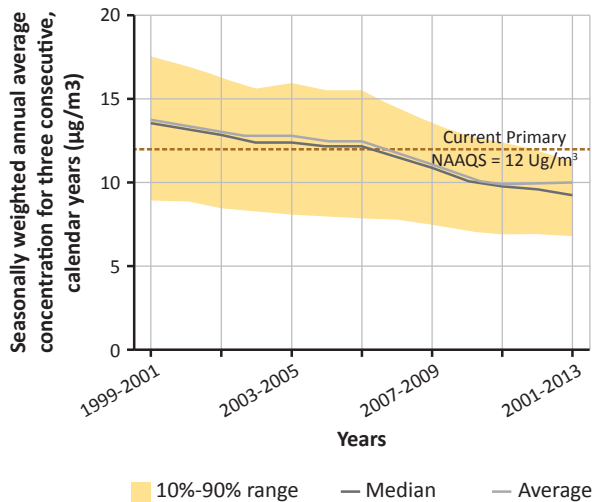
Figure 2.1.4 : Tendances relatives aux émissions d'ozone et de matières particulaires fines (PM<sub>2,5</sub>) au Canada et aux États-Unis

(a) Concentrations ambiantes d'ozone sur 8 heures aux États-Unis, de 1978 à 2013



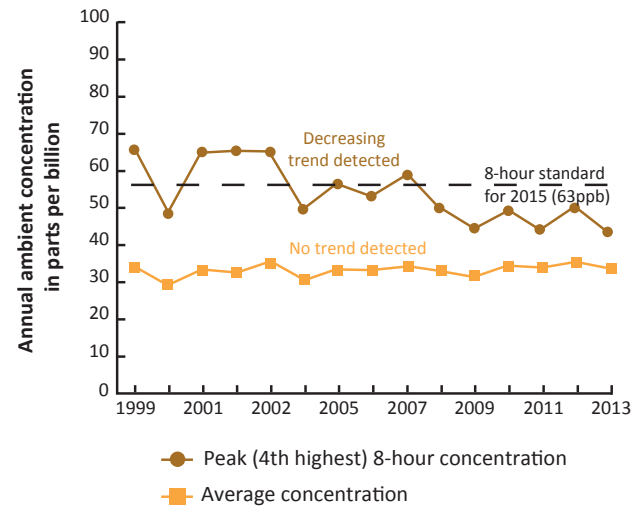
Source: US EPA 2014 b

(c) Concentrations ambiantes annuelles de matières particulaires fines (Pm<sub>2,5</sub>) aux États-Unis, de 1999 à 2013m (microgrammes par mètre cube)



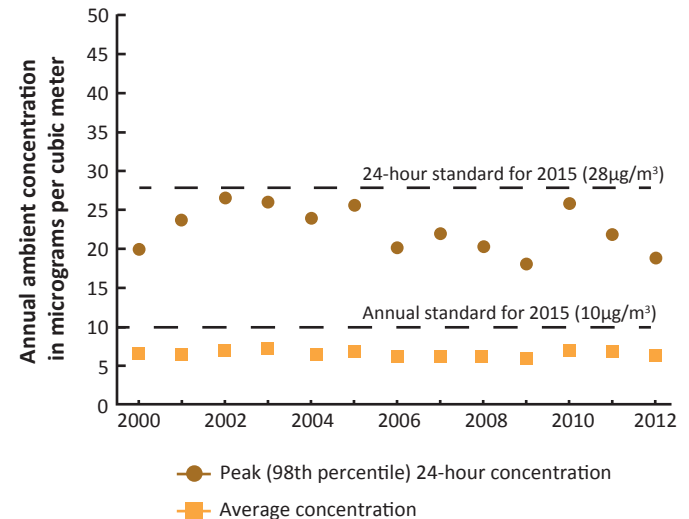
Source : USEPA (2014)

b) Concentrations ambiantes d'ozone annuelles sur 8 heures au Canada, de 1999 à 2013 (parties par milliard)



Source : Environnement et Changement climatique Canada (2016a)

(d) Concentrations ambiantes annuelles de matières particulaires fines (PM<sub>2,5</sub>) au Canada, de 2000 à 2013 (microgrammes par mètre cube)



Source : Environnement et Changement climatique Canada (2016b)

Des programmes importants ont été mis en œuvre afin de réduire les émissions des centrales électriques et du secteur des transports. Les **figures 2.1.5a) et b)** montrent l'incidence qu'ont eu les mesures prises par les centrales électriques sur la diminution des émissions de dioxyde d'azote entre 2005 et 2011, telles qu'elles ont été mesurées par l'instrument de surveillance de l'ozone du satellite Aura de la NASA. Ces mesures ont principalement été instaurées pour réduire le transport inter-États et international de l'ozone et de ses précurseurs dans l'est de l'Amérique du Nord (NASA, 2015).

Le Canada et les États-Unis ont également réalisé des progrès importants quant à la réduction des dépôts acidifiants en travaillant ensemble sous l'égide de l'Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'air de 1991. Les **figures 2.1.6a) à d)** montrent les configurations spatiales illustrant une diminution des dépôts humides de sulfates et de nitrates aux États-Unis et au Canada entre 1990 et 2012, ce qui traduit la forte incidence des mesures de lutte contre la pollution de l'air. Aux États-Unis, les dépôts totaux de composés sulfurés et azotés ainsi que les dépôts humides et secs ont diminué entre 1989-1991 et 2011-2013, et les réductions ont été plus marquées pour les composés sulfurés que pour les composés azotés. Les dépôts totaux moyens de soufre à 34 sites de surveillance à long terme dans l'est des États-Unis, où les données sont abondantes, ont diminué de 75 % entre 1989-1991 et 2011-2013, tandis que ceux d'azote ont diminué de 39 % (Rapport sur l'environnement des États-Unis).

### 2.1.3 Incidences sur la santé et l'écosystème

Malgré la diminution spectaculaire des émissions, certains problèmes importants de qualité de l'air persistent. De récentes études scientifiques ont montré que certains polluants pouvaient nuire à la santé publique même à une très faible concentration. Au cours des dernières années, les États-Unis ont revu leurs normes de qualité de l'air ambiant (NAAQS) pour cinq des six polluants les plus courants après que des études récentes évaluées par les pairs ont montré que les normes qui étaient en vigueur ne protégeaient pas suffisamment la santé publique et l'environnement (Shi et al., 2016).

Figure 2.1.5a : Colonne de dioxyde d'azote troposphérique moyenne annuelle en 2005

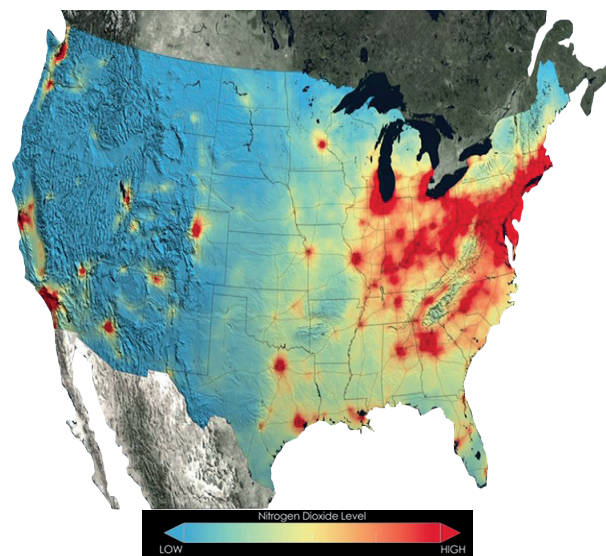
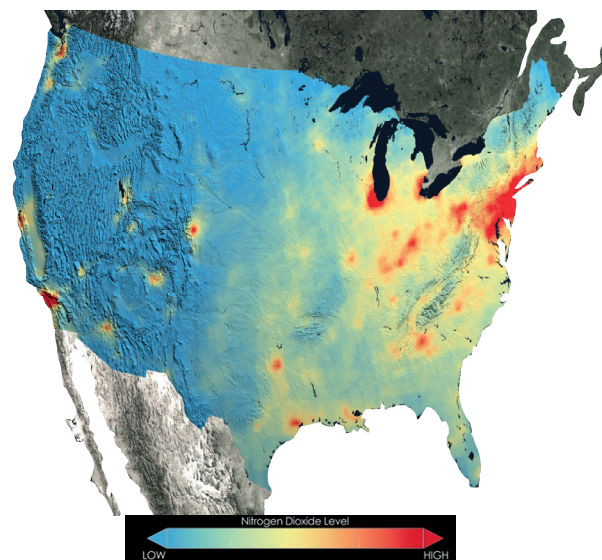
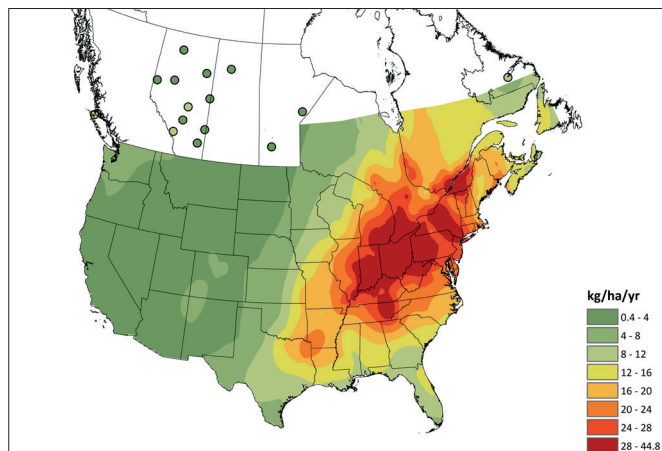


Figure 2.1.5b : Colonne de dioxyde d'azote troposphérique moyenne annuelle en 2011

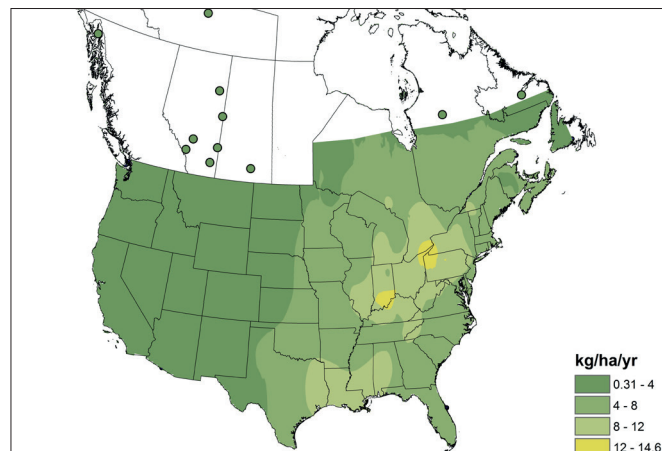


Source : NASA (2015)

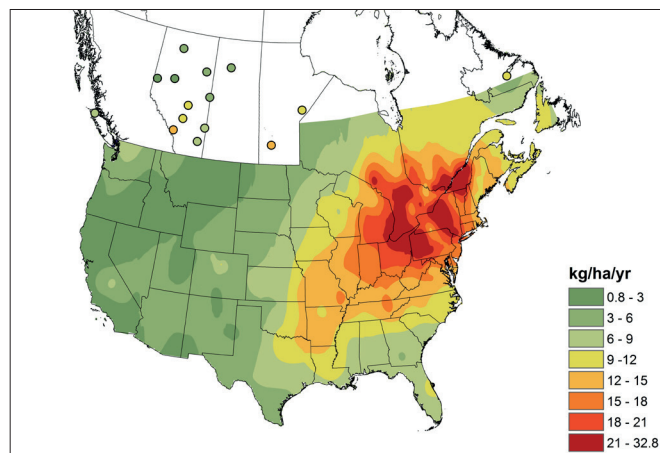
figure 2.1.6a. Dépôts humides annuels de nitrates au Canada et aux États-Unis, 1990



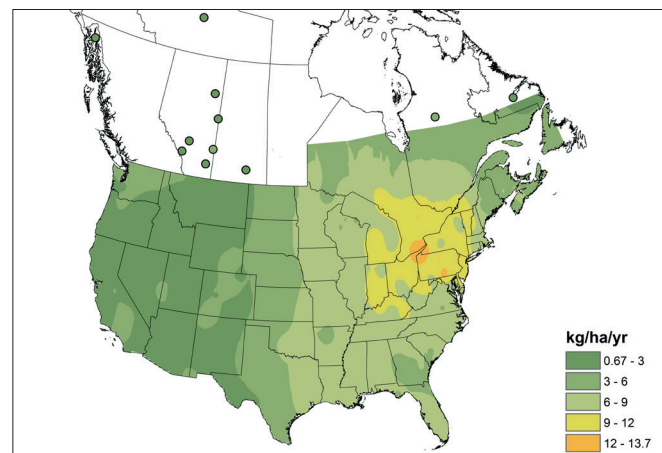
b. Dépôts humides annuels de sulfates au Canada et aux États-Unis, 2012



c. Canada and the US, annual wet nitrate deposition, 1990



d. Dépôts humides annuels de sulfates au Canada et aux États-Unis, 2012



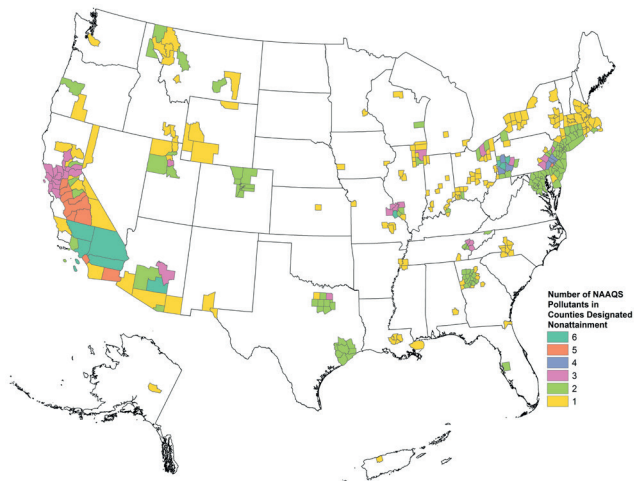
Sources : EC (2012); NADP (2012)

En 2015, plus de 130 millions d'Américains (soit près du tiers de la population) étaient exposés à des concentrations de polluants supérieures aux NAAQS. La **figure 2.1.7** montre la répartition géographique des comtés aux États-Unis où les NAAQS ne sont pas respectées. Entre 2010 et 2012, environ 28 % des Canadiens, soit 9,8 millions de personnes,

vivaient à des endroits où les concentrations d'ozone étaient supérieures à l'objectif des standards pancanadiens, et 2 % d'entre eux, soit 700 000 personnes, vivaient à des endroits où les concentrations de  $PM_{2,5}$  dépassaient l'objectif des standards pancanadiens (CCME, 2014).



Figure 2.1.7 : Comtés aux États-Unis où les NAAQS n'étaient pas respectées, 2015



Number of NAAQS Pollutants in Counties Designated "Non-attainment"



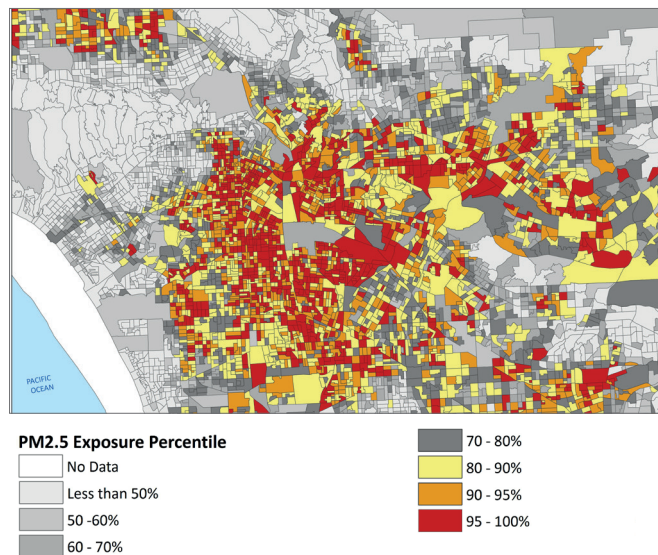
Source : USEPA (2015)

Les avantages sur le plan de la qualité de l'air et de la santé humaine découlant des programmes de réduction des émissions adoptés au cours des dix dernières années seront de plus en plus marqués à mesure que ces programmes entreront pleinement en vigueur. En 2011, l'USEPA a estimé que plus de 230,000 décès seraient évités annuellement d'ici 2020 grâce aux mesures antipollution découlant des exigences liées aux modifications de 1990 apportées à la *Clean Air Act*. Environ 85 % des avantages économiques attribuables à la réduction des décès prématurés sont associés à la réduction des matières particulaires ambiantes. Les autres avantages sont à peu près répartis également en trois catégories concernant l'amélioration de la santé humaine et de l'environnement, soit la prévention des décès prématurés liés à l'exposition à l'ozone; la prévention de troubles de santé, notamment les infarctus aigus du myocarde et les bronchites chroniques; et l'amélioration de la qualité des ressources écologiques et d'autres aspects de l'environnement, dont le plus important

est l'amélioration de la visibilité. L'estimation centrale des avantages quantifiables, soit deux mille milliards de dollars américains en 2020, surpasse les coûts dans un rapport de 30:1; l'estimation plafond les surpasse dans un rapport de 90:1; et l'estimation plancher les surpasse dans un rapport de 3:1 (USEPA, 2011).

Les sources de pollution et les populations humaines ne sont pas réparties uniformément. Par conséquent, certaines populations, notamment celles qui sont désavantagées sur le plan économique, sont exposées à une plus grande pollution que la moyenne. L'USEPA a estimé qu'en 2005 près de 14 millions de personnes dans plus de 60 agglomérations présentaient un facteur de risque de cancer à vie supérieur à 100 sur un million en raison de l'inhalation de substances toxiques dans l'air. Depuis cette évaluation, des réductions

Figure 2.1.8 : EJScreen, centile d'exposition nationale aux PM<sub>2,5</sub> pour Los Angeles



Saisie d'écran de l'outil en ligne EJScreen qui montre l'indice d'exposition aux PM<sub>2,5</sub> à Los Angeles. L'ombrage dans le diagramme indique le pourcentage de la population nationale qui présente une valeur égale ou inférieure. Source : USEPA



supplémentaires des substances toxiques dans l'air ont été mises en œuvre. Il reste toutefois des points chauds.

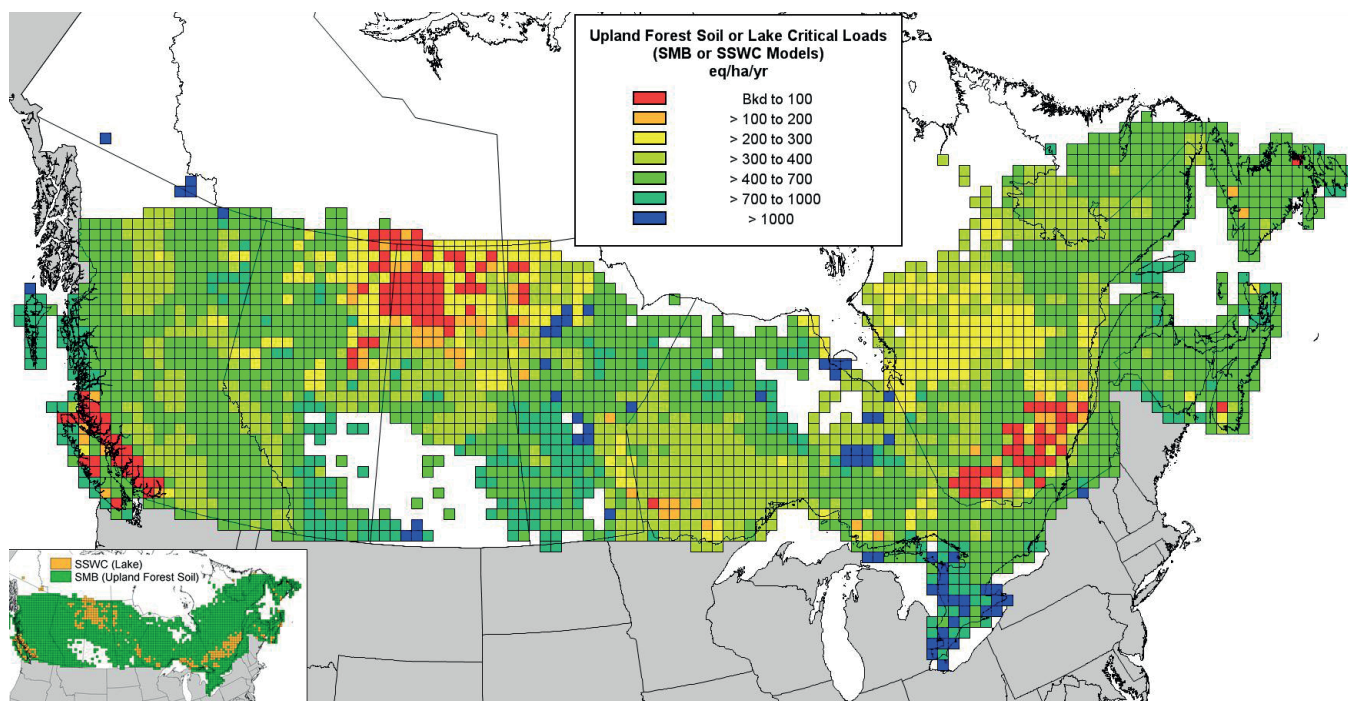
L'USEPA et Environnement et Changement climatique Canada s'efforcent d'offrir à tous les citoyens le même niveau de protection contre les risques pour l'environnement et la santé ainsi qu'un accès égal au processus décisionnel afin qu'ils puissent bénéficier d'un milieu sain dans lequel ils peuvent vivre, apprendre et travailler.

Pour faciliter l'atteinte de cet objectif, ils ont conçu des outils, notamment EJScreen (<http://ejscreen.epa.gov/mapper/>), qui permet à la population de consulter les données sur l'état de la qualité de l'air et l'exposition à d'autres facteurs de risque environnementaux ainsi que d'établir une

correspondance avec les caractéristiques démographiques et socioéconomiques (figure 2.1.8).

Au Canada, le concept de charges critiques est utilisé pour évaluer et gérer les dépôts de polluants ainsi que leur incidence sur les écosystèmes. Une charge critique est un taux de dépôt pour lequel on ne prévoit pas d'effets écologiques négatifs et qui permet à des écosystèmes endommagés par une exposition passée de se rétablir à la longue. La figure 2.1.9 présente une nouvelle carte des charges critiques pour les dépôts acidifiants au Canada. Aux États-Unis, les organismes et les chercheurs intéressés par la gestion des terres ont commencé à utiliser les charges critiques pour évaluer les effets cumulatifs des activités humaines à proximité et d'autres facteurs de stress pour

Figure 2.1.9 : Charges critiques d'acidité pour les lacs ou les sols forestiers secs dans l'ensemble du Canada



Source : Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'air (2014)

Tableau 2.1.1 : Principes de croissance intelligente et études de cas connexes

Principe de croissance intelligente	Étude de cas
Assurer une mixité en ce qui concerne l'utilisation des terres	Eighth and Pearl, Boulder (Colorado) Legacy Town Center, Plano (Texas)
Tirer avantage de la conception de bâtiments compacts	Belmont Dairy, Portland (Oregon) Highlands' Garden Village, Denver (Colorado)
Créer une palette de choix et de possibilités en matière de logement	Hismen Hin-Nu Terrace, Oakland (Californie) Benedict Commons, Aspen (Colorado)
Créer des quartiers piétonniers	Northwest Landing, DuPont (Washington) Bethesda Row, Bethesda (Maryland)
Favoriser la création de communautés distinctes, attrayantes et ayant un grand sentiment d'appartenance	The Can Company, Baltimore (Maryland) Centre-ville de Brea, Brea (Californie)
Protéger les espaces ouverts, les terres agricoles, la beauté naturelle et les aires environnementales essentielles	Abacoa, Jupiter (Floride) East Lake Commons, Decatur (Géorgie)
Renforcer les communautés existantes et leur consacrer des projets d'aménagement	Mizner Park, Boca Raton (Floride) Uptown District, San Diego (Californie)
Offrir une foule de choix en matière de transport	King Farm, Rockville (Maryland) The Crossings, Mountain View (Californie)
Faire en sorte que les décisions d'aménagement soient prévisibles, justes et économiques	Green Tape Program, Silver Spring (Maryland) Compact Development Endorsement Program, San Francisco (Californie)
Encourager la collaboration entre les populations locales et les intervenants pour ce qui est des décisions sur l'aménagement	Barrio Logan, San Diego (Californie) East Russell, Louisville (Kentucky)

Source : <http://www2.epa.gov/smartgrowth/smart-growth-illustrated>

les écosystèmes, mais cette approche n'a pas encore été intégrée à la planification officielle et à l'élaboration des règlements.

#### 2.1.4 Nouvelles tendances

##### Urbanisation

L'urbanisation continue, ou étalement urbain, est un facteur important lié à la pollution atmosphérique et aux émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de l'Amérique du Nord. L'étalement des zones urbaines se traduit par des besoins accrus en matière de transport et d'énergie, ainsi que par

une hausse des émissions connexes. La modification de l'utilisation des terres s'accompagne d'un changement de la densité de population et de la proximité des sources d'émissions, ce qui a une incidence sur les caractéristiques d'exposition à la pollution atmosphérique.

De plus, les émissions liées à la forte densité de véhicules dans les noyaux urbains influent généralement sur la sensibilité de l'ozone troposphérique et sur sa formation, de même que sur les mesures de lutte contre les émissions d'oxyde d'azote et de composés organiques volatils. Dans la plupart des régions de l'Amérique du Nord, la formation d'ozone troposphérique est très sensible aux changements

relatifs aux émissions d'oxyde d'azote. Cependant, dans de nombreuses grandes villes et directement en aval de celles-ci, il y a une zone où la baisse des émissions d'oxyde d'azote provoque une hausse locale des concentrations d'ozone en raison de la plus faible destruction de l'ozone, et où la formation d'ozone est très limitée par les mesures de réduction des émissions de composés organiques volatils. Les programmes de lutte contre la pollution atmosphérique doivent être constamment adaptés aux changements d'utilisation des terres et des émissions connexes.

Plusieurs villes en Amérique du Nord ont tenté de limiter l'étalement urbain au moyen de politiques de croissance intelligente. Le **tableau 2.1.1** présente une liste des dix principes de croissance intelligente et des hyperliens vers des études de cas dans 20 collectivités où ces principes ont été appliqués.

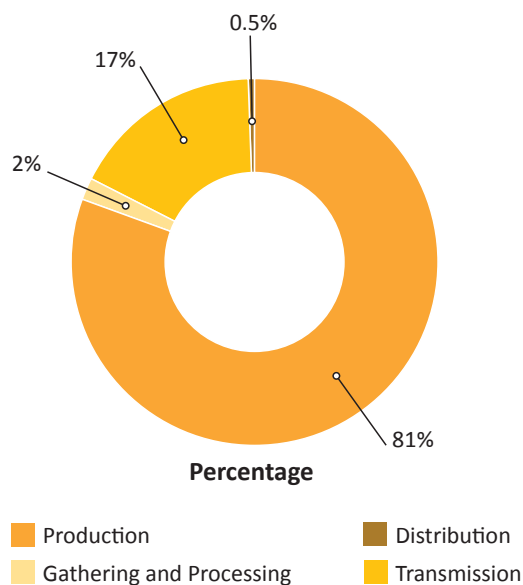
### Exploitation pétrolière et gazière

L'exploitation pétrolière et gazière, tant classique que non classique, s'est répandue rapidement dans l'ensemble de l'Amérique du Nord et contribue aux problèmes actuels de qualité de l'air en plus d'en créer de nouveaux. Certaines concentrations d'ozone parmi les plus élevées aux États-Unis ont été observées dans des régions rurales de l'Utah et du Wyoming en hiver. Ce phénomène est attribuable à une combinaison de facteurs allant des émissions découlant de l'exploitation du gaz naturel, à la topographie et aux conditions météorologiques qui piègent les émissions dans les vallées, ainsi qu'à la réflexion vers l'atmosphère de la lumière du soleil sur les sols enneigés par temps clair qui favorise la production photochimique d'ozone, même à de basses températures (Field *et al.*, 2014). Pour s'attaquer aux émissions de méthane et de composés organiques volatils attribuables à l'exploitation pétrolière et gazière, le programme Natural Gas STAR de l'USEPA encourage l'industrie, aux États-Unis et ailleurs, à adopter des technologies et des pratiques éprouvées et rentables qui améliorent l'efficacité opérationnelle et réduisent les émissions. Les programmes à participation volontaire, comme Natural Gas STAR, donnent aux entités

réglementées des options pour réduire les émissions avant que des exigences réglementaires soient mises en place. De plus, l'USEPA a récemment proposé une série d'exigences réglementaires qui visent à combattre les changements climatiques, à réduire la pollution atmosphérique et à préciser les exigences en matière de permis pour le secteur pétrolier et gazier (USEPA, 2015).

Ces programmes donnent des résultats prometteurs. Au cours de l'année civile 2014, 61 % des partenaires aux États-Unis ont présenté un rapport annuel décrivant les activités qu'ils ont réalisées sur une base volontaire en 2013 et qui ont permis de réduire les émissions nationales d'environ 1,44 milliard de mètres cubes en 2013 (**figure 2.1.10**). Cette réduction des émissions de méthane a des avantages

Figure 2.1.10 : Sources des réductions volontaires des émissions de méthane déclarées par le secteur pétrolier et gazier dans le cadre du programme Natural Gas STAR de l'USEPA, 2014



Source: USEPA (2015)

transsectoriels sur l'approvisionnement énergétique national, l'efficacité industrielle, la production de recettes et la baisse des émissions de gaz à effet de serre. La réduction des émissions en 2013 équivaut à ce qui suit :

- des recettes de plus de 200 millions de dollars américains découlant de la vente de gaz naturel, à supposer que le prix moyen du gaz naturel soit de 4,00 dollars américains par millier de pieds cubes (28,3 mètres cubes);
- l'évitement du rejet de 24 millions de tonnes d'équivalent de dioxyde de carbone;
- le carbone séquestré annuellement par 7,7 millions d'hectares de forêts aux États-Unis.

### Données en temps réel et petits capteurs

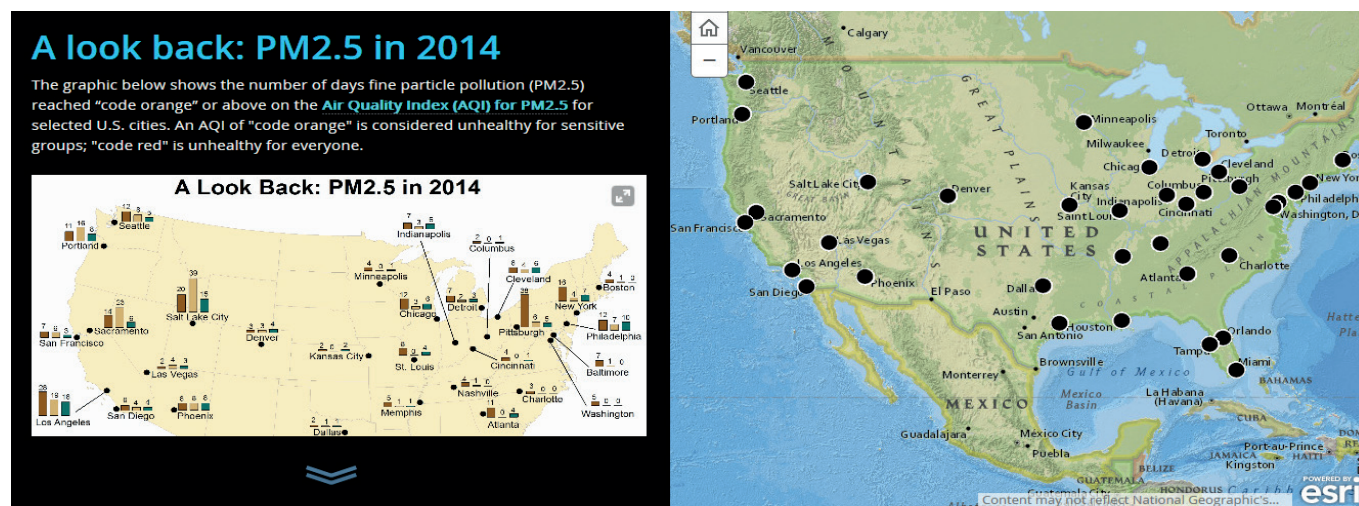
Le programme AirNow ([www.airnow.gov](http://www.airnow.gov)) a été lancé par l'USEPA en 1997 afin de communiquer au public des données en temps réel sur la qualité de l'air. À l'heure actuelle, il fournit des données quotidiennes sur les concentrations d'ozone et de matières particulaires aux États-Unis, au

Canada et dans une bonne partie du Mexique. De plus, des prévisions sont offertes pour plus de 400 villes aux États-Unis. Le programme AirNow a démontré qu'il permettait aux citoyens d'utiliser ces données pour réduire leur exposition à l'air pollué (**figure 2.1.11**).

Les responsables du programme AirNow ont établi des partenariats avec certains médias, notamment USA Today, The Weather Channel et des fournisseurs de services météorologiques, afin qu'il soit possible d'obtenir les données et les prévisions de la qualité de l'air non seulement sur Internet, mais aussi dans les journaux, à la radio et à la télévision.

Une application AirNow pour les téléphones intelligents permet aussi aux utilisateurs d'obtenir ces renseignements encore plus facilement. Ainsi, des millions d'utilisateurs consultent le site Web du programme AirNow chaque année. Le programme AirNow, qui fait figure d'exemple de communication efficace de la qualité de l'air au public, a

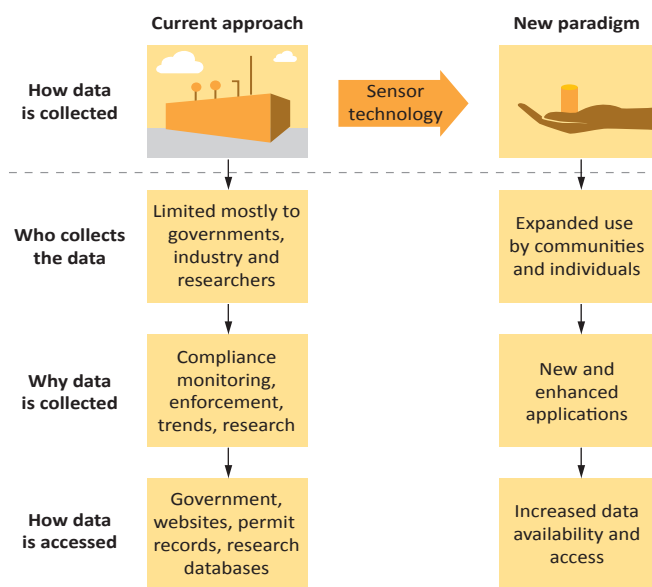
Figure 2.1.11 : Résumé interactif des cartes d'observations de la qualité de l'air à des endroits clés du programme AirNow



pris de l'expansion et comprend maintenant des partenaires internationaux. Son logiciel est désormais utilisé à Shanghai, en Chine, et dans trois États du Mexique. Dans les pays qui font face à des problèmes de qualité de l'air, AirNow est considéré comme un pas en avant pour ce qui est de la communication de renseignements au public sur la nature et la gravité de la pollution atmosphérique, et crée une demande relativement à l'air pur et aux mesures de lutte contre la pollution atmosphérique.

Bien que le programme AirNow donne accès à des données provenant de réseaux traditionnels de surveillance au sol exploités par des organismes de gestion de la qualité de l'air, ces réseaux ne sont plus la seule source d'observations en matière de qualité de l'air. La **figure 2.1.12** montre comment la façon de surveiller la pollution de l'air change rapidement en raison des percées récentes dans le domaine des capteurs

Figure 2.1.12 : Transformation du modèle de surveillance de la qualité de l'air



Source: USEPA (2015)

portables de pollution atmosphérique à faible coût qui permettent de transmettre des données en temps quasi réel à une résolution temporelle élevée, des moyens améliorés de calcul et de visualisation, ainsi que des infrastructures de communication sans-fil. Ces percées peuvent contribuer à la surveillance traditionnelle de la qualité de l'air en augmentant le niveau de surveillance de l'air ambiant et améliorer le suivi de la conformité. Grâce à ces capteurs, les citoyens et les collectivités commencent à disposer des outils dont ils ont besoin pour connaître leur exposition environnementale. Les données ainsi recueillies peuvent servir de base à des stratégies individuelles ou communautaires visant à réduire l'exposition à la pollution et à comprendre les liens avec les indicateurs de santé (Jiao *et al.*, 2015).

À mesure que leur coût diminuera, et si leur exactitude et leur précision augmentent comme prévu, ces nouveaux capteurs pourraient représenter la meilleure option de surveillance pour les pays en développement, ainsi que pour répondre aux préoccupations des collectivités en ce qui a trait à l'exposition. Cependant, les gestionnaires de la qualité de l'air au Canada et aux États-Unis auront la lourde tâche d'établir un rapport entre, d'une part, ces mesures et, d'autre part, les observations de leurs réseaux fixes de surveillance et leurs normes nationales à plus long terme. Pour aider les collectivités à tirer parti de cette nouvelle technologie, l'USEPA a créé une trousse d'outils contenant de l'information sur les capacités des divers capteurs ainsi que des conseils sur la façon de les utiliser efficacement.

## 2.2 Terre

Pour beaucoup de personnes, l'Amérique du Nord évoque de grands espaces, des forêts interminables, des rivières majestueuses et des prairies à perte de vue. Depuis une certaine d'années, de grandes villes dont le cour est constitué de gratte-ciel, entourées de banlieues et d'une zone périurbaine, se sont ajoutées au paysage. Le Canada et les États-Unis ont transformé le paysage, construit des infrastructures et consommé de vastes quantités d'énergie. Au fil des quatre derniers siècles, les forêts, les prairies et les milieux humides ont cédé la place aux terres agricoles. Au



## Messages clés : Terre

Les ressources terrestres en Amérique du Nord sont généralement en bon état. Les paysages aménagés répondent principalement aux besoins de la société en matière de logement, de développement économique et de bien-être communautaire. Les paysages naturels, c'est-à-dire les forêts, les terres cultivées, les parcours et la toundra, fournissent de l'eau douce propre, des habitats sains pour la faune terrestre et aquatique, des possibilités d'activités récréatives de qualité en plein air ainsi que de la nourriture et des fibres pour les Nord-Américains, tout en contribuant à l'approvisionnement mondial en nourriture et en fibres.

- Les perturbations à grande échelle de l'utilisation des terres et de la couverture terrestre sont évitées grâce à des politiques et des règlements efficaces. Toutefois, les paysages naturels sont de plus en plus fragmentés dans certaines régions en raison de phénomènes naturels, comme les incendies de forêt et les infestations de ravageurs, de décisions relatives aux activités de gestion et d'aménagement des terres, et de transferts de propriétés à des héritiers, en particulier à l'intersection des secteurs des forêts, de l'agriculture et de l'énergie.
- Lorsque cette fragmentation se produit, elle aggrave souvent les problèmes de gestion des ressources et entraîne une réduction des services écosystémiques desquels dépendent les humains et les animaux pour leur bien-être.
- Quelques villes et plus petites collectivités nord-américaines font office de laboratoires vivants en démontrant dans quelle mesure des améliorations coordonnées et pragmatiques en ce qui concerne l'utilisation des terres, le transport, la santé publique, l'énergie et l'eau propres, le recyclage et la gestion des déchets peuvent améliorer la résilience et la durabilité.
- La diffusion de ces leçons à d'autres collectivités de l'Amérique du Nord offre des solutions potentielles pour la création de voies de développement plus durables et plus résilientes.

cours du XX<sup>e</sup> siècle, certaines d'entre elles sont redevenues des forêts, alors que d'autres ont été transformées en zones urbaines, suburbaines ou périurbaines.

En mettant l'accent sur les événements qui sont survenus depuis l'arrivée des Européens, on néglige l'histoire beaucoup plus ancienne des premiers habitants de la région, qui, dans bien des cas, ont dû faire face à des problèmes d'utilisation des terres et de distribution des ressources qui avaient des dimensions biophysiques, sociales et culturelles. Ces problèmes n'ont fait que s'intensifier depuis l'arrivée des Européens. Les controverses actuelles concernant

l'exploitation des ressources et l'utilisation des terres, notamment l'extraction pétrolière et gazière ainsi que la construction de pipelines, montrent que les décisions liées aux terres et aux ressources sont encore indissociables des questions biophysiques, sociales et culturelles, comme la participation démocratique et l'autonomie des collectivités.

Les tendances récentes concernant l'utilisation des terres et la couverture terrestre, jumelées aux débats sur les droits fonciers et aux processus décisionnels en fait de terres et de ressources, préparent la voie à certains des défis environnementaux les plus pressants, soit la fragmentation

de l'habitat, la propagation d'espèces exotiques envahissantes ainsi que les effets cumulatifs et locaux de l'agriculture et de l'extraction des ressources.

Depuis la fin de la Deuxième Guerre mondiale, l'aménagement des zones urbaines, suburbaines et périurbaines a joué un rôle prépondérant quant à la modification de l'utilisation des terres en Amérique du Nord, et a été fortement influencé par une importante innovation technologique du début du XX<sup>e</sup> siècle, l'automobile. L'urbanisation en Amérique du Nord n'a donc pas été à l'image de ce qui s'est passé ailleurs dans le monde, puisque la population y est moins dense et que l'automobile y prend une place plus importante (Jackson, 1985; Hofmann *et al.*, 2005). Les États-Unis (240 millions de voitures) et le Canada (17 millions de voitures) comptent un quart des 1,015 milliard de véhicules dans le monde (Davis, *et al.*, 2014; WardAuto, 2015). Le transport en commun dessert moins d'un navetteur sur cinq au Canada, et un navetteur sur 20 aux États-Unis (McKenzie et Rapino, 2012).

L'automobile a permis une flexibilité quant aux itinéraires et aux périodes de déplacements, qui s'est traduite par un modèle d'aménagement urbain bien différent en Amérique du Nord comparativement à d'autres régions. Ailleurs dans le monde, l'urbanisation a été davantage influencée par les configurations en étoiles des réseaux de métros, de trains ou de tramways, ou encore les plans quadrillés des vieilles villes conçus en fonction des piétons (Jackson, 1985). L'augmentation du nombre d'automobiles a été l'un des principaux facteurs de décentralisation des lieux de travail et d'accroissement de la distance entre les maisons et les lieux de travail (Baum-Show, 2010). Bon nombre des paysages urbains nord-américains comprennent maintenant des zones résidentielles et commerciales de faible densité qui reposent sur l'utilisation de l'automobile. Les résidents des zones suburbaines et périurbaines sont en général réticents à payer des taxes ou des droits pour la construction et l'exploitation d'un réseau de transport public qui leur offre un service efficace et fréquent (McKenzie, 2015).

Grâce aux renseignements recueillis au cours des vingt dernières années à l'aide de programmes de surveillance,

de l'imagerie satellite et des systèmes de classification écologique assistés par ordinateur, la compréhension des changements relatifs à la couverture terrestre s'est accrue et permet d'éclairer les stratégies de gestion. Les gouvernements et les chercheurs ont adopté des systèmes normalisés d'inventaire des gaz à effet de serre établis dans le cadre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et bénéficient des concepts et des résultats de recherche du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat en ce qui concerne l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et les forêts (Watson *et al.*, 2000). Ensemble, ces mesures offrent l'occasion de mettre des données probantes au service des politiques et des pratiques, et ce, à l'appui de décisions durables et équitables concernant l'utilisation des terres.

Plusieurs rapports distincts préparés par les deux pays font état des changements relatifs à l'affectation des terres. Les deux pays préparent des communications nationales, des rapports d'inventaire nationaux et un cadre uniformisé de présentation des rapports pour la CCNUCC en utilisant les mêmes définitions, mais seulement dans le cas des terres aménagées (**tableau 2.2.1**). Au Canada, 71 % des terres sont considérées comme non aménagées aux fins de la présentation des rapports pour la CCNUCC. Les deux pays réalisent des inventaires de leurs forêts et présentent des rapports à la FAO en utilisant les définitions standard dans le cadre de son processus d'évaluation des ressources forestières mondiales. Toutefois, le rapport du Canada à l'intention de la FAO comprend 50 % plus de terres forestières que ce qui est déclaré pour la CCNUCC. Bien qu'il y ait une uniformité quant aux rapports des deux pays pour ces deux processus distincts des Nations Unies, les exigences de déclaration de ces deux processus ne sont pas les mêmes. Il est donc difficile de réaliser une analyse exhaustive, car la littérature contient des données différentes pour les mêmes utilisations de terres, ce qui nécessite des explications supplémentaires et un rapprochement des données.

Les deux pays produisent également des recensements agricoles tous les cinq ans, lesquels présentent des analyses

Tableau 2.2.1 : Tendances relatives à l'utilisation des terres au Canada et aux États-Unis (en milliers d'hectares)

Catégories d'utilisation des terres	1990	2005	2010	2013
	-----milliers d'hectares-----			
<b>États-Unis</b>				
Forêts	298 598	300 848	302 033	302 386
Terres cultivées	170 448	160 107	159 243	159 230
Prairies	350 109	347 142	346 439	346 430
Zones habitées	38 602	49 676	50 624	50 614
Terres humides	44 453	44 060	43 330	43 025
Autres terres	34 021	34 397	34 562	34 545
Sous-total, États-Unis	936 231	936 230	936 231	936 230
<b>CANADA</b>	1990	2005	2010	2013
Forêts	232 715	232 085	231 847	231 709
Terres cultivées	49 120	50 018	50 152	50 236
Prairies	7 890	7 399	7 253	7 166
Zones habitées	1 881	2 214	2 360	2 411
Terres humides	1 065	453	521	519
Autres terres (forêts non aménagées et terres humides)	705 796 (265 220)	706 298 (355 462)	706 334 (265 632)	706 426 (265 772)
<b>Sous-total, CANADA</b>	<b>998 467</b>	<b>998 467</b>	<b>998 467</b>	<b>998 467</b>

détaillées des changements relatifs à l'utilisation des terres pour l'agriculture et l'élevage. Les changements de production indiqués sont influencés par les signaux du marché et les nouvelles politiques. Ces changements ont une incidence sur l'environnement, par l'entremise des émissions de gaz à effet de serre, ainsi que sur les économies rurales.

Après l'analyse des données provenant de toutes les sources, trois types de changements d'utilisation des terres ressortent davantage au cours des dernières années :

- 1) forêts converties en terres cultivées; 2) terres cultivées converties en zones habitées et 3) forêts converties en zones habitées.

### 2.2.1 Changement de l'utilisation des terres canadiennes

Entre 1989 et 2006, la superficie nette des terres cultivées au Canada a augmenté d'environ 1 % par année, principalement en raison de la conversion de forêts en terres cultivées (Environnement Canada, 2014; Statistique Canada, 2012). Toutefois, la tendance au cours des 25 dernières années est à la baisse. La conversion de forêts en terres cultivées était de +2,6 % en 1989-1990, de +1,3 % en 2004-2005 et de +1 % de terres cultivées en 2009-2010 à l'échelle nationale.

La proportion de terres cultivées converties en terres forestières a été de l'ordre d'un cinquième de la proportion

de terres forestières converties en terres cultivées; il s'agit d'un taux à la baisse de terres forestières converties en terres cultivées à long terme, mais positif tout de même. En termes absolus, plutôt qu'en pourcentage, entre 1993 et 2013, 405 000 hectares de forêts canadiennes ont été convertis aux fins d'utilisation à titre de terres cultivées. Il s'agit d'une baisse par rapport aux 1 286 000 hectares de forêts converties en terres cultivées de 1970 à 1990.

La conversion en terres agricoles est plus répandue dans l'Est du Canada. Depuis 1993, 83 % des conversions de forêts en des terres cultivées ont eu lieu dans l'Est du Canada, et seulement 10 % ont eu lieu dans les provinces des Prairies. Les terres cultivées converties en terres forestières sont en grande partie situées sur des terrains privés où des terres cultivées marginales sont retirées de la production, et sur lesquelles on plante des arbres. Cette transition a principalement touché les terres cultivées où la production a été abandonnée quelques années passées (p. ex., anciennes plantations d'arbres de Noël ou anciens vignobles, ou encore de vieux champs qui ont subi une transition naturelle vers des espèces ligneuses), et qui avaient finalement suffisamment d'espèces ligneuses au dernier inventaire forestier pour répondre à la définition d'une forêt. La zone de terres cultivées marginales laissée à la transition naturelle vers la forêt n'a été quantifiée ni par le programme d'inventaire forestier national actuel ni par le recensement de l'agriculture. Les terres agricoles marginales continuent d'être classifiées comme des terres cultivées jusqu'à ce qu'un couvert d'arbres suffisant ait poussé pour répondre à la définition d'une forêt.

Malheureusement, les inventaires et les programmes de surveillance sur lesquels on s'appuie pour estimer les changements d'utilisation des terres pour la déclaration des gaz à effet de serre n'estiment pas actuellement la quantité de terres cultivées converties en zones habitées. Toutefois, d'autres rapports ont consigné des changements importants. Les terres agricoles du Canada sont classifiées selon leur qualité et leurs contraintes en matière de production. Les trois catégories principales sont appelées « terres agricoles cultivables » (TAC) et représentent au total

49,3 millions d'hectares. Les terres agricoles cultivables sont précieuses, car elles n'ont aucune contrainte importante en matière de production, et parce qu'elles sont rares; en effet, elles représentent seulement 5 % de toutes les terres agricoles. Hofmann (2001) a trouvé qu'entre 1971 et 1996, les zones urbaines ont consommé 1,2 million d'hectares de terres, dont la moitié était des terres agricoles cultivables. En 1996, les zones urbaines recouvraient 2,8 millions d'hectares à l'échelle du Canada et 52 % de ces zones se situaient sur des terres agricoles cultivables. Hofmann *et al.*, (2005) ont signalé des pertes additionnelles de terres agricoles cultivables au profit du développement, indiquant qu'en 2001, les zones urbaines occupaient 3 % de toutes les terres agricoles cultivables, et plus important encore, 7,5 % des terres agricoles cultivables de catégorie 1. Lorsque les auteurs ont combiné les zones urbaines et rurales bâties aux corridors de transport et de services publics ainsi qu'aux autres terrains aménagés, ils ont constaté que 4 millions d'acres de terres agricoles cultivables 8,1 % des terres du pays servaient à des fins non agricoles. Une analyse à l'appui de Statistique Canada (2014) a trouvé que les zones habitées sur des terres agricoles cultivables ont augmenté de 19 % entre 2000 et 2011. Par écozone, la plus grande augmentation de l'empiètement urbain sur des terres agricoles cultivables est survenue dans les plaines à forêts mixtes, où la superficie des zones habitées sur des terres agricoles cultivables a augmenté de 128 030 hectares (+27 %); plus de la moitié de cette croissance a eu lieu dans la grande région du Golden Horseshoe. La deuxième plus grande augmentation a été relevée dans l'écozone des Prairies, où la superficie de zones habitées sur les terres agricoles cultivables a augmenté de 59 807 hectares (+16 %). À mesure que la population du Canada augmente et que les villes grossissent et s'étendent, la perte de certaines des meilleures terres agricoles du pays continuera vraisemblablement, étant donné que de nombreuses agglomérations sont situées près de certaines des meilleures terres agricoles du pays.

La conversion d'autres catégories d'utilisation des terres à des zones habitées continue également. Au cours des quatre années de 2010 à 2014, la superficie des zones habitées a augmenté de 499 600 hectares, dont la grande

majorité (498 790 hectares) provenait de terres forestières (gouvernement du Canada, 2014). Une petite superficie de prairies (820 hectares) principalement de la toundra dans les régions éloignées du Nord a également été convertie en zones habitées. Alors que cette conversion de terres forestières à des zones habitées était minime (0,13 %), elle démontre que les zones forestières entourant les zones habitées sont une cible pour l'expansion urbaine à l'échelle du pays.

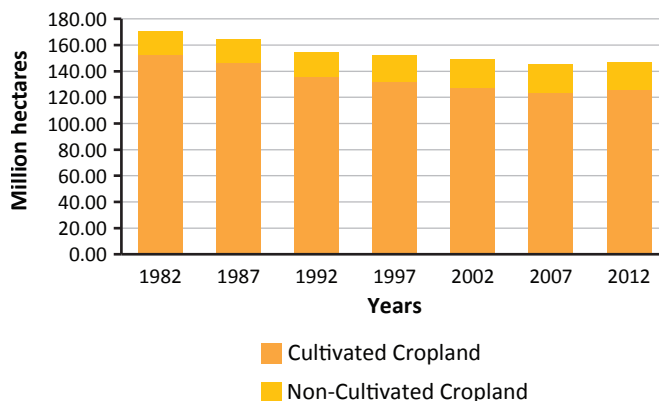
### 2.2.2 Changement de l'utilisation des terres aux États-Unis

Les forêts occupent 30 % de la superficie des terres aux États-Unis, alors que les pâturages et les zones de broutage en représentent 27 %, les terres cultivées, 18 %, et les zones urbaines, 3 %. Les proportions diffèrent grandement d'une région à l'autre. Ensemble, les régions des grandes plaines et des montagnes Rocheuses ont plus de trois quarts des pâturages du pays, et un tiers des terres cultivées. Les États du Nord ont le plus grand pourcentage de terres forestières (41 %) ainsi que 35 % des terres cultivées du pays, alors que les États du Sud ont le plus grand pourcentage de terres forestières exploitables (40 %). La population est fortement concentrée dans les zones urbaines. Dans l'Ouest, 90 % de la population se trouve dans les zones urbaines, dans le Nord-Est, 85 %, et dans le Midwest et le Sud, 76 % (U.S. Census Bureau, 2012).

#### Tendances relatives aux zones des terres cultivées

La superficie des terres consacrée à la production agricole en 2012 était de 146,9 millions d'hectares. Il s'agit d'une augmentation de 1,56 million d'hectares depuis 2007, la première augmentation signalée depuis 1982 (USDA, 2015a; **figure 2.2.1**). En dépit de ce gain général récent, la tendance à plus long terme prévoit une perte de terres cultivées. L'augmentation du territoire urbain est responsable en partie de ce déclin. Depuis 2007, les tendances par rapport aux changements de l'utilisation des terres n'ont pas été analysées d'une manière complète et exhaustive, en raison de l'absence de données à jour de l'inventaire des ressources

Figure 2.2.1 : Terres cultivées aux États-Unis, par année



Source : Département de l'agriculture des États-Unis (2012)

nationales du Service de la conservation des ressources naturelles des États-Unis (Natural Resources Conservation Service).

Le Conservation Reserve Program qui offrait des incitatifs financiers aux agriculteurs pour retirer de la production des terres très vulnérables à l'érosion et d'autres terres marginales a perdu 3,34 millions d'hectares entre 2007 et 2012, dont près de 2,22 millions d'hectares (ou 77 %) qui étaient des prairies semées ou des terres anciennement utilisées pour le pâturage ou la production de foin. Lark *et al.* (2015) ont constaté que les principales cultures sur ces nouvelles terres cultivées étaient le maïs (26 %), le blé (25 %), le soja (20 %) et la luzerne (7 %). Ils n'ont toutefois pas imputé les gains de production agricole à des facteurs, comme la variation des prix des produits de base ou les objectifs en matière de biocarburants.

Les terres aménagées ont augmenté de 1,23 million d'hectares, ou de 2,7 %. De cette augmentation, 46 % des terres provenaient de forêts converties, 37 % de parcours ou de pâturages et 23 % de terres cultivées.



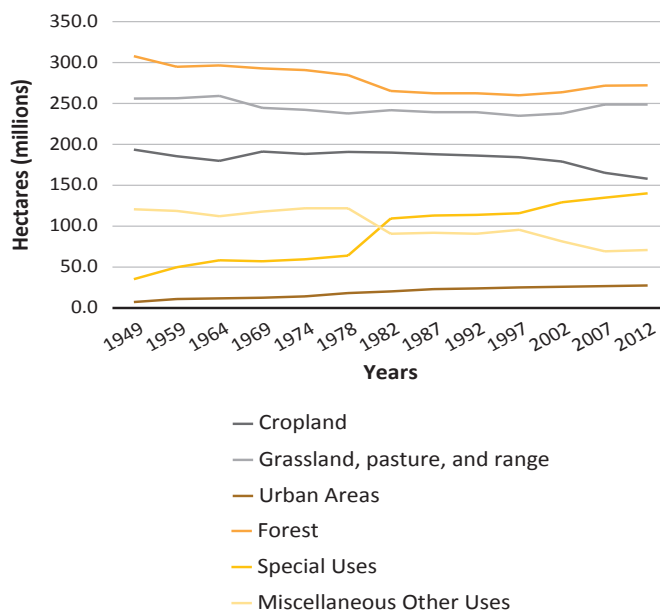
## Tendances relatives aux zones de pâturage

Les estimations des terres de pâturage et de broutage varient pour les États-Unis, selon la source de données et les définitions. L'inventaire des ressources nationales (NRI) du Service de la conservation des ressources naturelles classe 49,0 millions d'hectares comme étant des pâturages et 164,2 millions d'hectares supplémentaires comme des parcours, sur un total estimatif de 213 millions d'hectares (USDA, 2015b). Le Census of Agriculture de 2012 classe, d'autre part, 168,1 millions d'hectares comme étant des pâturages ou des parcours pour le broutage, ainsi que 11,3 millions d'hectares de terrains boisés pour le broutage, pour un total de 175,4 millions d'hectares une augmentation de 7,3 millions d'hectares depuis 2007. Une estimation plus large des terres disponibles pour le broutage d'une troisième organisation du département de l'agriculture, le Service de recherche économique (Economic Research Service), totalise environ 248,7 millions d'hectares, et comprend les prairies et d'autres pâturages et parcours non boisés (USEPA, 2010). Si les terres forestières utilisées pour le broutage et les pâturages sont également incluses, l'estimation totale pour les pâturages est de 314,4 millions d'hectares pour 2007, ce qui représente 35 % de la superficie terrestre des États-Unis (USEPA, 2010). Toutefois, des retards de trois à quatre ans par le Service de la conservation des ressources naturelles pour publier les renseignements du NRI provenant des enquêtes de 2007 et de 2012 ont empêché le Service de recherche économique de mettre à jour les données (Nickerson *et al.* 2011, **figure 2.2.2**). Ce manque de rapidité dans le traitement et la publication des données diminue grandement l'utilité de l'inventaire des ressources nationales pour l'élaboration de politiques et sème la confusion chez les analystes.

## Tendances relatives aux régions boisées

La gestion des forêts comprend un ensemble complexe d'intérêts pour répondre à différents besoins, y compris les loisirs, l'approvisionnement public en eau, la production de bois et l'habitat de diverses espèces sauvages. Oswald *et al.* (2014) ont recensé 310 millions d'hectares de terres forestières aux États-Unis en 2012, dont 211 millions d'hectares étaient considérés comme des terres forestières

Figure 2.2.2 : Utilisations principales des terres (États-Unis), 1949 à 2012



Source : Adapté de Nickerson *et al.* 2011

« exploitables » sans contrainte pour la récolte du bois. Les forêts qui ne sont pas des terres forestières exploitables comprennent les terres réservées où la production de bois est interdite, comme les aires de nature sauvage désignées et les parcs nationaux, ou les terres boisées où d'autres facteurs, comme des pentes abruptes, limitent la récolte du bois.

En 2012, il y avait 29,7 millions d'hectares dans la catégorie des terres « réservées » et 69,4 millions d'hectares dans la catégorie « autres ». La superficie des terres forestières exploitables a augmenté d'un peu plus de 2,8 millions d'hectares depuis 2007 et la superficie forestière a augmenté de 5,7 millions d'hectares, ce qui signifie que les terres forestières désignées comme « réservées » ou « autres » a également augmenté de 2,8 millions d'hectares depuis 2007. Ce total reflète un gain net d'environ 14,6 millions d'hectares (6 %) entre 1977 et 2012, expliqué en grande partie par la

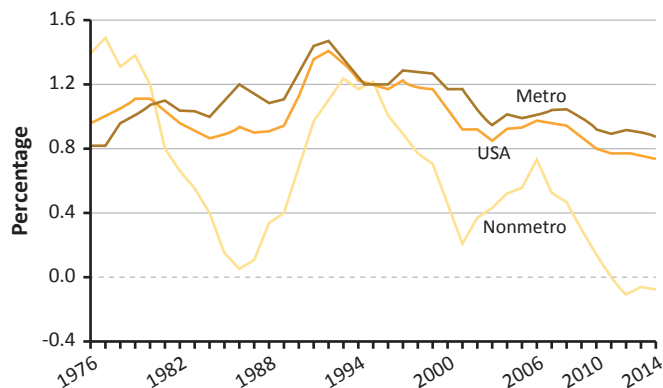
conversion de pâturages et d'autres terres agricoles en forêts, ainsi que par la reclassification de certaines terres forestières nationales pour se conformer aux classifications utilisées par d'autres régimes fonciers (Oswalt *et al.*, 2014).

### Tendances relatives aux zones urbaines et aux zones aménagées

Le nombre de personnes habitant dans des comtés ruraux s'élevait à 46,2 millions en 2014; près de 15 % des résidents des États-Unis répartis sur 72 % des terres du pays. Les zones rurales ont perdu des habitants au profit des zones urbaines et suburbaines entre juillet 2013 et juillet 2014, poursuivant une tendance de quatre ans. La croissance de la population rurale provenant de la migration nette a atteint un sommet en 2006; elle a ensuite connu un déclin précipité et un déplacement géographique en raison de la hausse du chômage, des difficultés du marché immobilier et des développements du secteur de l'énergie, entre autres. L'expansion suburbaine et la migration à des destinations pittoresques pour la retraite ou les loisirs ont été les principaux éléments moteurs du changement démographique rural depuis plusieurs décennies, mais depuis le début de la récession en 2007-2008, leurs influences se sont considérablement affaiblies, **figure 2.2.3** (USDA, 2015).

La perte de population et le déclin des communautés rurales reflètent une « érosion » des vastes régions centrales du pays, où l'agriculture et l'industrie ont les deux stimulé la croissance économique et la prospérité de la classe moyenne dans la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle. De nombreuses études ont documenté le départ des jeunes (20 à 24 ans) des régions rurales et caractérisent la tendance comme un « exode des cerveaux », mais une étude récente de Cromartie *et al.* (2015) propose des raisons pour lesquelles les gens retournent s'installer dans les régions rurales. La majorité des gens qui y retournent sont dans la catégorie d'âge de 30 à 35 ans et ont de jeunes enfants. Les motivations principales de leur retour comprenaient le rapprochement avec la famille, la proximité des loisirs extérieurs (le camping, la pêche et la chasse ont souvent été mentionnés), les occasions d'engagement

Figure 2.2.3 : Changement dans la population par zones métropolitaines ou non métropolitaines selon les données de recensement, de 1976 à 2014



Source: USDA, Economic Research Service 2015

civique et le bénévolat, et des temps de déplacement plus courts pour le travail. Les obstacles principaux étaient les faibles salaires et le manque d'occasions professionnelles qui pouvaient être surmontés en recourant à des stratégies créatives, le manque d'activités culturelles et les options restreintes en matière de commodités, de magasinage et de restaurants. Les collectivités rurales ont profité d'un afflux de professionnels bien instruits qui ont amené des contacts d'affaires, des aptitudes en leadership et un intérêt dans le bien-être de la communauté, principalement l'éducation primaire et secondaire. Les collectivités rurales connaissant une croissance de la population sont donc peut-être celles qui bénéficient des talents de ceux qui y retournent. Pour accroître l'immigration intérieure dans les zones rurales et freiner le départ des jeunes, il faudra un leadership civique et politique à l'échelle locale en mesure de composer avec des facteurs culturels et socioéconomiques complexes pour façonner les approches politiques tout en aidant à garder l'économie et les paysages locaux sains et résilients (Center for Rural Affairs, 2015).

### 2.2.3 Récentes tendances de la couverture terrestre nord-américaine

Les analyses des changements relatifs à la couverture terrestre ont fait des progrès remarquables au cours des 20 dernières années. La progression est attribuable au changement de plateformes d'imagerie c'est-à-dire le passage de la photographie aérienne sur film à l'imagerie numérique à partir de nouveaux capteurs embarqués sur des satellites ou des aéronefs et à une augmentation importante de la capacité informatique. Les capteurs les plus utiles pour les analyses de la couverture terrestre à une grande échelle de paysage sont le capteur Thematic Mapper (TM) de 30 mètres sur la plateforme LANDSAT et les capteurs MODIS de 200 mètres sur les plateformes TERRA et AQUA. Beaucoup de travaux expérimentaux ont été effectués avec des capteurs à plus haute résolution et avec un radar à synthèse d'ouverture, appelé LIDAR. Toutefois, il n'y a pas un grand nombre de programmes de surveillance opérationnelle qui utilisent LIDAR à de grandes échelles spatiales, comme celles qui couvrent les provinces ou les grands États. L'imagerie LIDAR est mieux indiquée pour de plus petites échelles spatiales, car les banques de données LIDAR sont très vastes et denses et nécessitent donc une importante capacité de stockage et des processeurs très rapides pour permettre les analyses.

Outre les capteurs améliorés et l'imagerie numérique, il y a également plus de logiciels d'analyse géospatiale disponibles, et ces derniers sont plus puissants qu'avant. Dans les années 1990, les logiciels géospatiaux nécessitaient généralement des postes de travail et des logiciels spécialisés. En 1999, des logiciels compatibles au système d'exploitation de Microsoft Windows ont été mis sur le marché. Cela a beaucoup élargi le bassin d'utilisateurs et a créé un ensemble d'outils intégrés pour la création, l'analyse et le stockage de données géospatiales, ainsi que des produits d'information plus accessibles aux analystes et aux décideurs. L'introduction récente de l'informatique en nuage a également rendu les produits d'information géospatiale plus largement disponible.

Ces nouveaux outils sont de plus en plus utilisés par les organisations gouvernementales et non gouvernementales à toutes les échelles spatiales aux fins de prise de décisions. Les couches de données en arrière-plan de ces produits sont un de leurs points forts; ces couches de données, lorsqu'elles sont utilisées avec des logiciels géospatiaux perfectionnés, peuvent aider les gouvernements locaux, les gouvernements de comté, d'État ou de province, ainsi que les organismes fédéraux à élaborer des meilleures politiques, à fixer des priorités pertinentes et à prévoir des activités de gestion de manière efficace. En rendant les données librement accessibles à tous, les citoyens sont mieux en mesure de visualiser la situation et de prendre part à l'élaboration de politiques et à la prise de décisions. En effet, de meilleures données mènent à un meilleur dialogue, ce qui se traduit par de meilleures décisions.

Deux équipes nord-américaines ont profité de ces progrès pour développer des ensembles de données et des cartes par rapport aux changements de la couverture terrestre. Sous l'égide de la Commission des forêts pour l'Amérique du Nord de la FAO, une équipe d'experts du Canada, du Mexique et des États-Unis ont travaillé pendant plus d'une décennie pour développer une base de données écorégionale qui peut générer des tableaux et des cartes conformes des forêts à l'échelle des trois pays (**figure 2.2.4**). La deuxième équipe d'experts a travaillé sur le système nord-américain de surveillance des changements dans la couverture terrestre (NALCMS) sous l'égide de la Commission de coopération environnementale (CCE). L'équipe a produit une matrice de transition de la couverture terrestre (**tableau 2.2.2**) ainsi qu'une carte des zones écologiques de l'Amérique du Nord (**figure 2.2.5**). La même équipe a également analysé les causes des changements du couvert forestier. Elle a aussi trouvé que des grands incendies étaient plus courants dans les latitudes nord du Yukon, de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Québec, alors que les incendies étaient plus petits et répartis plus largement dans les parties sud de ces provinces.

Tableau 2.2.2 : Changements dans la couverture terrestre des prairies et des terres arbustives aux États-Unis, par catégorie de propriétaire, 2001-2011

Région	Parcours par catégorie de propriétaire			Changement des zones selon le NLCD (2001-2011)	Taux de perte	
	Non fédérale	Fédérale	Aire totale		Non fédérale	Tous les propriétaires
	-----hectares-----				---pourcentage---	
Nord-Est	3 113 459	134 382	3 247 841	22 267	0,72	0,69
Nord-Ouest du Pacifique	626 319	927 642	1 553 962	24 839	0,40	0,16
Sud-Ouest du Pacifique	8 198 406	5 178 725	13 377 130	95 297	1,16	0,71
Grandes plaines du Nord	40 031 766	6 185 198	46 216 964	282 688	0,71	0,61
Prairies de l'Est	12 026 022	301 817	12 327 839	178 584	1,48	1,45
Région des Everglades	42 295	60 736	103 031	1 641	3,88	1,59
Grandes plaines du Sud	34 151 588	1 454 754	35 606 343	202 947	0,59	0,57
Sud-est	5 872 553	791 318	6 663 871	63 124	1,07	0,95
Ouest intérieur	26 675 292	48 957 685	75 632 977	148 913	0,56	0,20
Région désertique du Sud-ouest	6 322 660	13 109 595	19 432 255	88 979	1,41	0,46

Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

Source : Reeves, 2015; NLCD, 2015

Les répercussions de l'infestation par le dendroctone du pin ponderosa dans le centre de la Colombie-Britannique sont évidentes. Dans les travaux subséquents publiés par BiodivCanada, les transitions de couvert forestier à un autre type, et d'une classe de couvert vers un couvert forestier de nouveau étaient également illustrées.

La matrice de transition pour le Canada, le Mexique et les États-Unis montre que les changements les plus courants étaient :

- forêt de conifères terres arbustives et herbacées;
- forêt mixte → forêt de feuillus, terres arbustives et herbacées;
- terres arbustives → forêt de feuillus et forêt mixte;
- terres herbacées → terres arbustives (arbustes et arbres qui envahissent les prairies);
- terres humides → forêt de conifères (succession écologique, herbacées, arbustes devenant des arbres);
- terres cultivées → terres herbacées et zones urbaines et aménagées

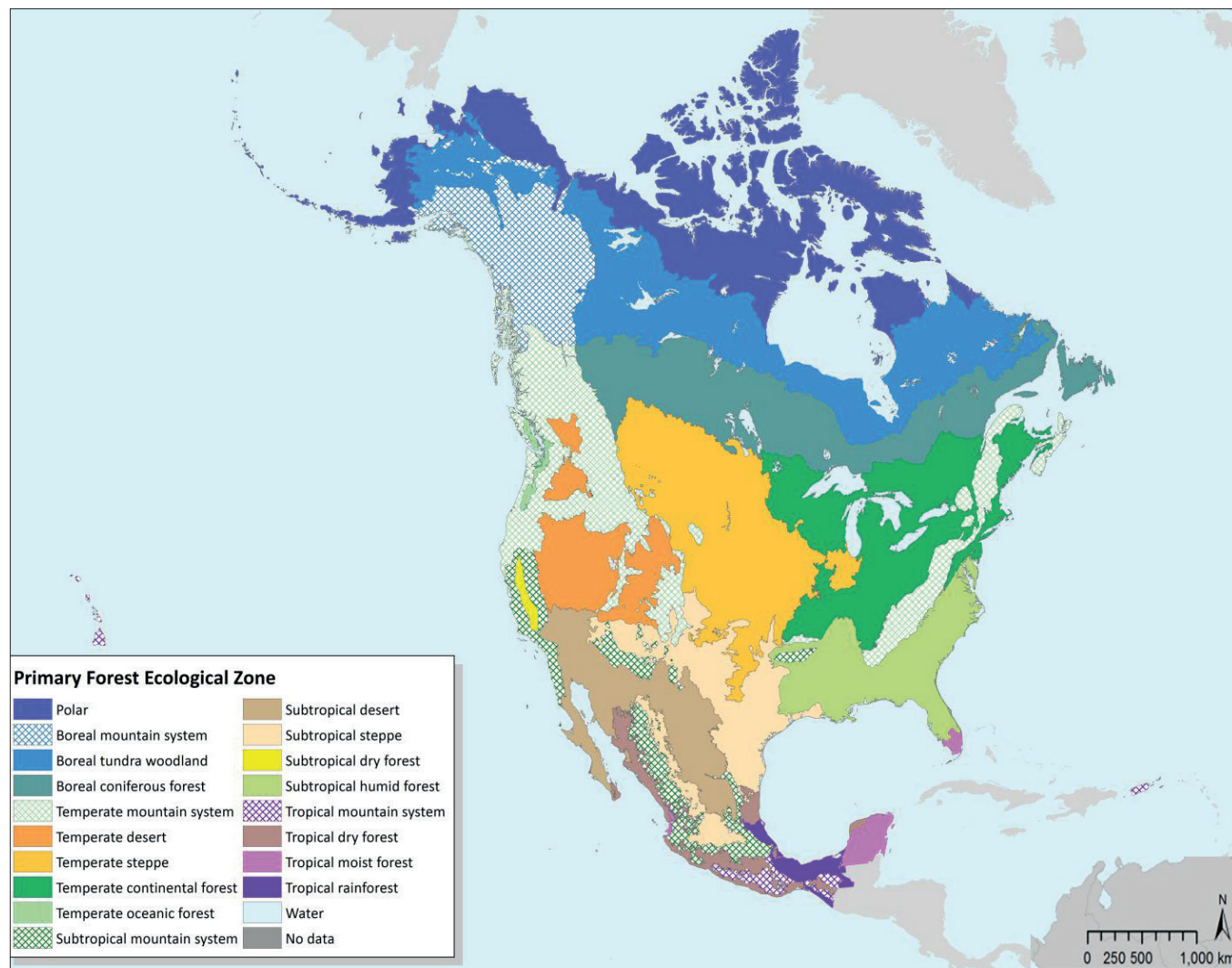
- eau → terre stérile;
- neige et glace → terre stérile et forêt de conifères.

En pourcentage, les plus fortes baisses se trouvaient dans les forêts de conifères (-2,17 %) et les terres humides (-0,84 %). Les plus grandes augmentations étaient dans les terres herbacées (+2,36 %), les forêts de feuillus (+1,22 %) et les terres arbustives (+0,68 %). Les autres changements étaient tous de l'ordre de ± 0,3 %.

### Couverture terrestre du Canada et changements de la couverture terrestre

Le Centre canadien de télédétection a produit plusieurs bases de données de la couverture terrestre à l'échelle nationale avec une résolution spatiale d'un kilomètre, y compris la série chronologique de couverture terrestre de 1985 à 2005 à partir du radiomètre perfectionné à très haute résolution de l'Administration océanique et atmosphérique nationale

Figure 2.2.4 : Zones écologiques de l'Amérique du Nord (2011)



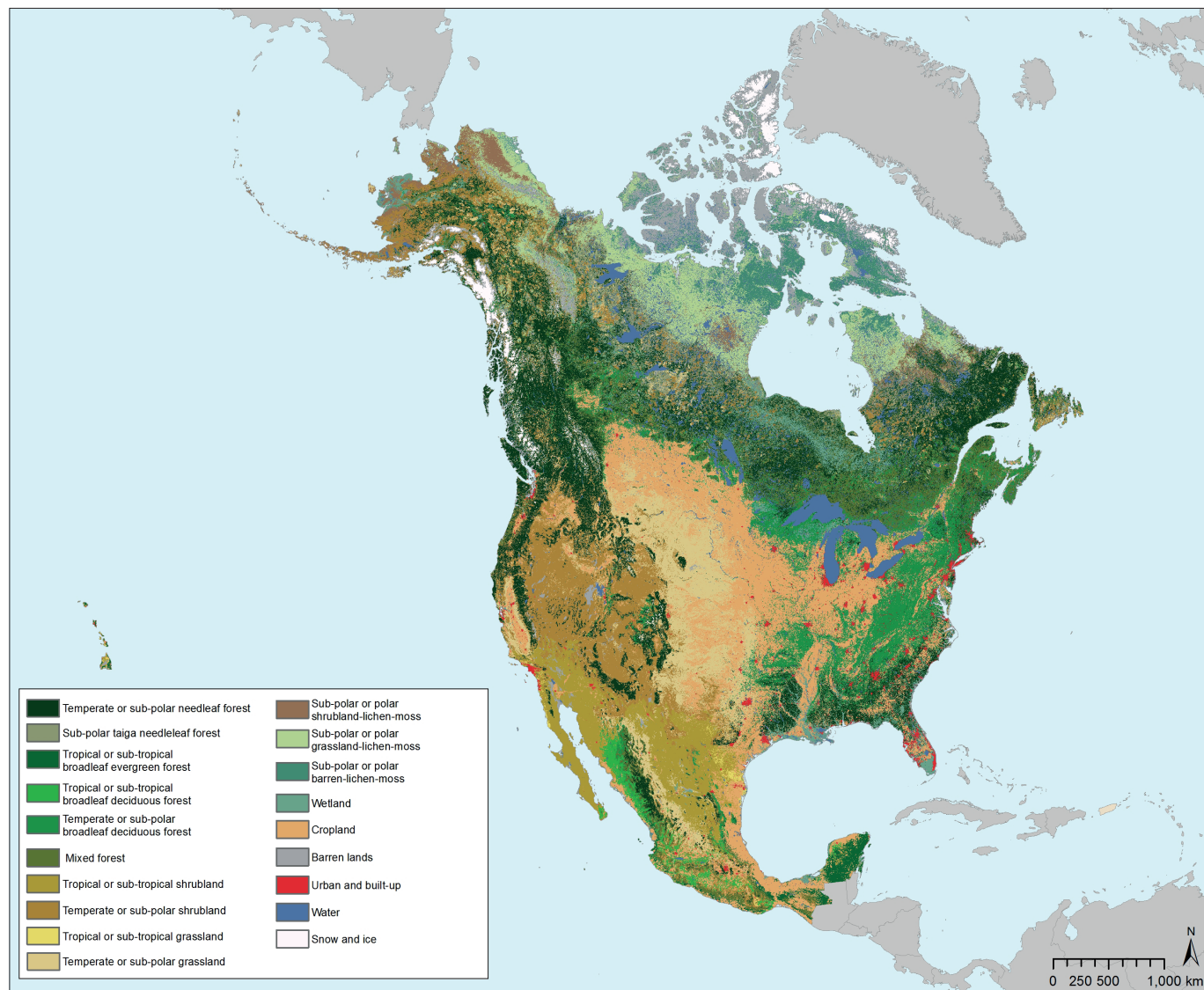
Source : Commission de coopération environnementale, d'après les données de la Commission des forêts pour l'Amérique du Nord de la FAO (ONU)

(NOAA) (Latifovic et Pouliot, 2005) et des données du capteur SPOT/VEGETATION (Latifovic *et al.*, 2004). La base de données sur la couverture terrestre du Canada la plus récente, produite à partir des données MODIS selon une résolution spatiale de 0,25 km a amélioré l'exactitude, la résolution spatiale et le contenu thématique.

La nouvelle base de données comprend deux couches thématiques basées sur la norme de classification de la végétation nationale du Federal Geographic Data Committee, qui ont été modifiées aux fins d'utilisation au Canada, et sur les catégories de couvertures terrestres du Programme international géosphère-biosphère (PIGB). La



Figure 2.2.5 : Couverture terrestre de l'Amérique du Nord (2011)



Source : Commission de coopération environnementale, projet du NALCMS

nouvelle base de données a servi comme source principale de renseignements sur la couverture terrestre canadienne dans la base de données sur la couverture terrestre de l'Amérique du Nord.

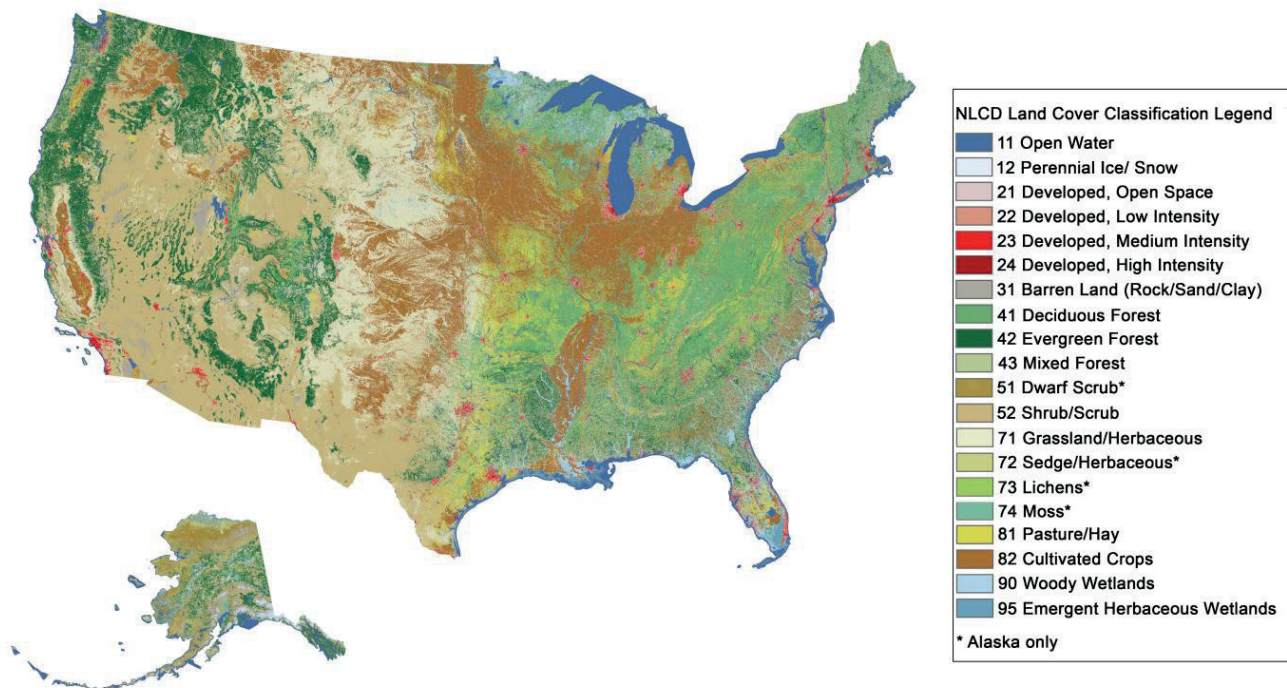
### Couverture terrestre des États-Unis et changements de la couverture terrestre

En 1993, les chercheurs du Forest Service des États-Unis ont produit la première carte nationale de la couverture forestière d'après des images satellitaires provenant des satellites AVHRR de la NOAA en combinaison avec des données recueillies sur le terrain provenant du programme Forest Inventory and Analysis de l'organisation (Zhu et Evans, 1994). Suite au succès de ce projet, sept

organismes fédéraux ont combiné leur expertise et leur financement sous l'égide du consortium Multi-Resolution Land Characteristics (MRLC) pour produire l'ensemble de données de la couverture nationale des terres (NLCD). Des cartes ayant une qualité de résolution de plus en plus élevée, fondées sur les données des capteurs TM et MODIS, et ayant des ensembles de caractéristiques de plus en plus riches ont été élaborées en 2001, en 2006 et en 2011.

La base de données de la couverture nationale des terres de 2011 (NLCD, 2011) est le produit sur la couverture terrestre nationale le plus récent créé par le consortium MRLC (figure 2.2.6). La base de données NLCD de 2011 fournit pour la première fois la capacité d'évaluer des changements et des tendances par rapport à la couverture terrestre

Figure 2.2.6 : Couverture terrestre des États-Unis (2011)



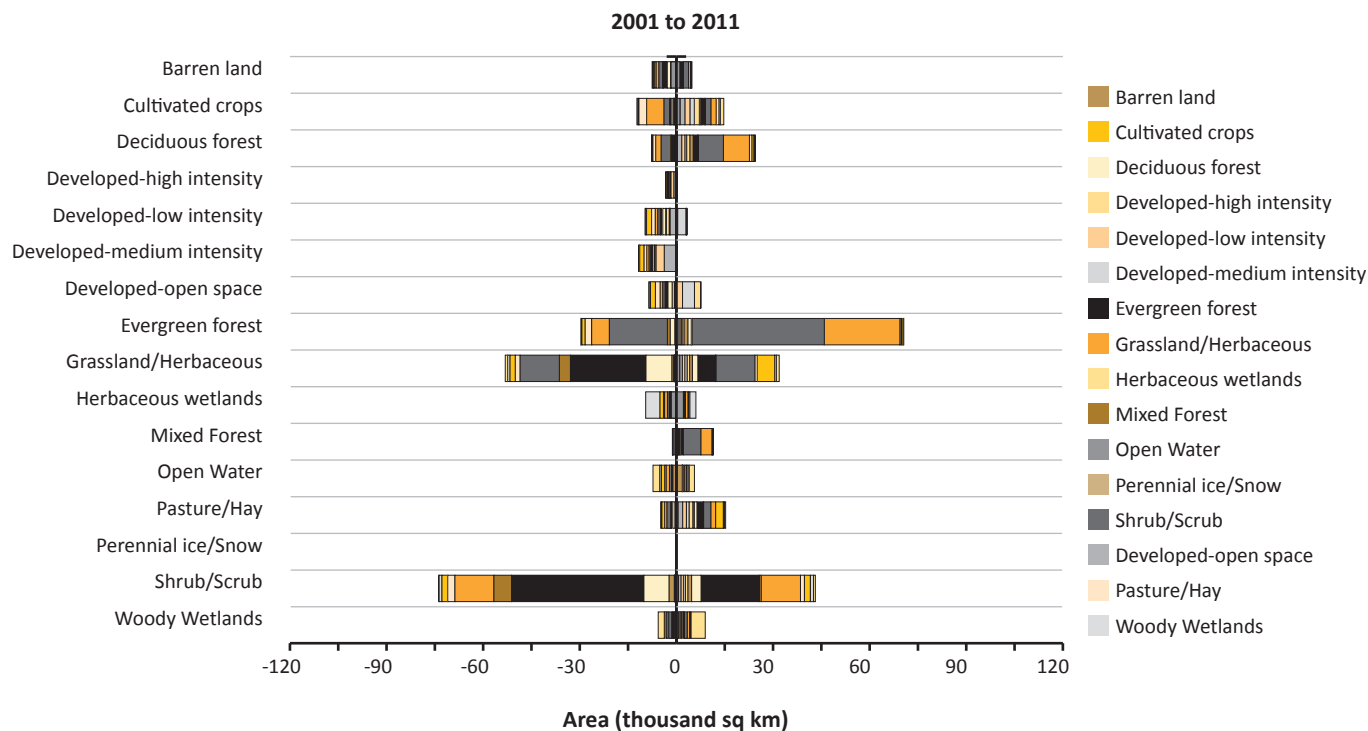
Source: NLCD 2011

nationale de manière globale et explicite sur le plan spatial à l'échelle des États-Unis pour la période entre 2001 et 2011. Comme pour les deux produits de couverture terrestre NLCD antérieurs, la NLCD 2011 conserve les mêmes 16 catégories de couvertures terrestres qui ont été appliquées de manière uniforme à l'échelle des États-Unis à une résolution spatiale de 30 mètres. La NLCD de 2011 est fondée principalement sur une classification axée sur un arbre de décision des données obtenues par le satellite Landsat autour de 2011. Les détails concernant l'élaboration de la NLCD de 2011 se trouvent dans la publication de Homer *et al.* (2015).

Homer *et al.* (2015) ont également développé une matrice de transition de la couverture terrestre et des graphiques connexes à partir de la NLCD qui illustrent les changements

entre 2001 et 2011 (**figure 2.2.7**). Les résultats indiquent que les pertes de couvert forestier, dans la plupart des régions, s'affichaient comme des gains de couverture herbacée ou arbustive, alors que la plupart des pertes de couverture herbacée ou de couverture arbustive s'affichaient comme des gains à l'un des trois types de couvert forestier. La grande majorité de ces allers-retours entre un couvert forestier et une couverture arbustive ou une couverture herbacée sont des changements temporaires normaux du couvert forestier associés à une gestion active des forêts. Par exemple, si le couvert forestier tombe sous 25 %, notamment par une coupe partielle en vue d'assurer la régénération naturelle d'un nouveau peuplement, l'imagerie satellite ne peut plus détecter les arbres comme la couverture principale des terres; par conséquent, il arrive le plus souvent que la

Figure 2.2.7 : Changements dans la couverture terrestre des États-Unis, de 2001 à 2011



Source : Adapté de Homer *et al.*, 2015

classification de l'image passe à une couverture arbustive ou à une couverture herbacée. Lorsque les jeunes arbres nouvellement établis – soit par régénération naturelle provenant de graines tombant des autres arbres soit par plantation de semis – connaissent une croissance suffisante et que leur couvert s'étend assez pour fournir encore une fois une couverture forestière supérieure à 25 %, la classification d'image repasse à un couvert forestier, à partir d'une couverture herbacée ou d'une couverture arbustive. Cet aller-retour prend normalement 10 ans dans les forêts du sud, et de 15 à 20 ans dans les forêts du nord et de l'ouest. À partir de deux ensembles d'images ayant seulement cinq ans d'écart, des analystes (Hansen *et al.*, 2010) ont conclu à tort qu'il y avait eu « déforestation », ce qui a mené à des rapports exagérés (Rice, 2010). Ce terme devrait seulement être utilisé lorsqu'il y a eu un passage permanent d'un couvert forestier à un couvert non forestier, et que ce changement est documenté pendant une plus longue période d'observations de la Terre (Reams *et al.*, 2010). De même, le terme « boisement » doit être réservé aux situations où il y a un passage permanent à un couvert forestier à partir d'une couverture herbacée et arbustive.

Les chiffres montrent également que les transitions entre les terres cultivées et les pâturages sont beaucoup moins importantes que les changements liés au couvert forestier. Il y a des changements constants du couvert des pâturages, qui sont des couvertures de graminées gérées intensivement et des couvertures herbacées ou de graminées non gérées, alors que des couvertures herbacées et des pâturages ont des cycles de culture et de non-culture. Fait intéressant, il y a un segment important en rouge du côté des pertes de la catégorie des terres cultivées, ce qui indique une perte de terres cultivées au profit du développement. Ce segment rouge semble plus important que la perte de superficies couvertes d'arbres au profit du développement, et les données de la matrice de transition confirment que c'est le cas – une perte de 3,84 millions d'hectares (-0,47 %) de terres cultivées et de pâturages au profit du développement entre 2001 et 2011, par rapport à la perte de 2,33 millions d'hectares (-0,25 %) de superficies couvertes d'arbres au profit du développement. Il est également évident qu'il y a

eu un mouvement important au sein des catégories de terres aménagées; des espaces ouverts ou des zones aménagées de faible densité sont devenus des zones aménagées de façon plus intense en 2011. Cette série de transitions des couvertures terrestres vers des terres aménagées renforce les messages discutés dans la section sur l'utilisation des terres. Un pourcentage en croissance de la population états-unienne habite dans des régions développées qui connaissent une augmentation de la superficie au détriment d'autres types de couverture terrestre, ainsi qu'une hausse de l'intensité du développement.

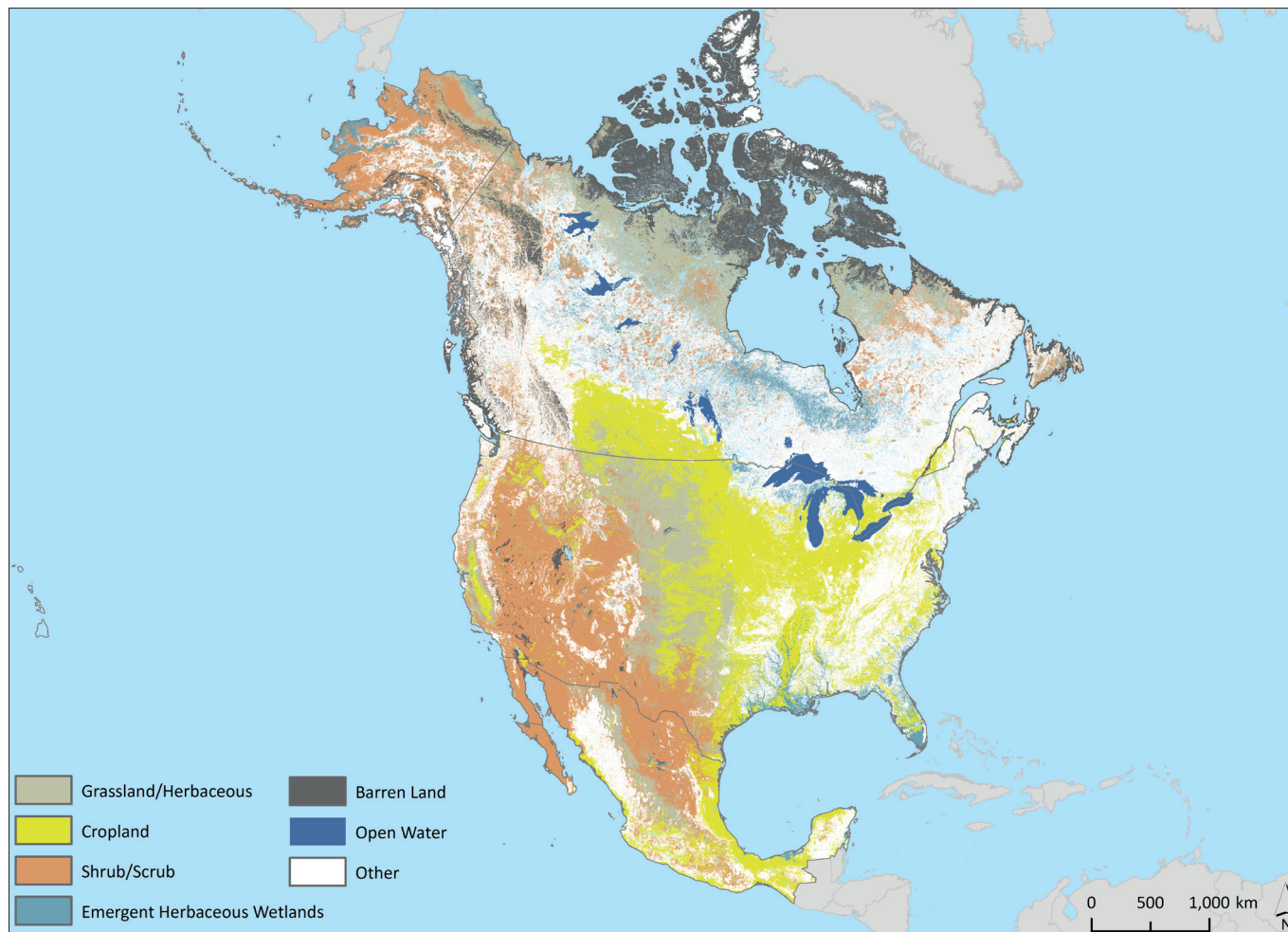
### Couverture des pâturages aux États-Unis et changements de la couverture

Les bases de données de la couverture nationale des terres (NLCD) pour 2001 et 2011 ont été utilisées pour estimer les changements dans la région des terres arbustives et de prairies par classe de propriétaires (Reeves et Baggett, 2014; **tableau 2.2.2; figure 2.2.8**). Les recherches suggèrent que presque tous les changements sont survenus sur des terres non détenues par le gouvernement fédéral, comme des terres appartenant à des éleveurs, à des agriculteurs et à des gouvernements tribaux.

Les facteurs qui sous-tendent les changements de la couverture terrestre varient par région. Dans les grandes plaines et les prairies de l'Est, des variations du marché par rapport aux prix des cultures, comme la valeur croissante du maïs pour la production d'éthanol et les prix du bœuf, ont joué un rôle important. Les agriculteurs ont répondu à ces signaux du marché en exploitant des prairies et des terres arbustives à des fins de culture. Un autre facteur important dans les grandes plaines et la région intérieure de l'Ouest était la hausse du développement énergétique en vue de la production pétrolière et gazière. À l'inverse, les terres arbustives de la région intérieure de l'Ouest ont affiché le déclin le moins important. Il s'agit de la région où un partenariat fédéral-privé se consacre à l'amélioration des habitats pour les espèces comme le tétras des armoises (*Centrocercus urophasianus*).



Figure 2.2.8 : Répartition des couvertures arbustives, de prairies et de pâturages aux États-Unis (2011)



Source : Base de données de la couverture nationale des terres (2011)

Reeves et Baggett (2014) ont analysé la dégradation des prairies et des terres arbustives au nord et au sud des grandes plaines, au moyen d'un processus qui a évalué l'imagerie satellite, en vue de chercher des endroits avec des réductions importantes de la capacité de production, qui a été estimée à partir de l'indice de végétation par différence normalisée

(IVDN). L'imagerie de 2000 a servi de référence pour la comparaison avec l'imagerie de 2012. Ils ont trouvé très peu de changements dans la couverture terrestre depuis 2000, ce qui les a mené à conclure que la plus grande dégradation encore observable à l'échelle du pays est survenue avant l'an 2000. De plus, ils ont conclu que les politiques et

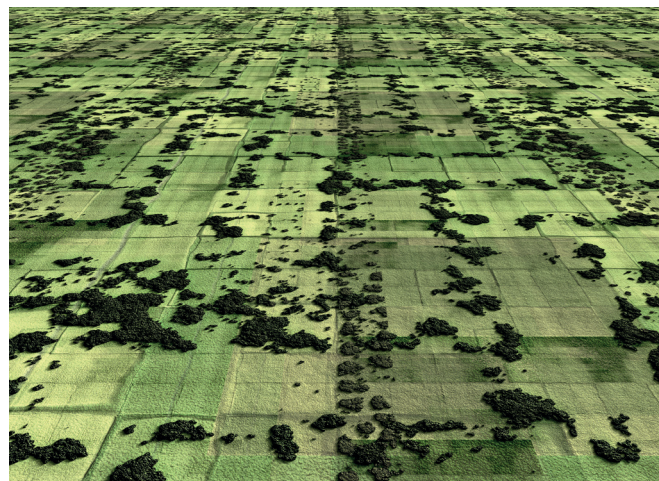


les pratiques de gestion des terres dans ces régions ne contribuaient probablement pas à une dégradation accrue, mais ils ne pouvaient pas déterminer si les politiques et les pratiques appuyaient le rétablissement.

Lorsque l'analyse a été élargie pour inclure d'autres parcours de l'ouest afin d'évaluer les répercussions des sécheresses récentes, ils ont conclu que le nord du Texas, l'est du Nouveau-Mexique et le centre de la Californie ont connu les déclin les plus importants de l'abondance et de la productivité de la végétation. Environ 16,5 millions d'hectares – 15 % de tous les parcours – montrent des tendances à la baisse pour l'abondance de la végétation depuis l'an 2000. En revanche, on a observé une amélioration de la productivité de la végétation dans les grandes plaines du nord. Les meilleures explications pour ces changements sont que les changements climatiques prolongent la période de végétation dans les grandes plaines du nord, mais diminuent la productivité primaire nette dans le sud-ouest des États-Unis à cause de précipitations plus faibles et d'évapotranspiration accrue. S'il y a une fréquence accrue des sécheresses à l'avenir, et moins d'années de précipitations supérieures à la normale, la productivité à plus long terme des parcours touchés par ces stress dans le sud-ouest pourrait être affaiblie de manière permanente.

## Fragmentation des terres

La fragmentation des terres est un terme spatial qui fait référence aux tendances discontinues d'utilisation des terres et de la couverture terrestre découlant des processus naturels et des interventions humaines. Deux perspectives sont analysées dans ce rapport d'évaluation nord-américain : la première porte sur la façon dont les tendances en matière d'utilisation des terres et de la couverture terrestre influent sur les processus écologiques, c'est-à-dire la fragmentation à partir d'une perspective d'« intégrité ». La deuxième porte sur la manière dont les changements de la couverture terrestre et de l'utilisation des terres sont affectés par l'évolution des régimes fonciers, c'est-à-dire la fragmentation par sous-division, également appelée la « parcellisation » (voir également l'**encadré 2.2.1**).



©Clearviewstock

La fragmentation est une menace importante pour les espèces endémiques dans l'ensemble de l'Amérique du Nord. Par exemple, dans les Prairies canadiennes, on a observé une perte de 44 % des populations de ces espèces depuis les années 1970. Les effets de bordure ou de lisière – c'est-à-dire les changements touchant la population des espèces ou les structures communautaires qui surviennent à la limite de deux habitats – provenant des parcelles d'habitat fragmenté jouent un rôle important dans ce déclin. Entre autres, les oiseaux de prairie évitent de nicher près de ces lisières; par conséquent, plus il y a de lisières, moins il y a de nids. Le déclin le plus important des prairies indigènes est survenu avant les années 1930 quand elles ont été converties en terres agricoles, mais d'autres modifications et dégradations se poursuivent et nuisent particulièrement aux plus petites parcelles (Roch et Jaeger, 2014).

Les types et les quantités de valeurs écologiques créées par des paysages naturels dépendent souvent des tendances spatiales de la couverture et de l'utilisation des terres (Laurance, 2008; Harper *et al.*, 2005; Forman et Alexander, 1998). Notamment, King et DeGraaf (2000) ont constaté que différentes tendances spatiales dans la couverture forestière avaient une incidence sur la diversité des oiseaux et le succès de la nidification. Flather *et al.* (2009) ont remarqué que

## Encadré 2.2.1 : Structures de propriété aux États-Unis pour les terres forestières et leur fragmentation

Les structures de propriété pour les terres forestières aux États-Unis ont des répercussions sur la gestion des terres. En tout, 56 % de 30 millions d'hectares de terres forestières aux États-Unis appartiennent à des intérêts privés; 62 % de ces terres appartiennent à des familles et à des particuliers. Les terres forestières appartenant à des intérêts privés se trouvent en grande partie dans l'Est des États-Unis.

Pendant les 30 dernières années, il y a eu une tendance croissante à la fragmentation des terres forestières appartenant à des intérêts privés – on divise des parcelles de forêts plus grandes et on vend des parcelles de plus en plus petites à un nombre croissant de propriétaires fonciers privés de terres forestières (Butler, 2008). Sur les 10,4 millions de propriétaires aujourd'hui, le quart possède leur forêt depuis moins d'une décennie, sont des propriétaires forestiers relativement nouveaux et ont une expérience limitée dans la gestion forestière. De plus, moins de 8 % de tous les propriétaires privés de terres forestières ont un plan de gestion (Oswalt et Smith, 2015). Les nouvelles politiques gouvernementales qui exigent maintenant que les petits propriétaires fonciers aient un plan de gestion écrit préparé en partenariat avec un forestier professionnel pour être admissible à certains programmes d'incitatifs financiers aident à informer les propriétaires fonciers et améliorent leur prise de décisions. Du point de vue du paysage, un nombre accru de plans de gestion forestière pourrait améliorer la probabilité de prestation de services écosystémiques plus durables.

Enfin, la répartition selon l'âge relativement avancé des propriétaires de fermes familiales et de forêts a des répercussions importantes pour les transferts de propriété foncière d'une génération à l'autre qui augmentent l'incertitude concernant les engagements à long terme envers la gestion durable. Ensemble, ces facteurs pourraient faire de la fragmentation un problème plus difficile à régler que la fragmentation des zones intactes, mais les deux doivent être abordés pour permettre la durabilité à l'échelle du paysage..

les tendances de répartition et d'abondance varient dans le temps et l'espace et que ces tendances sont touchées par des facteurs écologiques, mais que la manipulation humaine a une incidence sur la couverture et l'utilisation des terres à un rythme accéléré. Radeloff *et al.* (2010) ont noté que l'expansion des zones urbaines aux États-Unis pourrait gravement limiter la capacité des régions protégées d'agir comme des conservateurs efficaces de la biodiversité. Par conséquent, les tendances spatiales et temporelles de la couverture terrestre et de l'utilisation des terres servent souvent comme des indicateurs avancés des conditions

écologiques subordonnées et de la diversité, des quantités et des valeurs des services fournis par les écosystèmes (MA, 2005).

### **Fragmentation et intégrité des écosystèmes**

La fragmentation de la couverture terrestre en plus petites parcelles change les processus écologiques et modifie la diversité biologique (voir la section 2.3.5 : Biote). L'analyse de la fragmentation dépend de l'échelle. Une bonne partie des travaux de fragmentation antérieurs effectués à la fin

du XX<sup>e</sup> siècle ont utilisé des échelles spatiales très petites – pertinentes aux processus écologiques individuels, mais peu utiles pour comprendre les dynamiques à l'échelle du paysage. Au cours des 15 dernières années, des progrès technologiques sur le plan de l'imagerie numérique et de la vitesse du traitement informatique ont permis des percées majeures dans les analyses.

Des analyses récentes par Riitters (2011) ont révélé l'intégrité relative de la couverture des arbres, des prairies et des terres arborescentes aux échelles régionale et nationale dans l'ensemble des États-Unis. Dans le cadre de l'analyse, la densité d'une région correspondait à la proportion d'un quartier situé dans un endroit fixe, autour d'un point d'échantillonnage. Par exemple, pour un quartier de 16 hectares autour d'un point d'échantillonnage, la densité d'une région ( $p$ ) de 0,6 pour les prairies signifie que les prairies représentaient 60 % de la couverture terrestre. Riitters (2011) a réparti les densités des régions en sept catégories, a prélevé des échantillons de l'ensemble de données nationales sur la couverture terrestre

et a analysé les données selon différentes échelles spatiales (**tableau 2.2.3**).

Riitters a montré qu'entre 2001 et 2006, la zone continentale des États-Unis a subi une perte nette de 1,2 % de sa couverture forestière totale. En comparaison, il y a eu une perte nette des forêts intérieures de 4,3 % pendant la même période. Les pertes de couverture forestière avaient tendance à survenir dans les forêts intérieures, ou à proximité de celles-ci, alors que les gains de couverture forestière n'avaient pas tendance à créer de nouvelles forêts intérieures. D'un point de vue global, Haddad *et al.* (2015) ont constaté que la fragmentation des habitats est répandue à l'échelle internationale et en hausse – plus de 70 % des forêts du monde sont maintenant à moins d'un kilomètre de la lisière de la forêt – et que les répercussions négatives de la fragmentation sont encore plus graves et plus persistantes qu'on le croyait auparavant. Cela comprend des changements de la biodiversité et des fonctions de l'écosystème, et ces changements peuvent survenir immédiatement ou après plusieurs années.

Tableau 2.2.3 : Pourcentages de la couverture terrestre aux États-Unis†

Catégorie de densité de la région	Définition	Couvert forestier (pourcentage)	Couverture des prairies (pourcentage)	Couvert arbustif (pourcentage)
Intact	( $p=1$ )	8,1	3,2	9,6
Intérieur	( $0,9 \leq p < 1$ )	7,1	2,4	4,5
Dominant	( $0,6 \leq p < 0,9$ )	11,6	4,8	7,7
En transition	( $0,4 \leq p < 0,6$ )	6,5	3,7	5
Épars	( $0,1 \leq p < 0,4$ )	12,3	10,9	11,5
Rare	( $0 \leq p < 0,1$ )	8,6	12,1	10,7
Aucun	( $p = 0$ )	46	62,9	51,1

† pourcentages de la couverture terrestre aux États-Unis par catégories de densité de la région définies par Riitters pour des cellules de 16 hectares, résumés à l'échelle nationale. Exemple d'interprétation : Le couvert forestier est « Dominant » ou mieux ( $p \geq 0,6$ ) dans une proportion de 26,8 % de cellules de 16 hectares échantillonnées partout aux États-Unis; le résultat est obtenu en faisant la somme des pourcentages de couvert forestier pour les catégories de couvert forestier « Intact » (8,1 %), « Intérieur » (7,1 %) et « Dominant » (11,6 %).

Source : Riitters, 2011

## Fragmentation des zones périurbaines

L'un des facteurs de la fragmentation de l'habitat en Amérique du Nord est l'expansion des zones habitées. De 1945 à 2007, la population des États-Unis a presque doublé, mais la superficie des zones urbaines a augmenté presque deux fois plus vite que la croissance de la population (Nickerson *et al.*, 2011). Entre 1940 et 2000, 28 millions d'unités de logement ont été construites à moins de 50 km d'aires protégées; 940 000 unités ont été construites dans des forêts nationales (Radeloff *et al.*, 2010). Une grande partie de cette croissance a eu lieu à des endroits où le logement est maintenant assez dense et assez proche des terres sauvages – forêts, prairies, terres arbustives et milieux humides – pour avoir des conséquences écologiques. Ce phénomène est connu sous le nom de zones périurbaines (Martinuzzi *et al.*, 2015).

En 2010, les zones périurbaines des États contigus des États-Unis comprenaient environ 44 millions de maisons, l'équivalent d'une maison sur trois dans le pays (Martinuzzi *et al.*, 2015). Non seulement y a-t-il une probabilité plus élevée d'incendies de forêt et de dommages dans les zones périurbaines (Syphard *et al.*, 2009), celles-ci comptent également plus de plantes exotiques envahissantes (Gavier-Pizarro *et al.*, 2010), plus d'animaux domestiques qui perturbent les espèces sauvages ou les prennent pour proies (Lepczyk *et al.* 2004) et une eau de moins bonne qualité dans les cours d'eau en raison des eaux pluviales contaminées par des matières provenant des routes et des pelouses (Brabec *et al.* 2002). Le fait qu'un nombre croissant de résidences dépendent de fosses septiques pour le traitement des eaux usées dans les zones périurbaines peut poser des risques pour la contamination des eaux souterraines au fil du temps. Radeloff *et al.* (2010) ont signalé que si les tendances à long terme se maintiennent, 17 millions d'autres unités de logement seront construites à moins de 50 km d'une aire protégée d'ici 2030 et 1 million à moins de 1 km, ce qui réduit grandement la valeur de conservation des aires protégées. Ils ont conclu que la croissance du logement constitue la principale menace pour les aires protégées aux États-Unis, tandis que la déforestation est la principale menace dans les pays en développement. Par conséquent, l'analyse des emplacements des zones périurbaines et des

tendances connexes au fil du temps peut faire la lumière sur l'emplacement et l'intensité des conséquences de l'exploitation des ressources naturelles et des répercussions sur l'intégrité des écosystèmes et les menaces subséquentes à la prestation de services écosystémiques convenables.

Avec la croissance des centres urbains, les banlieues et les zones périurbaines croissent elles aussi. Le prix des terres et des logements augmente avec l'intensification du développement, poussant les promoteurs immobiliers et les propriétaires de résidence de la classe moyenne à acheter plus loin du centre, où le prix des terrains est moins élevé et où les résidences sont plus abordables. Cette tendance dans le développement exige de nouvelles infrastructures physiques et l'expansion de l'infrastructure sociale, ce qui perturbe aussi l'intégrité des paysages naturels et affecte les populations d'animaux sauvages. Les milieux ruraux, y compris les terrains boisés, sont aussi pittoresques, et nombre de personnes les préfèrent aux centres urbains comme endroits pour vivre, élever une famille et passer leur temps libre. Ces préférences de mode de vie influencent aussi l'expansion des zones périurbaines.

Que les préférences économiques et sociales soient des facteurs ou pas, le développement accru des milieux ruraux a des répercussions. L'un des principaux ensembles de conséquences découle de la construction de routes et de l'agrandissement de centres commerciaux. Les routes et les stationnements fragmentent des écosystèmes naturels intacts. Leurs surfaces imperméables entraînent le ruissellement des eaux pluviales d'orage, souvent contaminées par des résidus pétroliers, et exigent des structures de drainage pour acheminer l'eau vers les cours d'eau et écosystèmes en bordure des routes. Dans les climats plus froids, les routes glacées et enneigées sont souvent traitées avec des produits chimiques qui aboutissent également dans les écosystèmes en bord de route. Les couloirs de lignes électriques haute tension contigus fournissent des fils aériens où les oiseaux se perchent et défèquent souvent, répandant des semences de mauvaises herbes et d'autres espèces exotiques sur le site naturel. Les collisions entre des véhicules et des cerfs ont augmenté de

50 % dans les dernières décennies, au fur et à mesure que l'étalement urbain a envahi le territoire des cerfs (Huijser, 2008). En 2000, on a signalé plus d'un million de collisions entre des véhicules et des cerfs en Amérique du Nord. Les experts en assurance croient que les collisions signalées représentent peut-être seulement 25 à 35 % du total réel. En 2000, ces collisions signalées ont causé 225 décès humains, plus de 10 000 blessures personnelles et pour plus de 1 milliard de dollars américains en dommages matériels. Les gouvernements fédéraux, provinciaux et des États, les compagnies d'assurance et les conducteurs dépensent plus de 3 milliards de dollars américains par année pour réduire ou gérer le nombre croissant de collisions entre des cerfs et des véhicules. En plus des collisions avec des cerfs, il y a d'innombrables collisions avec de plus petits animaux.

Au-delà des conséquences écologiques des routes et des couloirs de lignes électriques haute tension, il y a d'autres répercussions. Par exemple, les services publics et les services sociaux, comme les écoles, coûtent plus cher dans les ensembles résidentiels de faible densité (Kramer, 2013). En 2007, le comté de Baltimore (Maryland) a publié le tout premier rapport sur l'état de nos forêts à l'échelle du comté (Outen et Hirsch, 2007). D'après les critères et indicateurs du Processus de Montréal appliqués à l'échelle infra-étatique, ce rapport a permis à l'administration du comté de cesser de mettre l'accent sur l'aménagement de nouvelles zones périurbaines – avec leurs coûts plus élevés de services publics et d'éducation – pour se concentrer sur le réaménagement des zones urbaines existantes.

Nombre des zones urbaines existantes ont été aménagées pour la première fois il y a plus d'un siècle et ont connu des déclin économiques et sociaux dans les dernières décennies, ce qui a fait augmenter le nombre d'immeubles vacants ou à activité réduite. Mais ces zones aménagées possédaient des infrastructures intactes – transport et services publics, zones commerciales et établissements scolaires et de soins de santé. Le fait de réinvestir dans les zones existantes, notamment en mettant à niveau l'infrastructure, peut améliorer la qualité de vie et renouveler le développement

économique à un coût moindre qu'en encourageant le développement périurbain.

Le problème des zones périurbaines présente des défis liés à l'utilisation des terres et à la couverture terrestre. Dans nombre de milieux où des résidences sont construites sur ce qui était anciennement une forêt productive, une grande partie du couvert forestier est conservée en raison de sa valeur ajoutée pour la propriété aménagée. Une partie des services écologiques, comme la séquestration du carbone atmosphérique ou la régulation de l'approvisionnement en eau et de sa qualité, que les arbres fournissaient anciennement dans les zones boisées continuent d'être fournis par les arbres restants dans les zones nouvellement aménagées. Il demeure difficile de quantifier les changements dans les services écosystémiques découlant des changements d'utilisation des terres, et ceux-ci ne sont pas bien compris. Des progrès scientifiques sur ces questions sont requis pour que les décideurs puissent mieux comprendre les effets de leurs décisions concernant le développement.

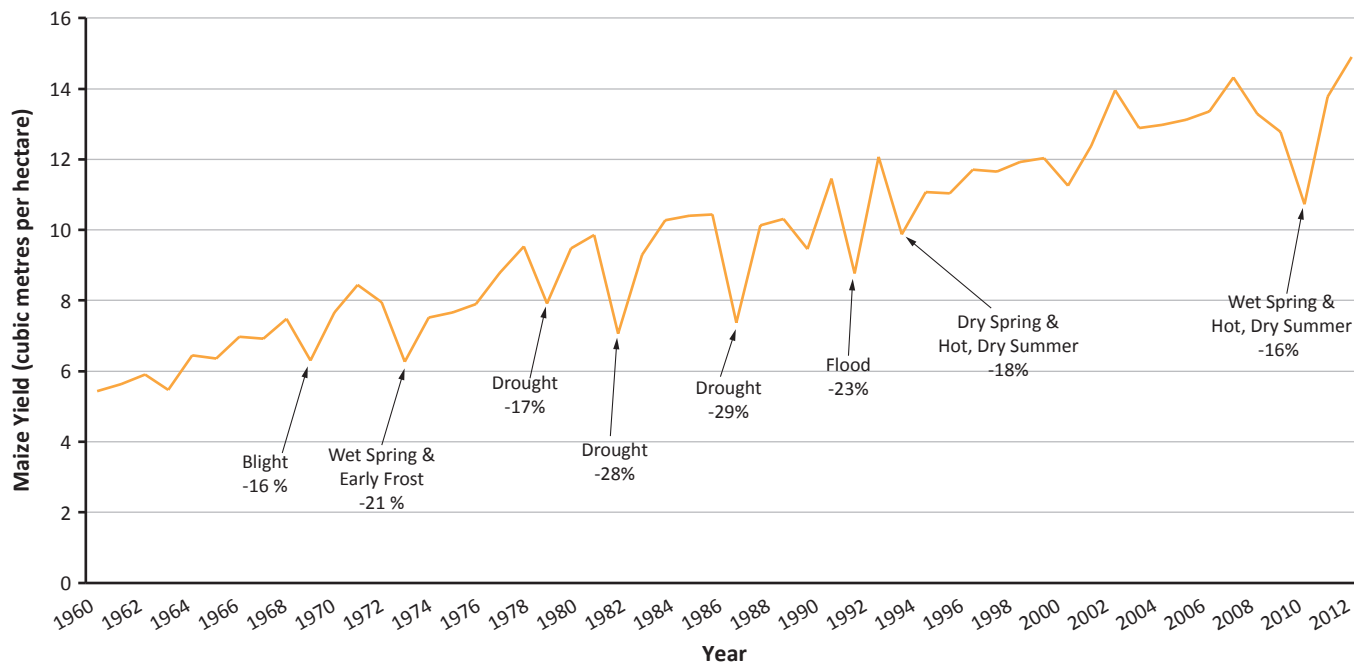
### 2.2.5 Interactions des changements climatiques avec les utilisations des terres agricoles et forestières

Les plantes cultivées en Amérique du Nord sont essentielles à l'approvisionnement alimentaire au pays et partout dans le monde. Les agriculteurs canadiens et états-uniens produisent plus du tiers du maïs et du soya cultivés dans le monde; ils accaparent plus du tiers des marchés mondiaux d'exportation de blé et ils produisent près du tiers des récoltes mondiales de bois rond. Les températures et les précipitations extrêmes ainsi que la fréquence et l'intensité d'autres phénomènes climatiques ont des répercussions importantes sur le rendement des récoltes en Amérique du Nord (**figure 2.2.9**).

Les inondations de 1993 ont touché plus de 1 million de km<sup>2</sup> et ont causé pour 15 milliards de dollars américains de dommages; la moitié de ces dommages était la valeur des pertes de récolte cette année-là (NOAA, 1994). Au



Figure 2.2.9 : Maïs : Rendement annuel moyen aux États-Unis (1960-2012), événements climatiques importants dans les régions de production de maïs et pourcentage connexe de réduction du rendement sous les niveaux de l'année précédente



Sources : USDA, 2015 et NOAA, 2016



Photographie de l'incendie de forêt appelé « El Portal » faisant rage dans le parc national Yosemite et la forêt nationale voisine de Stanislaus en juillet 2014. Le feu a fini par détruire près de 1 900 hectares et a causé des dommages totalisant 10,6 millions de dollars américains. © Stuart Palley<sup>53</sup>

moment où la Californie entame la quatrième année d'une sécheresse et où des millions d'hectares ne sont pasensemencés en Saskatchewan et au Manitoba en raison de l'humidité excessive ou d'inondations (AAC, 2015), il y a un sentiment croissant de fragilité causée par les changements climatiques en Amérique du Nord. L'incidence croissante des événements extrêmes et la saisonnalité erratique exacerbent les effets défavorables des changements climatiques.

Les forêts ne sont pas non plus à l'abri des changements climatiques. La preuve est déjà claire dans les inventaires forestiers que certaines espèces d'arbres « migrent » (voir l'US Forest Atlas). Iverson *et al.* (2007) ont constaté que l'aire de répartition de près de la moitié des 134 espèces de l'est modélisées se déplacera dans certains cas d'au plus 800 km vers le nord-est dans le scénario le plus chaud et selon la trajectoire d'émissions la plus élevée. Les modèles portent à croire à un recul de la zone d'épinettes et de sapins et à une avancée des pins et des chênes du sud. En réaction à ces conclusions scientifiques, les forestiers plantent déjà certaines espèces qu'on trouve normalement dans des régions plus chaudes plus au nord que jamais auparavant. De plus, les conditions des peuplements naturels évoluent, ce qui entraîne des changements dans les espèces – elles disparaissent de certaines régions et migrent vers d'autres régions où elles n'étaient pas présentes avant. Enfin, les données sur les incendies de forêt des trois dernières décennies indiquent clairement que les conditions sont différentes aujourd'hui de ce qu'elles étaient en 1980. Les saisons des incendies sont plus longues, et une plus grande superficie brûle malgré les valeureux efforts des pompiers.

Vous trouverez une analyse plus détaillée des répercussions régionales, de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques, notamment dans le secteur agricole, dans la section 2.8 de la présente évaluation (voir Changements climatiques). Les mesures d'atténuation des changements climatiques liées à la gestion durable des terres, y compris les pratiques de production agricole et d'aménagement des forêts, sont présentées dans le chapitre 3.

## 2.3 Biote : biodiversité et services écosystémiques

### 2.3.1 Introduction

En accord avec la Convention sur la diversité biologique (CDB) des Nations Unies, la biodiversité peut être définie à trois niveaux : la génétique, l'espèce et l'écosystème. Pour soutenir la biodiversité, il faut la maintenir au sein des espèces et des écosystèmes et entre ceux-ci. L'Amérique du Nord abrite une riche biodiversité et un réseau d'écosystèmes différents reflétant sa géographie, sa géologie, son histoire naturelle et son climat; en fait, l'Amérique du Nord abrite une biodiversité plus grande que ce que l'on suppose généralement (Noss *et al.*, 2015). Aux trois niveaux, il y a eu des pertes de biodiversité et des changements au moment où l'empreinte humaine du développement est devenue plus profonde en raison de l'industrialisation, de l'intensification de l'agriculture, de l'exploitation des ressources, de l'urbanisation, de la propagation des espèces envahissantes, de la fragmentation de l'habitat et des changements climatiques. En même temps, la connaissance qu'a le public des problèmes liés à la biodiversité n'a jamais été aussi bonne, et les gouvernements nationaux et des provinces ou des États de même que les administrations municipales ont mis en œuvre un vaste éventail de programmes de rétablissement et de mesures d'atténuation.

De plus en plus de données probantes portent à croire que la biodiversité joue un rôle clé dans la prestation des services écosystémiques et que les menaces qui pèsent sur la biodiversité constituent également des menaces importantes pour la santé humaine, la sécurité alimentaire et le bien-être culturel (OMS-CDB, 2015; Horwitz *et al.*, 2015). Les services écosystémiques profitent aux populations humaines en fournissant des ingrédients clés pour la survie et sont généralement divisés en quatre grandes catégories : l'approvisionnement, comme la production d'aliments et d'eau; la réglementation, comme la lutte contre les changements climatiques et les maladies; le soutien, comme les cycles des éléments nutritifs et la pollinisation des

## Messages clés : biote

L'Amérique du Nord abrite une biodiversité très riche et un réseau d'écosystèmes différents reflétant sa géographie, sa géologie, son histoire naturelle et son climat.

- Il existe un réseau impressionnant d'aires protégées bien gérées dans toute l'Amérique du Nord, et ce réseau aide à conserver la diversité biologique.
- Même si des progrès ont été réalisés pour améliorer la situation de nombreuses espèces individuelles, une grande partie de la biodiversité est menacée en Amérique du Nord, notamment par les pressions accrues qu'exercent les changements d'utilisation des terres, les espèces envahissantes, les changements climatiques et la pollution touchant les espèces, tant sur terre que dans l'environnement marin côtier.
- L'extraction des ressources, en particulier pour la production d'énergie, a été un facteur important des changements d'utilisation des terres partout en Amérique du Nord, et les efforts de restauration sont importants pour le rétablissement des espaces sauvages et la survie des espèces menacées.
- En même temps, la connaissance qu'a le public des problèmes liés à la biodiversité n'a jamais été aussi bonne, et les gouvernements nationaux et des provinces ou des États de même que les administrations municipales ont mis en œuvre un vaste éventail de programmes de rétablissement et de mesures d'atténuation.
- Les approches réglementaires visant la protection de l'habitat sont prometteuses, et les sciences de la biodiversité sont très avancées dans la région. Des efforts continus pour intégrer les connaissances écologiques traditionnelles bénéficieront davantage aux efforts de conservation.

cultures; et l'aspect culturel, comme les avantages spirituels et récréatifs.

L'Amérique du Nord abrite toutes les principales catégories d'écosystèmes couverts dans l'étude collaborative de référence de 2005 intitulée Évaluation des écosystèmes pour le millénaire : écosystèmes marins, côtiers, d'eaux intérieures, forestiers, de milieux secs, d'îles, de montagne, polaires, de culture (agricoles) et les écosystèmes urbains, souvent oubliés, mais de plus en plus importants (MA, 2005). L'Amérique du Nord est peut-être unique pour sa diversité d'écosystèmes, et les citoyens canadiens et états-unis ont énormément profité de cette diversité en raison de l'éventail de services écosystémiques fournis.

### 2.3.2 Espèces : un aperçu général

Même si des programmes de rétablissement ont été mis en place avec succès pour de nombreuses espèces, la biodiversité est en déclin en Amérique du Nord. Au Canada, par exemple, principalement en raison de la dégradation et de la perte de l'habitat, 20 % des amphibiens indigènes – grenouilles, crapauds et salamandres – sont considérés comme étant menacés d'extinction. Depuis le milieu des années 1990, le déclin de plusieurs populations d'amphibiens a été documenté dans le bassin des Grands Lacs et le corridor du fleuve Saint-Laurent; les tendances dans l'ouest du Canada ne sont pas aussi bien documentées (gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada, 2010). Une étude de l'US Geological Survey (USGS) publiée en 2013 a indiqué

que les populations d'amphibiens baissent à « *des rythmes accélérés [ ] des marécages de la Louisiane et de la Floride jusqu'aux hautes montagnes de la Sierra et des Rocheuses* » [traduction libre] (Adams *et al.*, 2013). Des préoccupations semblables ont été soulevées à propos des pollinisateurs menacés par la fragmentation et la perte de l'habitat, les agents pathogènes et l'utilisation inadéquate de pesticides, en phase avec les tendances mondiales (FWS, 2015; Archer *et al.*, 2014; Godfray *et al.*, 2014; Vanbergen, 2014; Potts *et al.*, 2010). Le déclin des pollinisateurs a des répercussions bien au-delà de la perte des espèces, car les pollinisateurs jouent un rôle clé dans nombre d'écosystèmes gérés et naturels.

La disparition notée récemment de certaines espèces est, dans les faits, moins contemporaine. À la mi-juillet 2015, l'US Fish and Wildlife Service a recommandé que le puma de l'est de l'Amérique du Nord (*Puma concolor cougar*) soit retiré de la liste des espèces en voie de disparition, le déclarant dans les faits disparu. La sous-espèce *Puma concolor cougar* a été inscrite comme étant en voie de disparition en 1973. Les récits portent à croire, toutefois, que la plupart des individus de cette espèce sont disparus dans les années 1800, au moment où les immigrants européens tuaient ces animaux pour se protéger eux-mêmes et pour protéger leur bétail, où les forêts ont été converties en terres agricoles et où le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*), principale proie du cougar, a presque disparu dans l'est de l'Amérique du Nord. On croit que les dernières observations rapportées de ce cougar ont eu lieu au Maine (1938) et au Nouveau-Brunswick (1932). Le retrait de la liste est un rappel des conséquences très réelles de la chasse excessive et de la destruction de l'habitat; et la panthère de Floride, en voie de disparition, n'est peut-être pas loin derrière, malgré des efforts fructueux de restauration génétique (Johnson *et al.*, 2010).

Cependant, il y a aussi une myriade de rétablissements réussis sur lesquels il vaut la peine d'insister. Le cas le plus célèbre est peut-être le pygargue à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*), qui a déjà été considéré comme étant au bord de l'extinction, principalement en raison des polluants organiques persistants comme le

dichlorodiphényltrichloréthane (DDT). Même s'il y a de nombreuses autres causes datant d'avant l'introduction du DDT, notamment la suppression d'importants aliments privilégiés en hiver et la modification de l'habitat, il est peu probable que cette espèce emblématique existerait encore aujourd'hui sans l'interdiction à l'échelle du continent de l'utilisation du DDT pour contrôler les moustiques et d'autres insectes dans les zones marécageuses (Gerrard et Bortolotti, 2014). Le rétablissement de la baleine grise (*Eschrichtius robustus*), victime de la chasse commerciale, et de plusieurs sous-espèces de phoques est un autre exemple de l'efficacité des restrictions de la chasse. La **figure 2.3.1** fournit davantage de renseignements sur d'autres espèces qui ont connu des rétablissements notables dans le contexte canadien.

### 2.3.3 Accords internationaux

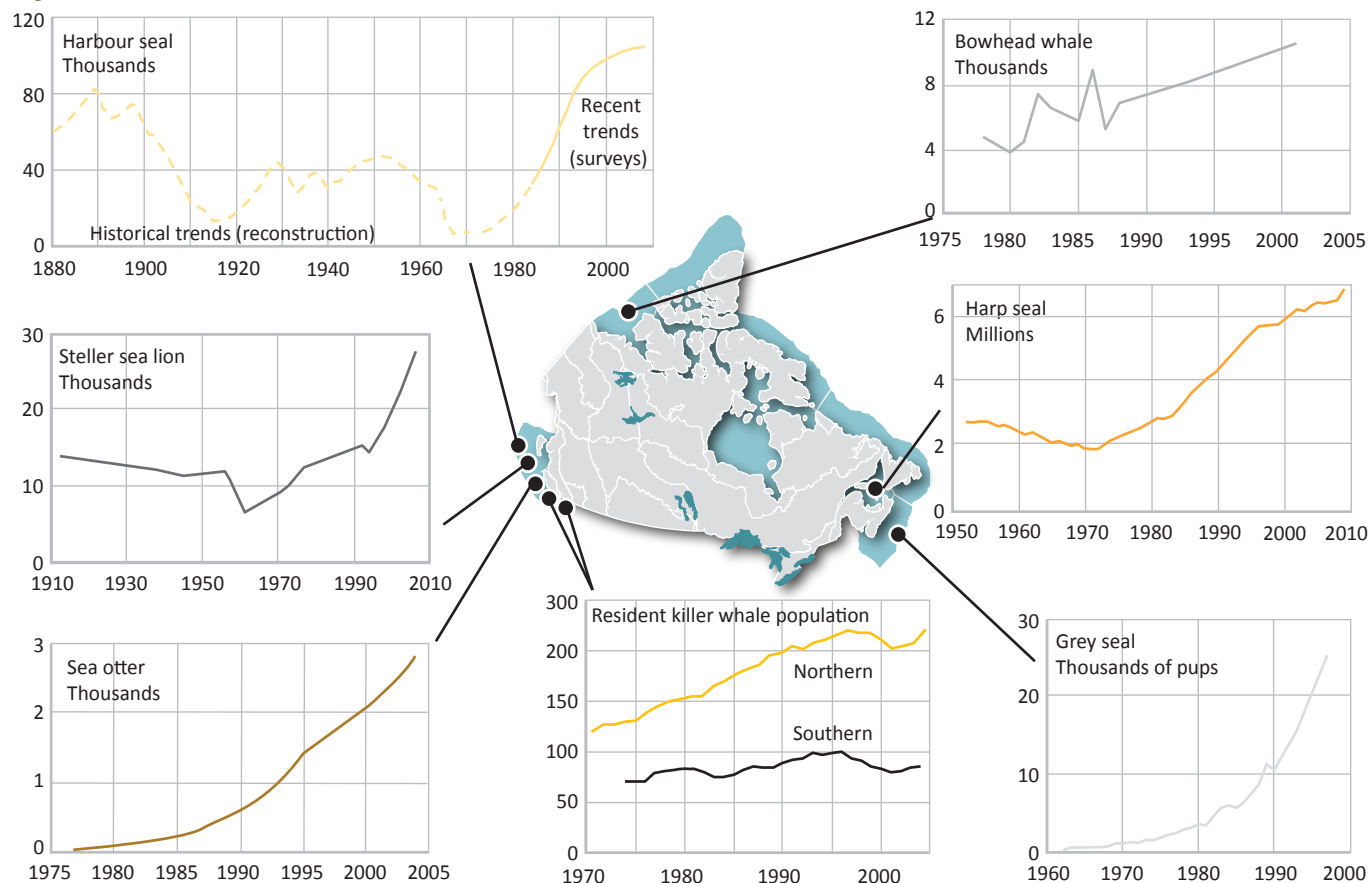
La CDB fournit un cadre global pour régler les problèmes liés à la biodiversité, notamment la disparition d'espèces, à l'échelle nationale. Tous les États membres des Nations Unies sauf les États-Unis sont parties à la CDB. Le plan stratégique pour la diversité biologique 2011-2020 et les Objectifs d'Aichi en matière de biodiversité fournissent des cibles très claires pour mettre un terme à la disparition d'espèces, d'écosystèmes et de ressources génétiques.

D'autres accords abordent des espèces ou des menaces précises. Par exemple, il y a eu un certain débat sur la situation de l'ours blanc (*Ursus maritimus*) dans différents pays arctiques, notamment les États-Unis et le Canada. Les États de l'aire de répartition de l'ours blanc ont noté qu'une chasse excessive avait cours dans certaines régions de l'Arctique avant la signature de l'*Accord international sur la conservation des ours blancs* de 1973, mais des systèmes de gestion ont été mis en place depuis, et la chasse est durable dans la plupart des sous-populations de l'Arctique (UICN, 2015). Les États de l'aire de répartition conviennent que les changements climatiques constituent la menace la plus importante à long terme pour l'ours blanc. En 2008, les États-Unis ont inscrit l'ours blanc comme espèce menacée au

titre de la *Endangered Species Act*, faisant remarquer le déclin prévu de l'ours blanc dans un avenir prévisible. Le Canada a refusé d'emboîter le pas, même si l'espèce demeure inscrite (depuis 2008) comme étant une espèce préoccupante.

Toutes les parties à la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) partagent un objectif commun de prévention de l'extinction d'espèces causée

Figure 2.3.1 : Les mammifères marins du Canada



Les populations de mammifères marins en Amérique du Nord sont en train de se rétablir de la chasse excessive passée, notamment le phoque gris sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Saint-Laurent, le phoque du Groenland dans le golfe du Maine et sur le plateau néo-écossais, la baleine boréale (*Balaena mysticetus*) de l'ouest de l'Arctique dans la mer de Beaufort, l'otarie de Steller (*Eumetopias jubatus*), la loutre de mer (*Enhydra lutris*) et le phoque commun du Pacifique (*Phoca vitulina*). Les populations résidentes d'épaulards (*Orcinus orca*) au large des côtes de l'île de Vancouver ont également retrouvé leur niveau normal après la pêche commerciale excessive par le passé, mais ont commencé à diminuer de nouveau au cours des dernières années, probablement à cause de la diminution des populations de saumon quinnat (*Oncorhynchus tshawytscha*), qui constitue une importante source d'alimentation.

Source : gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada, 2010



par le commerce international. Toutefois, des positions divergentes sont courantes parce que la meilleure stratégie pour protéger une espèce n'est pas toujours claire, surtout quand des vies humaines ou des modes de vie sont touchés par le commerce d'une espèce ou pour les espèces à haute valeur commerciale. Par exemple, il y a des différences d'opinions quant au fait de savoir si la meilleure façon d'empêcher l'abattage illégal d'éléphants pour leur ivoire est d'interdire tout commerce d'ivoire ou de permettre un commerce d'ivoire légal contrôlé qui alimentera la demande en ivoire et réduira la demande sur le marché illégal. Les États-Unis, pour leur part, sont devenus les champions des efforts de réduction de la demande en ivoire en imposant des contrôles nationaux serrés sur ce commerce et ont été un chef de file dans les efforts de lutte contre le commerce illicite d'animaux sauvages. Parmi les controverses aux conférences de la CITES, mentionnons la proposition d'inscrire à l'annexe I le thon rouge de l'Atlantique (*Thunnus thynnus*), que le Canada a refusé de soutenir malgré les efforts répétés de nombreux États. En effet, en 2014, le Canada a aidé à convaincre la Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique d'élever les quotas (Galloway, 2014).

Il y a beaucoup de place pour la collaboration continentale sur la diversité des espèces. Par exemple, le Canada et les États-Unis partagent nombre d'espèces migratrices, comme le monarque (*Danaus plexippus*), la baleine grise et de nombreuses espèces d'oiseaux, et cela a souvent servi de moteur pour l'action politique et la coordination stratégique; il est de plus en plus évident que la protection de l'habitat est nécessaire pour assurer la survie de nombre de ces espèces.

Même s'il y a de la place à l'amélioration de la cohérence des politiques et à la collaboration entre le Canada et les États-Unis, il y a plusieurs accords bilatéraux et trilatéraux importants sur les espèces transfrontalières et les problèmes courants en matière de biodiversité en Amérique du Nord, notamment la Convention concernant les oiseaux migrateurs, signée initialement en 1916 par le Canada et les États-Unis (Olive, 2014; Waples, 2013). Cette Convention demeure un mécanisme actif et important de protection des espèces

migratrices de l'Amérique du Nord. D'autres exemples de mécanismes de collaboration nord-américaine efficaces incluent la Commission de coopération environnementale, qui a des projets de protection des habitats (comme les prairies) et des espèces (comme le monarque); le Comité trilatéral de conservation et de gestion des espèces sauvages et des écosystèmes, qui se réunit chaque année pour discuter des intérêts partagés liés à la conservation des espèces et des problèmes communs; et l'Initiative de conservation des oiseaux de l'Amérique du Nord. Il y a aussi eu des progrès considérables dans la création d'un réseau transnational et l'établissement d'une collaboration scientifique entre les deux pays (Temby et Stoett, 2015).

### 2.3.4 Principaux facteurs

#### Urbanisation

L'étalement urbain est l'une des plus importantes menaces pour la biodiversité dans nombre de parties de l'Amérique du Nord; cela réduit l'habitat naturel dans certaines régions et la biodiversité agricole dans d'autres. Toutefois, des villes plus vertes et plus intelligentes sont à l'horizon : l'intégration des espaces verts, les toits verts, les programmes de pollinisation urbaine et d'autres innovations réduisent l'empreinte écologique des zones urbaines et la conservation de la biodiversité urbaine, qui est un aspect souvent négligé de l'écologie. Nombre de villes se sont engagées récemment sous le thème de la résilience, principalement en réaction aux menaces associées aux changements climatiques. Le 100 Resilient Cities Challenge de la Rockefeller Foundation, par exemple, comprend maintenant des engagements de 18 villes nord-américaines (y compris des engagements liés à la biodiversité), et il est maintenant de plus en plus accepté que la présence de la biodiversité urbaine améliore la santé humaine physique et mentale et peut contribuer de façon significative à l'alimentation humaine (Horwitz *et al.*, 2015; Hunter, 2015; Alcock, 2014; Beyer, 2014). Des données probantes portent à croire que la restauration des services écosystémiques dans les zones urbaines entraîne aussi des bénéfices économiques concrets démontrables (Elmqvist, 2015; Goddard *et al.*, 2010).

## Extraction des ressources et production d'énergie

L'extraction des ressources, en particulier pour la production d'énergie, a été un facteur important des changements d'utilisation des terres partout en Amérique du Nord, et les efforts de restauration sont essentiels pour le rétablissement des espaces sauvages et la survie des espèces menacées.

La foresterie conserve son statut d'employeur important au Canada et aux États-Unis. Même si les coupes à blanc sont moins courantes, il y a encore des menaces importantes pour la biodiversité qui sont associées aux opérations forestières à grande échelle. Dans de nombreux cas, l'exploitation sélective et les lois ont protégé les espèces sauvages en péril, notamment la chouette tachetée (*Strix occidentalis*), mais cela a entraîné des coûts pour l'industrie et les collectivités forestières.

La demande croissante pour les biocarburants en Europe a fait des États-Unis le plus grand exportateur mondial de granulés de bois. Le retrait systémique de petites parties des forêts boréales de l'Alberta et du Manitoba pour l'exploitation des sables bitumineux a peut-être été le changement d'utilisation des terres le plus notable en Amérique du Nord au cours de la dernière décennie, même si ce phénomène a ralenti dans les dernières années en raison de la chute des prix du pétrole et de la persistance des incendies de forêt. Des espèces envahissantes, comme le dendroctone du pin ponderosa (*Dendroctonus ponderosae*), constituent une autre menace pour les écosystèmes forestiers et la biodiversité (voir la section 2.8; **encadré 2.8.2**). Dans l'ensemble, «... au Canada, les 348 millions d'hectares de terres forestières représentent environ 9 % du couvert forestier mondial, mais comptent seulement pour 0,3 % du taux de déforestation à l'échelle planétaire.» [Traduction libre] (RNCAN, 2015).

Bien que certaines formes de production d'énergie aient des répercussions considérablement plus importantes que d'autres, surtout quand les effets combinés des changements climatiques sont pris en considération, toutes les formes de production centralisée d'énergie ont un effet sur la biodiversité, les espèces sauvages, les écosystèmes

et les collectivités environnantes (Fthenakis et Kim, 2009) : l'exploitation des sables bitumineux a des répercussions sur les forêts boréales et les rivières; les infrastructures de fracturation hydraulique, y compris les puits, peuvent perturber les services écosystémiques locaux comme l'approvisionnement en eau; l'extraction du charbon à ciel ouvert endommage des écosystèmes fragiles; les forages pétroliers et gaziers au large des côtes peuvent constituer une menace pour la vie marine; l'hydro-électricité et la construction de grands barrages contribuent à des déplacements liés au réservoir; les parcs éoliens peuvent blesser des oiseaux (Sovacool, 2009); et les centrales solaires peuvent fragmenter l'habitat. La création de lignes de transport et la construction de nouvelles routes vers les sites, essentielles à la plupart des formes de production d'énergie, entraînent une fragmentation de l'habitat et des terres. Mais, de plus en plus, les citoyens ont accès à un éventail de choix personnels concernant leurs sources d'énergie, et les collectivités prennent des décisions collectives favorisant des projets énergétiques moins intrusifs.

## Contaminants

À part la contamination par les microplastiques (voir la **figure 2.3.2**), les concentrations de contaminants anciens dans les systèmes terrestres, d'eau douce et d'eau de mer ont généralement diminué dans les 10 à 40 dernières années, même si les niveaux de mercure augmentent chez certains animaux sauvages dans certaines régions (Braune *et al.*, 2015). Heureusement, les niveaux de contaminants anciens – produits chimiques interdits ou à utilisation restreinte comme les biphényles polychlorés (BPC) – ont diminué chez les animaux sauvages dans le détroit de Georgia, dans l'estuaire du Saint-Laurent, dans les Grands Lacs, dans la baie de Fundy et dans l'Arctique depuis les années 1970, même si les taux de déclin dans certaines régions ont ralenti dans les dernières années.

Le rétablissement du faucon pèlerin (*Falco peregrinus*) et du pygargue à tête blanche, après l'interdiction du DDT, démontre que certaines espèces peuvent rebondir après que le stress lié aux contaminants a été éliminé. De nouveaux

produits ignifuges et polybromodiphényléthers (PBDE) sont des exemples de contaminants émergents; des travaux récents ont montré qu'ils se répandent et s'accumulent dans les écosystèmes. Depuis les années 1980, les concentrations de PBDE ont augmenté dans les poissons, les oiseaux, les baleines et les ours blancs (Wolschke *et al.*, 2015). Les contaminants peuvent avoir un effet direct sur la santé et la reproduction des animaux sauvages et augmentent leur vulnérabilité à d'autres facteurs de stress.

### 2.3.5 Principaux facteurs de stress

#### Espèces envahissantes

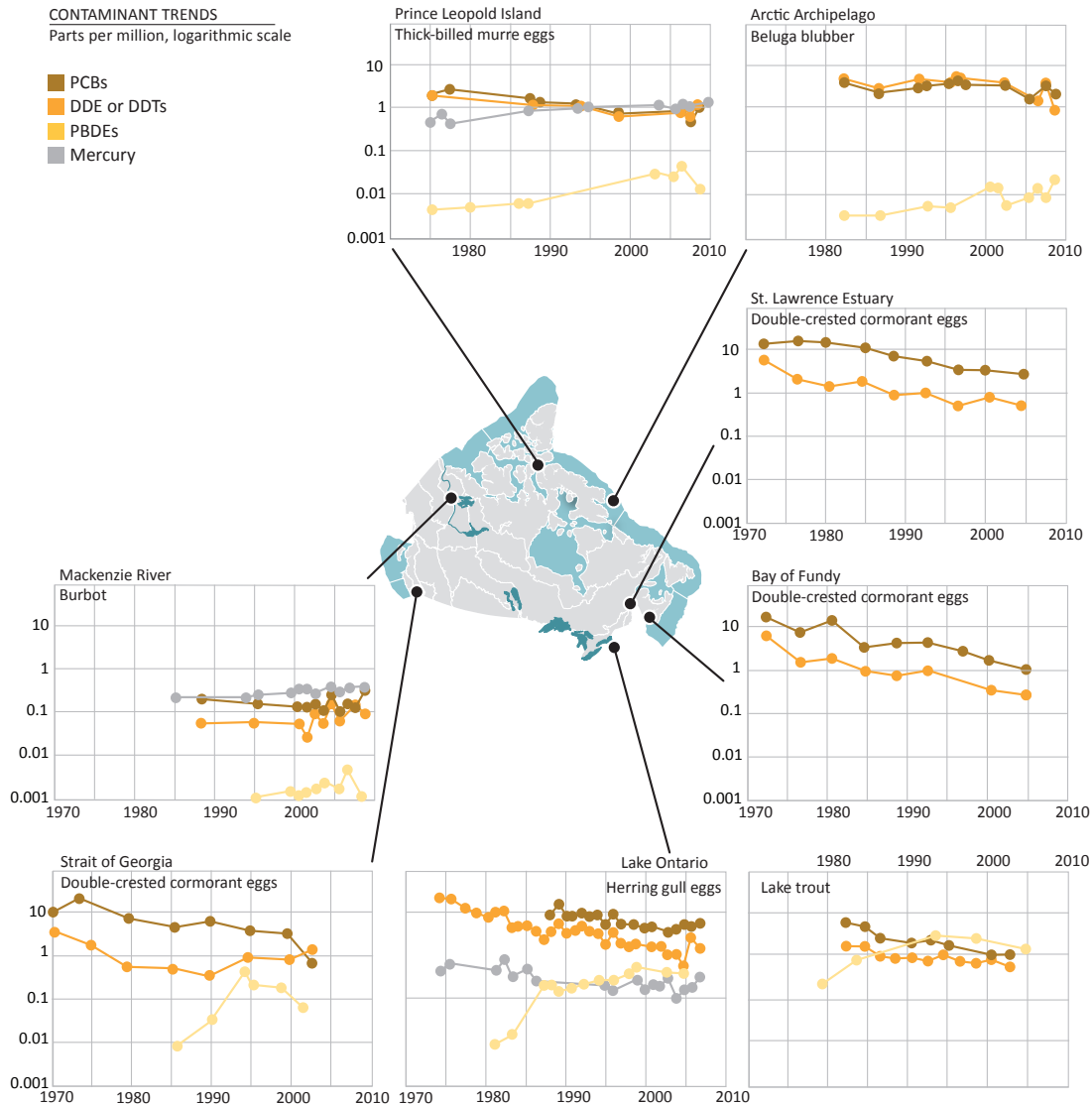
Les espèces exotiques envahissantes sont généralement considérées comme étant la deuxième menace la plus importante pour la biodiversité, après les changements d'utilisation des terres. Au-delà de la prédation, une espèce dominante non indigène peut gravement modifier l'habitat d'autres espèces, entraînant certaines près de l'extinction et menacer les économies humaines et la santé des écosystèmes (Lodge *et al.*, 2006; Pimentel *et al.*, 2005). Les introductions intentionnelles et accidentelles d'espèces non indigènes dans des aires de répartition qui ne sont pas les leurs sont un sous-produit des activités anthropiques. En Amérique du Nord, pour des raisons principalement économiques (Keller et Perrings, 2010), des espèces non indigènes ont été introduites dans le bassin des Grands Lacs à un rythme croissant de plus d'une espèce par année entre 1959 et 1999 (Dettmers *et al.*, 2008).

L'augmentation de la population et les effets écologiques des moules de la famille des Dreissenidés (moule zébrée, *Dreissena polymorpha*, et moule quagga, *D. bugensis*) ont modifié de façon drastique l'écosystème des Grands Lacs et causé des dommages économiques considérables aux réseaux hydrographiques. Cette tendance particulière ne montre aucun signe de ralentissement, car de nouvelles espèces exotiques continuent à être introduites tous les 9 à 12 mois (Hansen, 2010). Parmi les voies d'introduction importantes du biote aquatique, mentionnons les routes commerciales, comme le canal Érié et la voie maritime

du Saint-Laurent; l'eau de ballast rejetée par les navires de transport maritime; les introductions accidentelles provenant des éclosiers de poissons; le commerce des poissons d'aquarium et les marchés de poissons vivants; la construction de routes et de voies ferrées pour le commerce et le transport; et la culture de poissons-appâts non indigènes. Pendant ce temps, le gouvernement des États-Unis dépense des milliards de dollars pour prévenir la propagation de la vorace carpe asiatique, qui s'est déplacée vers le nord en remontant le fleuve Mississippi vers le lac Érié. Dans l'ouest, l'infestation de dendroctone du pin ponderosa indigène dans la dernière décennie a été d'une intensité jamais vue, endommageant plus de 163 000 kilomètres carrés de forêts (Safranyik *et al.*, 2010). Cette expansion a eu des répercussions énormes sur l'industrie forestière au Canada et aux États-Unis et reflète le fait que ce ne sont pas toutes les espèces envahissantes qui viennent des régions lointaines, et qu'avec les changements climatiques et d'autres facteurs, elles migrent vers de nouveaux territoires où elles ne sont confrontées à aucun prédateur naturel.

Les plantes envahissantes non indigènes sont l'une des plus importantes menaces pour les terres cultivées, les pâturages et les sites naturels du Canada. Elles réduisent la productivité et la diversité biologique; elles sont responsables de pertes économiques importantes et elles nuisent au commerce avec d'autres pays. Environ 1 229 (24 %) des 5 087 plantes connues au Canada ne sont pas indigènes. De ce nombre, 486 sont considérées comme envahissantes ou nuisibles. Des pas importants ont été faits dans la prévention, l'éradication et le contrôle des plantes envahissantes, et l'Organisation nord-américaine pour la protection des plantes, qui tire son pouvoir de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, et un réseau complexe d'organisations professionnelles se sont efforcés de limiter la propagation de plantes populaires mais envahissantes. Souvent le résultat d'un aménagement paysager ornemental peu soigné ou inadéquat, elles se sont également frayées un chemin par diverses routes commerciales, par des rejets accidentels de semences et par des introductions intentionnelles pour l'agriculture et l'horticulture ornementale. Parmi les plantes envahissantes bien connues

Figure 2.3.2 : Tendances relatives aux contaminants (parties par million à une échelle logarithmique), 1970-2010



Les graphiques montrent l'étendue des tendances et des concentrations de deux contaminants anciens (BPC et DDT), du mercure et d'un contaminant nouveau (PBDE) chez des animaux sauvages. Les quantités et les tendances observées sont liées en partie à la proximité des sources de contaminants et en partie à d'autres facteurs qui ont une influence sur l'exposition des animaux aux contaminants et sur l'absorption de ceux-ci, y compris le niveau des animaux dans le réseau trophique. Les concentrations de contaminants doivent être comparées d'un graphique à l'autre de manière générale seulement étant donné que les ensembles de données ne sont pas tous comparables sur le plan des types de tissus échantillonnés et des méthodes d'analyse et de relevés de données. Remarque : Le 1,1-dichloro-2,2-bis(4-chlorophényl)éthène (DDE) est un produit de dégradation du DDT. Source : Adapté des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada, 2010

en Amérique du Nord, mentionnons diverses variétés de vigne kudzu (*Pueraria spp.*), la renouée du Japon (*Fallopia japonica*), la berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum*), la linaire à feuilles larges (*Linaria dalmatica*), le houx commun (*Ilex aquifolium*), l'ajonc (*Ulex spp.*), la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*), l'hydrille verticillée (*Hydrilla verticillata*) et, peut-être la plus courante, la salicaire pourpre (*Lythrum salicaria*). Cependant, il est important de mentionner que les espèces exotiques envahissantes ne détruisent pas nécessairement les écosystèmes, mais qu'elles les modifient, faisant en sorte qu'il devient plus difficile pour d'autres espèces de cohabiter et, dans certains cas, réduisant les avantages que les humains tirent des services écosystémiques.

La santé des humains, du bétail et des espèces sauvages peut aussi être menacée par le lien entre les agents pathogènes envahissants et les maladies infectieuses zoonotiques et à transmission vectorielle qu'ils transmettent aux humains, comme le virus du Nil occidental ou la maladie de Lyme. En Amérique du Nord, l'approche Une santé, qui relie la santé des écosystèmes à la santé humaine, suscite de plus en plus d'intérêt et offre une approche plus complète des facteurs environnementaux et anthropiques qui causent des maladies (Karesh *et al.*, 2015).

### Espèces marines envahissantes

Dans les écosystèmes marins, un faible pourcentage d'espèces deviennent un problème grave, ayant des répercussions importantes sur la biodiversité, les écosystèmes, les pêches, la santé et l'économie (Ruiz *et al.*, 1997). Les zones marines qui subissent déjà un stress lié à la pollution ou qui présentent naturellement une faible biodiversité semblent être plus vulnérables aux invasions. Comme démontré par Cohen et Carlton (1998), la baie de San Francisco semble être une zone particulièrement sensible aux invasions. Il n'est toutefois pas facile de prévoir les espèces qui survivront dans un nouveau milieu et qui pourraient causer des problèmes – un phénomène que Carlton et Geller (1993) appellent la « roulette écologique ».



La rascasse volante (*Pterois volitans*) dans son aire de répartition naturelle près de l'île Gili Banta.



Chinese mitten crab (*Erocheir sinensis*) a marine invasive species.  
© Alexander Vasenin

La rascasse volante (*Pterois volitans*), une espèce indigène de la zone Indo-Pacifique et offerte sur le marché des poissons tropicaux, a été vue sur la côte de la Floride au début des années 1990 et on croit qu'elle a été mise en liberté à partir d'un aquarium. N'ayant aucun prédateur naturel, elle est maintenant omniprésente dans presque tous les habitats



marins de l'Atlantique le long de la côte sud-est des États-Unis, dans le golfe du Mexique, dans les Caraïbes et jusqu'en Amérique du Sud. Comme l'a démontré Albins (2013), dans nombre de secteurs, sa densité a dépassé celle de poissons de récifs indigènes et elle devient plus grosse et plus abondante dans les régions envahies que dans son aire de répartition naturelle; dans certaines régions, elle représente maintenant presque la moitié de la biomasse totale des prédateurs.

Elle perturbe la structure et la fonction des communautés des récifs et nuit à la pêche commerciale et au tourisme. Comme la rascasse volante cause des dommages environnementaux et écologiques, des stratégies de sensibilisation et de gestion ont été élaborées pour réduire leurs populations. On a organisé des tournois de pêche et de pêche au harpon, qui incluent de l'éducation sur la biologie, l'écologie, les répercussions, la collecte et les techniques de manipulation. La rascasse volante est un plat apprécié par de nombreuses personnes, et on pourrait réduire les populations si un plus grand nombre de personnes commencent à la manger (le North Carolina Sea Grant, Coastwatch, a publié des recettes de rascasse volante dans son numéro d'automne 2013). Pour les juvéniles, on est en train de développer des marchés pour le commerce des poissons d'aquarium. Porto Rico exporte de 200 à 300 juvéniles par semaine sur le marché américain des poissons d'aquarium, et les collecteurs des Keys de la Floride prélèvent et vendent aussi des juvéniles. Comme le développement d'un marché crée une pression pour maintenir l'espèce en tant que ressource économique, il faut examiner les projets visant à contrôler les espèces envahissantes en favorisant la consommation humaine pour en déterminer les avantages et les problèmes potentiels.

Le crabe européen (*Carcinus maenas*) est une espèce indigène de l'Europe et du nord-ouest de l'Afrique, où elle vit sur les rivages rocheux, les plages de galets, dans les vasières et les marais littoraux avec un vaste éventail de salinités et de températures. Il est arrivé sur la côte atlantique des États-Unis dans les années 1800, probablement sur les coques des navires, et s'est établi du New Jersey jusqu'à Cape Cod. Plus tard, le crabe a commencé à se déplacer vers le nord,

et son arrivée dans le Maine a coïncidé avec des déclinés phénoménaux de la pêche à la mye. Le crabe européen est un prédateur important des bivalves; il peut briser les coquilles des myes et des moules plus vite que d'autres crabes et peut être plus compétitif que les crabes indigènes pour la nourriture. Une deuxième invasion majeure a eu lieu en 1989 dans la baie de San Francisco, où les crabes sont probablement arrivés sous forme de larves dans l'eau de ballast, dans les herbes marines ou le varech utilisés dans les envois de homards et de vers servant d'appâts. Grosholz et Ruiz (1995) ont documenté leur propagation et leurs effets, y compris la perte d'au plus la moitié des palourdes japonaises (*Venerupis philippinarum*) en Californie. Comme l'espèce continue à remonter vers le nord, elle constitue une préoccupation pour la pêche au crabe dormeur (*Metacarcinus magister*), à l'huître et à la mye dans le nord-ouest du Pacifique.

On croit que le crabe chinois (*Erocheir sinensis*), une espèce indigène de la Corée et de la Chine, a été introduit accidentellement au début des années 1900 en Allemagne et s'est répandu dans nombre de rivières et d'estuaires européens, où il s'alimente d'espèces indigènes et creuse des terriers dans les berges, ce qui entraîne souvent leur effondrement. Il s'est établi sur la côte ouest de l'Amérique du Nord dans les années 1990 et est considéré comme une menace pour les invertébrés indigènes, pour la structure des communautés d'eau douce et des estuaires et pour certaines pêches commerciales.

Les tuniciers (ascidies) s'attachent aux substrats durs, y compris les structures artificielles comme les quais flottants et les pieux. Certains comme les *Botryllus schlosseri* et *Botrylloides violaceus* s'établissent sur les limbes de zostère et réduisent la pénétration de la lumière, ce qui réduit la croissance et la survie des zostères, qui constituent des habitats importants pour de nombreux animaux. Le didemne étendard (*Didemnum vexillum*), qui se reproduit rapidement et se propage facilement, a envahi et dépassé en population des communautés marines sur les côtes de la Nouvelle-Angleterre et de la côte centrale de l'Atlantique, comme résumé par Lambert (2009).

Même si le roseau commun, *Phragmites australis*, est indigène de l'Amérique du Nord, une nouvelle souche génétique provenant d'Europe est une importante espèce envahissante dans les marais d'eau saumâtre et d'eau douce de la côte Est. Elle est plus compétitive que les plantes indigènes, remplaçant divers assemblages d'espèces de plantes dans les terres humides d'eau saumâtre et d'eau douce. Les détritiques de roseau commun pénètrent le réseau trophique de la même façon que les détritiques de la spartine indigène, ce qui fait qu'elles ont une fonction trophique semblable. La spartine alterniflore (*Spartina alterniflora*), une espèce indigène de la côte Est des États-Unis, a été plantée ailleurs pour la protection des côtes, mais quand elle a été amenée sur la côte Ouest, elle est devenue envahissante (Daehler et Strong, 1996). Elle modifie les vasières littorales avec une végétation dense, ce qui affecte la sauvagine migratrice, les oiseaux de rivage et les échassiers qui s'alimentent dans les vasières dégagées. Dans la baie de San Francisco, elle s'est hybridée avec des espèces de spartines indigènes. Les tendances relatives aux espèces aquatiques envahissantes sont à la hausse dans les Grands Lacs (National Academy of Sciences, 2008), dans le golfe du Maine (Pappal, 2010), dans les habitats dulcicoles du Rhode Island (Watershed Counts, 2014) et ailleurs.

## **Empiètement urbain**

La fragmentation de l'habitat a été analysée dans la section précédente sur les changements d'utilisation des terres. L'empiètement des espaces urbains dans les écosystèmes demeure un important facteur de stress pour le biote en Amérique du Nord. Radeloff *et al.* (2010) ont conclu qu'aux États-Unis, entre 1940 et 2000, 28 millions d'unités de logement ont été construites à moins de 50 km d'une aire protégée, et 940 000 ont été construites dans des forêts nationales. Dans les années 1990, les taux de croissance du logement à moins de 1 km d'une aire protégée (20 % par décennie) ont dépassé la moyenne nationale (13 %). Si les tendances à long terme se maintiennent, 17 millions d'autres unités de logement seront construites à moins de 50 km d'une aire protégée d'ici 2030 (1 million à moins de 1 km), ce qui réduit grandement la valeur de conservation

de ces aires. Les aires protégées des États-Unis sont de plus en plus isolées, et la construction de logements dans les zones environnantes réduit leur taille réelle; certaines forêts nationales sont même menacées par la perte d'habitat dans leurs limites administratives.

Des travaux récents de Flather (2015) portant sur la richesse et l'abondance des espèces d'oiseaux chanteurs à l'interface entre les aires protégées et les complexes domiciliaires. Il a conclu que les complexes domiciliaires situés immédiatement à l'extérieur du périmètre d'une aire protégée ont eu une incidence sur la richesse et l'abondance des espèces dans l'aire protégée, surtout dans la zone du périmètre. Ses conclusions portent à croire que les politiques de conservation et les décideurs qui cherchent à créer des aires protégées pour préserver la diversité et la richesse des espèces doivent créer des aires protégées assez grandes pour que les effets de lisière des utilisations des terres adjacentes ne compromettent pas les objectifs de conservation établis.

Rittenhouse et d'autres (2012) ont constaté que les changements dans la richesse des espèces et l'abondance des oiseaux étaient principalement associés à une évolution des types non dominants de couvertures terrestres, par exemple les habitats de prairies ou de terres arbustives dans un secteur dominé par les forêts, ou les îlots de forêts dans une grande zone de prairies. Mais dans nombre d'écorégions, les types de couvertures terrestres associés à la richesse des espèces étaient différents de ceux associés à l'abondance. La conversion d'une couverture terrestre naturelle à une couverture anthropique était plus fortement associée à des changements dans l'abondance et la richesse des espèces d'oiseaux que la persistance de la couverture terrestre naturelle dans presque toutes les écorégions. De plus, différentes covariables étaient plus fortement associées à la richesse qu'à l'abondance des espèces dans 11 des 17 écorégions; c'est-à-dire que des paramètres différents affectent la richesse par rapport à l'abondance. La perte d'îlots de prairies et de terres arbustives a eu une incidence sur la richesse et l'abondance des espèces d'oiseaux dans les écorégions forestières. La perte de milieux humides était associée à l'abondance des oiseaux

dans les écorégions forestières. Ces conclusions soulignent la valeur de la compréhension de l'évolution des types de couvertures terrestres non dominants dans un paysage et de leur association avec la diversité des oiseaux. Ces résultats étaient aussi en accord avec des conclusions semblables de Pidgeon *et al.* (2007) concernant l'augmentation de la construction domiciliaire et les conclusions de Radeloff *et al.* (2010), qui ont étudié l'expansion des zones aménagées dans les zones périurbaines.

## Changements climatiques

Tout ce qui précède et les tendances ci-dessous s'inscrivent dans le contexte d'un facteur de plus en plus intense : les changements climatiques, causés principalement par les émissions anthropiques de gaz à effet de serre. Les changements climatiques modifient l'habitat, la température et la phénologie et ont donc une incidence directe sur la biodiversité. Les données scientifiques sur les migrations d'espèces liées au climat sont apparues au début des années 2000 (Walter *et al.*, 2001). La principale préoccupation est que les espèces perdent réellement leur habitat; cela a été prévu pour plus de la moitié des espèces d'oiseaux d'Amérique du Nord (National Audubon Society, 2015; Langham *et al.*, 2015; Schuetz *et al.*, 2015), car les habitudes de migration sont perturbées. Des simulations ont permis de prévoir des changements semblables dans la composition des forêts au moment où la limite des arbres remonte vers le nord (Scheller et Mladenoff, 2005), même s'il sera plus difficile pour les arbres de migrer (Iverson et Schwartz, 2004). Chen *et al.* (2011) fournissent un modèle général des changements dans les aires de répartition des espèces au moins partiellement causés par les changements climatiques. Stewart *et al.* (2015) ont créé un modèle pour évaluer le risque potentiel que les changements climatiques posent pour les pikas (*Ochotonidae*) et d'autres mammifères sensibles au climat. Leur modèle correspondait aux conclusions précédentes et prévoyait des niveaux élevés de disparition des pikas de sites d'étude partout en Californie, la taille des zones de débris rocheux et les températures estivales étant les meilleurs facteurs pour prévoir l'aire de répartition.

Les incendies de forêt exacerbés par la sécheresse prolongée sur la côte Ouest ont aussi poussé des espèces vers de nouveaux territoires géographiques; les inondations côtières auront un effet semblable. Des préoccupations ont aussi été soulevées concernant la tropicalisation des écosystèmes marins, ce qui augmente l'aire de répartition d'espèces envahissantes comme la rascasse, en plus des menaces que l'acidification des océans et le réchauffement posent pour le corail, qui ne peut pas migrer et qui subit des épisodes de changement de température et d'acidification des océans.

Les secteurs problématiques liés à ces nouvelles préoccupations incluent des changements dans les aires de répartition des populations et dans la dynamique des espèces exotiques envahissantes. C'est peut-être la préoccupation la plus importante à signaler, comme on a pu le voir avec la propagation du dendroctone du pin ponderosa sur la côte Ouest et d'une espèce exotique envahissante comme la moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) dans la région des Grands Lacs. Les températures plus élevées et les hivers plus courts rallongent la période de reproduction de ces espèces et leur permettent de se répartir dans différentes régions, où elles ont peu ou pas de prédateurs naturels. Les médecins et les vétérinaires devront aussi être informés de la migration associée au climat d'espèces constituant une menace pour les humains et le bétail. Les maladies des espèces sauvages causées par des agents pathogènes non indigènes, comme le virus du Nil occidental, ont tué des milliers d'oiseaux et constituent une menace potentielle pour nombre d'espèces fauniques différentes. Le lien entre les animaux domestiques et sauvages est important lui aussi : par exemple, des maladies respiratoires touchant les moutons domestiques ont été liées aux déclin des populations de mouflon d'Amérique, une espèce menacée (*Ovis Canadensis*) [Wehausen *et al.*, 2011].

L'impact à long terme des changements climatiques dans les milieux d'eau douce est très mal connu, mais il y a des éléments qui portent à croire qu'ils auront des répercussions importantes sur les pêches, sur les Grands Lacs, sur l'approvisionnement en eau et sur le taux d'introduction d'espèces aquatiques envahissantes (Kling *et al.*, 2003).

Cependant, les températures plus élevées augmenteront aussi la biodiversité dans nombre de secteurs, surtout dans le Nord; c'est la perte d'espèces indigènes dans le processus qui est la principale préoccupation. Le réchauffement du climat change aussi le paysage nordique naturel au fur et à mesure que la glace fond et que le méthane est libéré du pergélisol, des écosystèmes de tourbière gelée deviennent des milieux humides, perturbant ainsi les espèces et les réseaux trophiques.

### 2.3.6 Principales répercussions sélectionnées

#### Prairies

Un autre écosystème faisant face à des difficultés en Amérique du Nord est la prairie, qui est un habitat essentiel pour plusieurs espèces endémiques – comme l'antilope d'Amérique (*Antilocapra americana*), le renard véloce (*Vulpes velox*), le putois d'Amérique (*Mustela nigripes*), le chien de prairie (*Cynomys ludovicianus*), la buse rouilleuse (*Buteo regalis*) et le tétras des armoises (*Centrocercus urophasianus*) – et, comme l'herbe prévient l'érosion, il s'agit d'un paysage parfaitement naturel pour la culture du blé, du seigle et de l'avoine. En Amérique du Nord, les prairies s'étendent dans tout le secteur des grandes plaines, couvrant une grande partie des États américains du Dakota du Nord, du Dakota du Sud, du Montana, du Nebraska, du Kansas, de l'Oklahoma, du Texas, du Wyoming, du Colorado et du Nouveau-Mexique, et les provinces canadiennes de l'Alberta, du Manitoba et de la Saskatchewan. Il existe d'autres types d'écosystèmes des prairies dans d'autres régions de l'Amérique du Nord. Ils ont tous été soumis à une importante fragmentation des terres pendant le dernier siècle (Roch et Jaegger, 2014).

Les pertes de prairies sont considérables, même par rapport à d'autres biomes importants en Amérique du Nord. Au Canada, la plupart des pertes se sont produites avant les années 1930, en raison de la conversion aux terres cultivées. Les estimations des pertes totales avant les années 1990 incluent 97 % des herbes hautes/de la savane dans le sud de l'Ontario, 70 % des prairies herbeuses, de loin la plus

importante des prairies du Canada, et 19 % des graminées cespitueuses ou des armoises de la Colombie-Britannique (gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada, 2010).

La santé des prairies en a aussi souffert. À long terme, la modification des régimes de perturbations naturelles attribuable à des facteurs comme la lutte contre les incendies et le broutage par le bétail dans des espaces confinés ont eu une incidence nuisible sur les prairies. Dans certaines régions, de saines pratiques d'intendance aident à régler le problème. Parmi les autres facteurs de stress, mentionnons les espèces envahissantes non indigènes, le défrichement illicite en forêt, la fragmentation et l'intensification de l'agriculture. Un groupe de scientifiques a conclu que la « *combinaison des changements environnementaux et de la perte de diversité augmente le risque d'effondrement abrupt et potentiellement irréversible d'un écosystème* », et ils « *démontrent cette relation dans une prairie pyrogène dégradée mais riche en espèces où les effets combinés de la lutte contre les incendies, des invasions et de l'effondrement trophique ont créé une prairie pauvre en espèces qui est très productive, résiliente aux fluctuations climatiques annuelles et résistante aux invasions, mais vulnérable à un effondrement rapide après la réintroduction du feu* » [traduction libre] (MacDougall et al., 2013).

Un effort pour revitaliser les prairies et soutenir ce qu'on a appelé le « Buffalo Commons » permettrait de reconverter environ 360 000 kilomètres carrés de terres agricoles en prairies indigènes dans toute la région des grandes plaines; cette proposition a suscité des discussions très animées (Popper et Popper, 2006). Quoi qu'il en soit, les pénuries d'eau, la privatisation des terres des prairies, la conversion des cultures aux biocarburants (Fargione et al., 2009) et d'autres difficultés et facteurs de stress sont non pas en déclin, mais bien en augmentation. La Commission de coopération environnementale (Canada, Mexique et États-Unis) a aidé à mettre en place une alliance régionale pour la conservation des prairies afin de poursuivre les discussions avec les intervenants et la planification des politiques.

## Marais salés

Les marais salés, qui comptent parmi les écosystèmes les plus productifs du monde, sont des écosystèmes côtiers intertidaux qui sont régulièrement inondés d'eau salée ou saumâtre et qui sont dominés par des graminées, des herbes et de petits arbustes qui tolèrent le sel. Leur stabilité est principalement contrôlée par les taux relatifs d'accumulation des sédiments et la submersion des côtes. Les marais salés stabilisent le littoral, servant d'obstacles naturels aux inondations côtières, à l'érosion du littoral et aux dommages causés par les vagues et les tempêtes (Costanza *et al.*, 2008) en plus de retirer les sédiments, les éléments nutritifs et d'autres contaminants des eaux de ruissellement et de la décharge des rivières (Gedan *et al.*, 2009) – fournissant plus de services écosystémiques que les autres milieux côtiers (PNUE, 2006). Ils jouent aussi un rôle important dans le réseau alimentaire aquatique et fournissent des éléments nutritifs aux eaux côtières. Ils servent d'habitat essentiel pour divers stades biologiques d'espèces faisant l'objet de pêches côtières qui représentent une partie importante des prises mondiales de poissons – nombre des espèces visées par la pêche commerciale sur la côte Est des États-Unis utilisent les marais salés à un moment ou un autre dans leur cycle biologique. En plus de fournir un habitat pour les poissons, les crabes et les crevettes juvéniles, les oiseaux les utilisent comme halte pendant les migrations et certains oiseaux passent l'hiver dans les marais. De plus, ils jouent un rôle important dans le cycle mondial du carbone, stockant le carbone dans leurs sédiments, l'empêchant ainsi de retourner dans l'atmosphère et d'accentuer les changements climatiques (Chmura *et al.*, 2003).

Pendant des siècles, les marais côtiers ont été remplis pour aménager des zones urbaines ou agricoles ou utilisés comme décharges de déchets municipaux. Ils ont été drainés, munis de digues ou de fossés, utilisés comme pâturages et cultivés, pulvérisés pour le contrôle des moustiques et envahis par des espèces non indigènes. Les principales menaces sont la bonification des terres, l'aménagement du littoral, le dragage, l'élévation du niveau de la mer et l'eutrophisation, qui réduisent tous leur capacité à fournir

des services écosystémiques et des habitats essentiels pour de nombreuses espèces.

La montée du niveau de la mer est la plus importante menace liée au climat pour les marais salés. Même si certains marais peuvent s'adapter, d'autres, surtout ceux qui sont coupés de l'approvisionnement en sédiments par des digues et des murs de protection, ne le peuvent pas (Day *et al.*, 1995). L'affaissement, qui contribue à l'élévation relative du niveau de la mer dans certaines régions, est un facteur de stress supplémentaire. Les impacts dépendent des taux d'accumulation et de submersion de même que de la capacité du marais à migrer vers l'intérieur des terres – la compression du littoral décrit l'incapacité des marais à se déplacer vers l'intérieur des terres en raison d'obstacles comme des zones pavées. Actuellement, on estime que la perte de marais salés est de 1 à 2 % par année (Bridgman *et al.*, 2006), ce qui en fait l'un des écosystèmes qui disparaît le plus vite dans le monde. Aux États-Unis, le Massachusetts a perdu 41 % de ses marais salés depuis la Révolution américaine, avec une perte de 81 % à Boston (Bromberg et Bertness, 2005), tandis qu'on dit qu'aujourd'hui, la Louisiane perd en superficie de marais l'équivalent d'un terrain de football à l'heure.

## Biodiversité marine

La biodiversité marine de l'Amérique du Nord fait face à des menaces importantes, bien que des initiatives récentes aient permis de consacrer des aires comparativement grandes à la conservation. On continue à surveiller l'impact des catastrophes à grande échelle, comme le déversement de pétrole de BP survenu en 2010 dans le golfe du Mexique, qui a eu des effets nocifs sur des espèces sauvages comme les tortues, les calmars et les crevettes. Mais la plupart des facteurs de perte de la biodiversité dans les zones marines, y compris les mammifères marins et les oiseaux, sont moins soudains mais tout aussi dommageables. Le rapport de 2015 intitulé *Living Blue Planet Report* (WWF, 2015) indique que les populations mondiales de vertébrés marins ont diminué de 49 % entre 1970 et 2012, certaines espèces de poissons ayant connu un déclin de près de 75 %. Le rapport montre



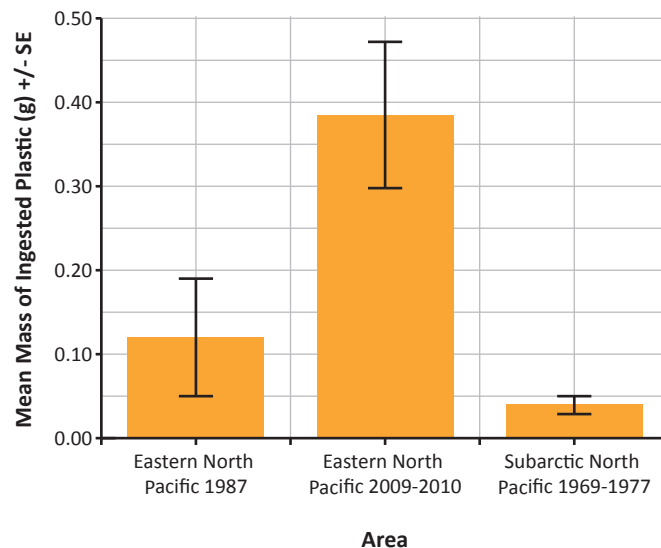
les déclin rapides des récifs coralliens, des mangroves et des zostères qui soutiennent les réseaux trophiques marins et fournissent de précieux services aux personnes. Les plus importants facteurs de ces tendances à la baisse sont liés aux activités humaines : surpêche, destruction de l'habitat et changements climatiques. Le rapport propose aussi des solutions et des possibilités pour améliorer la situation en protégeant les habitats marins essentiels, en gérant les stocks de poissons de façon plus durable, en améliorant les pratiques de pêche et en redirigeant les fonds pour soutenir ces initiatives.

Les aires marines protégées (AMP) où la pêche est limitée sont un mécanisme potentiel de protection de la diversité. Caselle (2015) a étudié les réserves dans les îles Channel au large de la côte de la Californie et a conclu qu'après les cinq premières années de protection, les espèces de poissons ciblées par les pêcheurs présentaient une densité plus grande, mesurée en nombre de poissons par secteur, et une biomasse plus élevée, mesurée en poids total par secteur, à l'intérieur des AMP par rapport à des sites de référence à l'extérieur, et cela était toujours vrai en 2013. De plus, les stocks de poissons à l'extérieur des AMP augmentaient au fil du temps, bien que plus lentement. On ne sait pas si les augmentations de la population à l'extérieur des AMP sont attribuables à une pression réduite des pêches, au déplacement des poissons provenant des AMP, à des conditions environnementales favorables ou à une combinaison de ces trois facteurs.

L'une des nouvelles menaces pour la biodiversité marine est l'accumulation de plastique dans les océans, lacs et rivières. Même si ce problème est reconnu depuis de nombreuses années en ce qui concerne les océans, des découvertes récentes indiquent des niveaux perturbants de microbilles de plastique dans les Grands Lacs et le bassin du Saint-Laurent (Provencher, 2014; Johnston, 2013). On a déjà découvert que les glaces marines des régions éloignées de l'Arctique contiennent des concentrations élevées de microplastique, mais l'étendue dans laquelle la fonte des glaces rejettera ces particules anthropiques dans l'océan n'est pas encore entièrement connue (Obbard, 2014). Les microplastiques se trouvent dans la chaîne alimentaire et sont régulièrement

ingérés par les poissons, les oiseaux (figure 2.3.3) et les mammifères marins; ce qui entraîne souvent une bioaccumulation toxique et, dans certains cas, l'asphyxie et la famine. Les microplastiques proviennent d'une variété de sources, y compris les microfibrilles des vêtements lavés à la machine, les microbilles contenues dans les produits nettoyants pour le corps, les shampoings et le dentifrice, la photodégradation des sacs de plastique, les débris des pneus d'auto et autres. Après que plusieurs États, y compris l'Illinois, le New Jersey, le Wisconsin et la Californie, ont décidé de procéder à une interdiction progressive des microbilles dans les produits de soins personnels, le gouvernement des États-Unis a adopté, fin 2015, une loi les interdisant à l'échelle nationale, et le gouvernement du Canada semble prêt à prendre des mesures semblables. Entre temps,

Figure 2.3.3 : Plastiques ingérés par les oiseaux de mer, 1969-2011



Plastiques retrouvés dans les tubes digestifs de fulmars boréaux (*Fulmarus glacialis*) morts dans le Pacifique Nord, Canada, 2011.

Source : Avery-Gomm *et al.*, 2012

plusieurs grandes entreprises de produits cosmétiques ont volontairement déclaré qu'elles cesseront de les utiliser dans leurs produits (voir aussi la discussion sur les plastiques marins dans les sections 2.5.4 et 2.6.1).

Les engrais utilisés pour l'agriculture, les phosphates provenant des détergents et de l'industrie et les eaux usées des villes ajoutent des éléments nutritifs aux réseaux aquatiques, ce qui cause parfois des proliférations d'algues. Dans les dernières années, des proliférations d'algues ont été signalées dans des lacs, des réservoirs, des étangs, des rivières, des marécages et des estuaires au Canada et aux États-Unis. Certaines réussites passées dans la réduction des éléments nutritifs, surtout dans les Grands Lacs, sont maintenant inversées avec l'augmentation des eaux de ruissellement de sources diffuses provenant d'une population croissante. Dans les 16 dernières années, l'azote a augmenté dans 28 % des cours d'eau échantillonnés et a diminué dans 12 % d'entre eux, tandis que le phosphore a augmenté dans 21 % de ceux-ci et diminué dans 29 % des cas. Même si des proliférations d'algues marines nuisibles se produisent naturellement, elles semblent plus fréquentes et leurs répercussions semblent augmenter, surtout dans les océans au large des côtes de l'Amérique du Nord (Lewitus *et al.*, 2012). À l'été 2015, par exemple, une prolifération record d'algues toxiques s'est répandue des îles Aléoutiennes jusqu'au sud de la Californie, menaçant les espèces sauvages et forçant la fermeture de certaines pêches; on soupçonne les températures anormalement chaudes de l'océan d'être à l'origine de ce phénomène.

La surexploitation, combinée à d'autres facteurs de stress comme l'augmentation des températures, la diminution de la salinité et l'augmentation de l'acidité ont contribué à la baisse de certains stocks de poissons dans les deux océans et dans les grandes baies du nord. Selon le *Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes marins canadiens en 2010* (DFO, 2010), les stocks de certains poissons de fond (morue franche, morue du Pacifique, morue-lingue, sébaste), d'espèces pélagiques (hareng, capelan) et de poissons anadromes (saumon coho, saumon quinnat, saumon atlantique, omble chevalier) ont connu des déclin

importants. Les mesures de gestion mises en œuvre pour renverser la tendance à la baisse des stocks à long terme ont échoué pour la plupart. Le redressement des stocks, selon les espèces, a été ralenti par des changements du régime océanographique à grande échelle, la perte des habitats de ponte et d'alevinage et les polluants. Certaines espèces sont en voie de rétablissement, comme le turbot (*Scophthalmus maximus*), la morue charbonnière (*Anoplopoma fimbria*) et la sardine du Pacifique (*Sardinops ocellatus*) dans l'écozone de la côte ouest de l'île de Vancouver, et le saumon rose et kéta (*Oncorhynchus gorbuscha* et *Oncorhynchus keta*) dans le détroit de Georgia.

## Pêches marines

Aux États-Unis, le National Marine Fisheries Service (NMFS), une division de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), est responsable de l'intendance des ressources marines vivantes du pays et de leur habitat dans la zone économique exclusive (200 milles marins ou 370 km à partir de la côte). Le NMFS évalue et prévoit la situation des stocks de poissons, et veille à la conservation et à la gestion des ressources halieutiques en milieux marins dans le but de promouvoir la durabilité et de prévenir la surpêche, le déclin des espèces et la dégradation des habitats. Huit conseils régionaux de gestion des pêches fixent les limites de prises pour des espèces précises. Les États côtiers gèrent généralement les pêches dans les eaux près des côtes de l'État. Les modifications apportées en 2006 à la *Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act* ont fourni de nouvelles directives sur les programmes visant la conservation des ressources et la réduction de la surcapacité de pêche. Les dispositions prévoyant des limites de prises et une responsabilisation à l'égard des prises ont amélioré les stocks de poissons. Même si la consommation de fruits de mer par habitant augmente aux États-Unis, les données du NMFS indiquent que plus de 80 % des stocks de poissons du pays sont déjà à des niveaux durables, avec certaines variations annuelles (NOAA, 2007).

Les fluctuations de l'abondance des poissons nuisent à la pêche. Les gestionnaires des pêches ont besoin

d'observations de grande qualité et de prévisions bien soutenues de la situation et l'abondance des espèces; des données biologiques, économiques et sociales sont requises pour fixer les limites de prises. Des préoccupations font surface si les données sont insuffisantes pour gérer les pêches marines de façon durable. La compréhension et la modélisation des pêches et des écosystèmes à un niveau de certitude acceptable exigent une compréhension plus générale de l'écologie que celle abordée par les directions traditionnelles des pêches d'une seule espèce. La recherche et les analyses concernant les écosystèmes constituent la base de nouveaux modèles d'analyse et des évaluations de la situation des écosystèmes pour prévoir les répercussions de diverses stratégies de pêche. Les évaluations de la gestion fondée sur les écosystèmes comprennent la protection des habitats et les interactions entre plusieurs espèces. Par exemple, l'attention est dirigée vers la situation des populations de poissons-fourrages, comme l'alose tyran, qui constitue une part importante de l'alimentation d'espèces plus grandes prisées par les pêcheurs (MFCN, 2015).

Au Canada et aux États-Unis, l'échec du rétablissement de la morue franche dans le golfe du Maine après que la population, qui a déjà été abondante, a chuté de façon drastique au début des années 1990 suscite beaucoup de préoccupations. En 2010, la pêche a fait la transition vers un système de gestion fondé sur des quotas avec « partage des prises », qui est en vigueur sur la côte Ouest et qui aurait dû mettre fin à la surpêche et permettre un rétablissement, mais la biomasse a poursuivi son déclin; en 2014, elle a été estimée à seulement 3 ou 4 % des niveaux durables. Malgré des limites de prises strictes, la morue n'a pas rebondi, et les travailleurs du secteur des pêches en ont subi les conséquences économiques. L'une des raisons de l'échec du rétablissement est l'évolution du climat. Le golfe du Maine est près de la limite sud pour la morue, et au moment où les eaux se réchauffent, elles deviennent moins convenables. Nombre de juvéniles semblent mourir avant d'atteindre l'âge adulte. Pershing *et al.* (2015) laissent entendre que cela pourrait être attribuable en partie à une augmentation de la prédation des jeunes morues. Des eaux plus chaudes signifient un printemps plus précoce et un automne plus

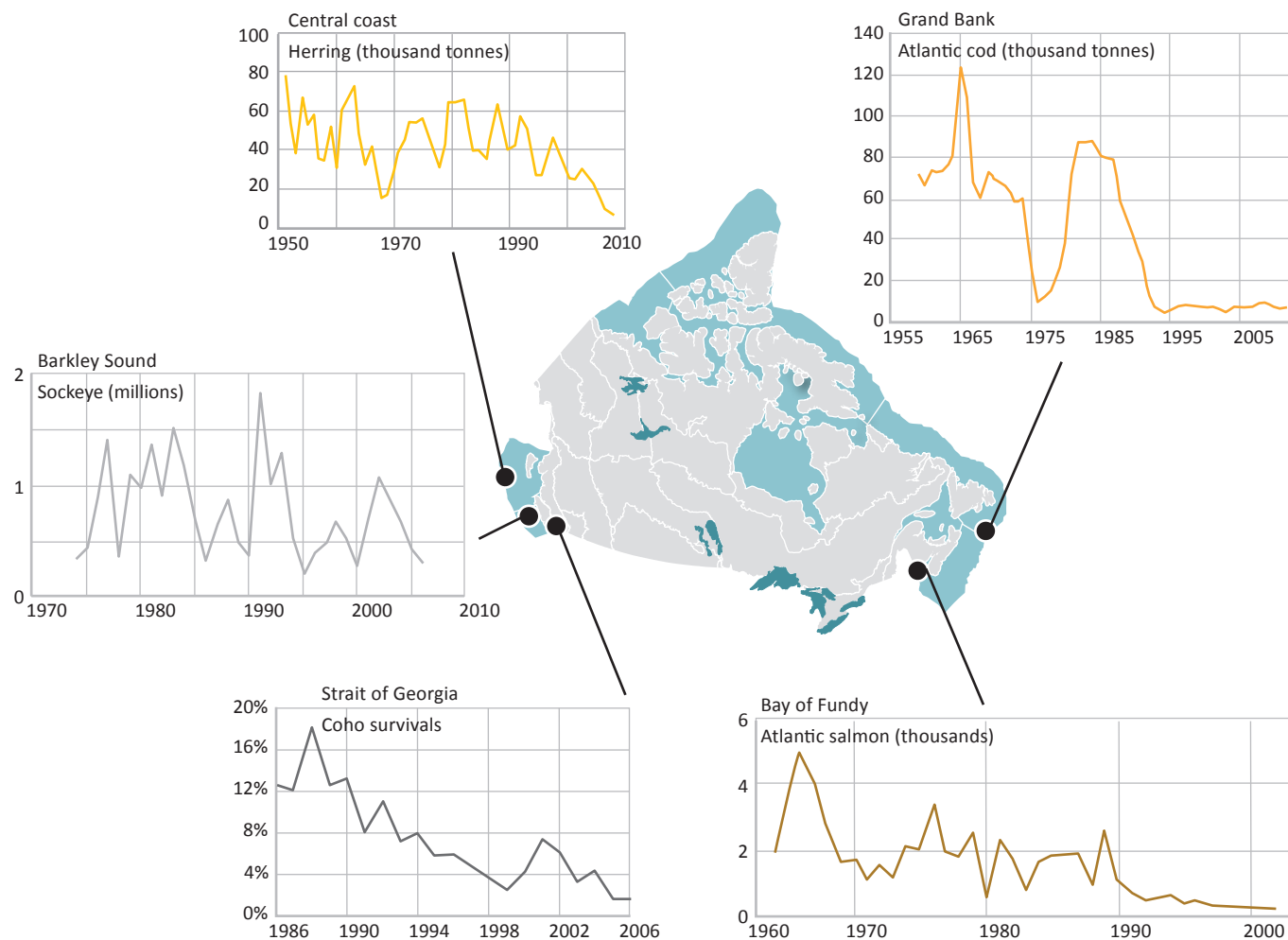
tardif, ce qui pourrait faire en sorte qu'un plus grand nombre de prédateurs migrateurs soient présents dans la région pendant une période plus longue chaque année (Pershing *et al.*, 2015).

L'industrie nationale de l'aquaculture fournit seulement 1,5 % de l'approvisionnement en fruits de mer des États-Unis, tandis que l'aquaculture étrangère fournit une proportion croissante, particulièrement de crevettes, de saumons, de tilapias et d'un éventail de mollusques (NOAA, 2007). Une expansion du secteur de l'aquaculture nord-américain est souhaitable mais entraîne des risques précis pour la santé et pour l'environnement qui doivent être atténués, notamment le risque de propagation de maladies aux poissons sauvages et l'augmentation des débris marins.

## Pêche en eau douce

Les pêches commerciales et récréatives sont très courantes partout en Amérique du Nord. Les poissons d'eau douce des rivières et des lacs constituent des aliments de subsistance pour certains Nord-Américains, et l'industrie de la pêche dans les Grands Lacs génère des recettes importantes (il est difficile d'obtenir une estimation exacte de la valeur globale de la pêche, mais elle se chiffre certainement dans les centaines de millions de dollars). La pollution, la surpêche et les espèces envahissantes ont modifié de façon drastique la biodiversité génétique de la faune piscicole des Grands Lacs : pendant les deux derniers siècles, 18 espèces indigènes sont disparues du pays, et plus de 61 espèces sont actuellement considérées comme étant menacées ou en voie de disparition (Commission des pêcheries des Grands Lacs, 2015). Parmi les menaces à long terme, mentionnons l'introduction possible de la terrible et vorace carpe asiatique dans le lac Supérieur, les impacts des changements climatiques et l'accumulation continue de microplastiques et d'autres particules dans la chaîne alimentaire. Une grande variété de poissons sont prélevés dans chaque lac à des fins commerciales. Par exemple, les statistiques de 2013 de la NOAA indiquent que les espèces mentionnées dans le **tableau 2.3.1** ont été pêchées avec succès dans le lac Érié, où la menace d'invasion de la carpe asiatique est plus immédiate.

Figure 2.3.4 : Tendances relatives à certaines espèces de poissons, 1950-2010



Source : gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada, 2010

La pêche récréative est aussi une industrie importante d'une valeur de plusieurs milliards de dollars partout en Amérique du Nord, même s'il y a des éléments qui portent à croire que l'intérêt pour cette activité diminue lentement, et la pêche récréative est généralement très réglementée au niveau des États et des provinces (Arlinghaus *et al.*, 2015).

Des menaces pour les rivières et les lacs comme les espèces envahissantes et la surpêche constituent un risque élevé pour nombre d'espèces de poissons. Selon le US Geological Survey, entre 1898 et 2010, 57 espèces et sous-espèces nord-américaines et trois populations uniques sont disparues (3,2 % de toutes les espèces connues); le taux d'extinction est estimé à 877 fois le taux d'extinction naturel à une échelle

de temps géologique (Burkhead, 2012). Il est évident que des efforts déterminés et une importante coordination des politiques sont nécessaires pour éviter des résultats négatifs graves pour la biodiversité des poissons en Amérique du Nord. La Commission des pêcheries des Grands Lacs est un exemple d'une telle coopération à l'égard des mesures à prendre.

### 2.3.7 Recherche

L'Amérique du Nord est clairement un chef de file mondial dans les sciences de la biodiversité, comme le montre un important réseau transnational. Le Centre de la science de la biodiversité du Québec, par exemple, compte maintenant plus de 110 chercheurs professionnels et plus de 700 étudiants de cycle supérieur et boursiers de recherche postdoctorale dans son réseau. Il existe des réseaux semblables partout sur le continent, et ils aident à susciter un débat public bien informé. La technologie moderne permet une cartographie très sophistiquée des écosystèmes, de la biodiversité, des espèces envahissantes et d'autres facteurs clés, qui peut être utilisée pour l'analyse des risques, la construction de corridors verts et d'autres impératifs. La collecte de données volumineuses et l'information communiquée permettront non seulement de poursuivre les efforts nord-américains, mais contribueront aussi à la compréhension mondiale de la conservation de la diversité biologique. La science citoyenne est aussi fortement encouragée dans le secteur de la biodiversité, et de nouvelles applications pour téléphone cellulaire font en sorte qu'il est plus facile pour les gens de signaler la présence d'animaux et d'identifier les espèces envahissantes.

Le Canada continue à héberger le secrétariat de la CDB, qui est l'organisation des Nations Unies responsable de la conservation de la diversité biologique. Nombre d'experts espèrent que les États-Unis se joindront à la CDB en tant que partie à la Convention au lieu de simplement maintenir leur position actuelle d'observateur. Toutefois, certains critiques soutiennent que les gouvernements se sont montrés réticents à s'engager entièrement dans la recherche et le développement requis pour faire avancer les sciences

Tableau 2.3.1 : Espèces pêchées avec succès dans le lac Érié, 2013

Nom de l'espèce	Livres de poissons capturés	Dollars US
Buffalo à grande bouche	379 084	194 116
Barbotte brune	50 796	14 623
Lotte	1 119	1 546
Carpe	402 925	109 089
Barbue de rivière	564 070	225 006
Malachigan	526 894	121 183
Alose à gésier	41 246	8 028
Cyprin doré	103 685	73 490
Grand corégone	63 940	95 729
Ménés	23 735	80 224
Couette	284 375	83 595
Crapet de roche	129	0
Achigan à petite bouche	111	0
Meuniers	28 790	3 613
Doré jaune	271	925
Bar blanc	741 959	420 384
Baret	659 216	225 392
Perchaude	1 547 199	2 973 980
<b>Total</b>	<b>5 419 544</b>	<b>4 630 923</b>

Source : NOAA, 2015c

de l'environnement et de la biodiversité. Par exemple, à la grande consternation des scientifiques partout au pays, le gouvernement fédéral canadien a retiré le financement destiné à la Région des lacs expérimentaux en Ontario, l'un des rares endroits sur Terre où les scientifiques pouvaient mener des recherches globales sur les écosystèmes lacustres. Le gouvernement de l'Ontario et l'Institut international pour le développement durable (IIDD) s'efforcent toutefois de maintenir cette région, et le gouvernement canadien élu récemment a promis de faire de nouveaux investissements



dans ce qu'on appelle maintenant la Région des lacs expérimentaux de l'IIDD (**encadré 2.6.1**).

### 2.3.8 Conclusion

Même si la conservation de la diversité biologique demeure un important défi dans le contexte nord-américain, il y a beaucoup de faits nouveaux favorables qui donnent de bonnes raisons d'avoir espoir. La sensibilisation du public est élevée, et le niveau d'expertise scientifique est peut-être sans pareil.

On reconnaît de plus en plus qu'il est nécessaire d'adopter une approche globale pour l'environnement et la santé humaine, telle qu'elle se reflète dans de nouveaux outils, comme l'approche Une santé. Le nombre et la taille des zones protégées sont en augmentation. L'agriculture biologique et l'agriculture urbaine sont toutes deux en expansion, ce qui ouvre de nouveaux espaces pour l'élaboration de politiques gouvernementales reposant sur des incitatifs.

Cependant, bon nombre d'espèces pourraient disparaître à plus long terme tandis que les contaminants, les changements d'utilisation des terres, les espèces envahissantes et les modifications des conditions climatiques continuent d'avoir des conséquences négatives sur la flore et la faune indigènes. Il existe d'authentiques préoccupations à l'égard du fait que les services écosystémiques actuellement tenus pour acquis, comme le traitement naturel des déchets et la fourniture de remèdes naturels pourraient à l'avenir atteindre des seuils de pression, notamment si l'infrastructure urbaine ne fait pas l'objet de travaux de modernisation considérables destinés à améliorer l'efficacité et l'efficacité. Bien qu'il existe un petit nombre d'exceptions qui sont porteuses d'avenir, nous ne répondons pas à la nécessité de réduire la fragmentation des habitats et d'établir une meilleure connectivité entre les zones protégées. Il est nécessaire de réviser les modes de vie et les méthodes de production en Amérique du Nord, dans le cadre d'une évolution vers une économie et une société post-industrielles.

## 2.4 Eau douce

### 2.4.1 Introduction aux questions liées à l'eau en Amérique du Nord

L'Amérique du Nord renferme 13,2 % des ressources en eau douce renouvelables mondiales (FAO, 2014). La plupart des collectivités en Amérique du Nord sont généralement reconnues comme ayant un accès sécuritaire et fiable à l'eau à un coût abordable, avec certaines exceptions dans des zones rurales et sur certaines terres tribales des États-Unis. Cependant, la sécurité de l'eau aux États-Unis et au Canada est actuellement assez élevée grâce à l'infrastructure et aux méthodes de traitement disponibles pour atténuer les effets de la variation des débits et de la pollution (Vörösmarty *et al.*, 2010). La qualité relativement élevée de l'eau en Amérique du Nord contribue à une santé publique relativement bonne, et les Nord-Américains affichent parmi les taux de maladies hydriques les plus faibles au monde. Il existe certaines zones de la région dans lesquelles la sécurité et la fiabilité des sources d'eau potable sont menacées, notamment dans les communautés rurales dépendant d'aquifères peu profonds qui sont de plus en plus contaminés par les nitrates et dans bon nombre de communautés autochtones du Canada (Daley *et al.*, 2015, CAC, 2013, CAC, 2014). L'approvisionnement à long terme en eau douce durable pour l'irrigation, l'industrie et les utilisations municipales est aussi miné par la dépendance à l'égard de sources d'eau souterraine qui s'épuisent et deviennent contaminées et par l'augmentation des menaces dues à la sécheresse et à la rareté de l'eau dans les régions arides.

En Amérique du Nord, on utilise beaucoup plus d'eau par personne que dans d'autres régions du globe, bien que certaines tendances récentes indiquent que les prélèvements d'eau déclinent, même avec la croissance de la population et la croissance économique. La perception moyenne entretenue par les Nord-Américains au sujet de la sécurité de l'eau a été améliorée par la couverture médiatique sur le déplacement des sécheresses vers le sud et l'ouest des États-Unis au cours de la dernière décennie. Des pans de

## Messages clés : Eau douce

La plupart des collectivités d'Amérique du Nord, malgré quelques exceptions, sont généralement reconnues comme ayant un accès sécuritaire et fiable à l'eau, à un coût abordable.

- La réglementation qui est entrée en vigueur en Amérique du Nord au début des années 1970 s'est traduite par un contrôle efficace de la pollution des eaux de surface provenant de sources ponctuelles et par la livraison d'eau potable sécuritaire à la plupart des collectivités de la région.
- Tandis que la qualité de l'eau potable est généralement bonne, certaines infrastructures liées à l'eau potable sont vieillissantes et nécessitent des investissements. Les tendances négatives sont principalement le résultat de la dégradation des infrastructures et d'une piètre gouvernance. Des incidents isolés concernant la qualité de l'eau menacent la santé humaine, dans certains cas de façon aiguë.
- La sécurité de l'eau au Canada et aux États-Unis est généralement assez élevée grâce à l'infrastructure et aux installations de traitement disponibles pour atténuer les effets de la variation des débits et de la pollution.
- Cependant, l'approvisionnement à long terme en eau douce durable pour l'irrigation, l'industrie et les utilisations municipales est miné par la dépendance à l'égard de sources d'eau souterraine qui s'épuisent et deviennent contaminées et par l'augmentation des menaces dues à la sécheresse et à la pénurie d'eau dans les régions arides.
- Dans certaines zones, des problèmes de contamination de l'eau douce qui sont hérités du passé, persistants et émergents se perpétuent du fait des activités historiques et en cours, dont le ruissellement diffus d'éléments nutritifs et les nouvelles activités industrielles.
- Les pêches en eau douce sont bien réglementées dans la région des Grands Lacs et font généralement l'objet de contrôles en Amérique du Nord, mais sont confrontées à des enjeux dus à des facteurs comme les changements climatiques, la pression exercée par la population et la pollution.

l'économie agricole, notamment à l'ouest du 100<sup>e</sup> méridien, dépendent de prélèvements d'eau non durables dans des aquifères anciens et lents à recharger et de réseaux d'eau de surface qui s'épuisent de plus en plus. L'appauvrissement des aquifères réduit également le débit de base dans les cours d'eau pérennes, ce qui entraîne la dégradation de réseaux aquatiques d'eau douce importants. Les quantités et les taux de recharge des eaux souterraines demeurent mal compris, ce qui amoindrit nos capacités d'assurer une utilisation durable de l'eau et d'éviter la contamination de cette importante source d'eau. Dans le sud-ouest des

États-Unis, les collectivités sont également fortement dépendantes des réservoirs de stockage, qui sont vulnérables à la contamination associée à l'aménagement de bassins versants et à l'évaporation induite par les changements climatiques.

Les projections nous montrent que les disparités entre la demande et l'approvisionnement deviendront plus marquées avec la croissance de la population, l'augmentation des aspirations d'ordre économique et les changements climatiques. Des conséquences économiques et pour la

sécurité alimentaire semblables s'étendent partout à travers le monde.

La plupart des problèmes concernant la qualité de l'eau en Amérique du Nord ont une incidence sur la vie aquatique et les utilisations récréatives des eaux de surface (voir l'encadré 2.4.1), bien que l'on se préoccupe aussi de plus en plus de la contamination des ressources souterraines associée aux activités de l'industrie du pétrole et du gaz. Les polluants issus de sources diffuses, en particulier les éléments nutritifs, demeurent la plus importante source de polluants en Amérique du Nord et contribuent à la dégradation de zones côtières importantes comme le golfe du Mexique et la baie Chesapeake.

## 2.4.2 Quantité d'eau

La répartition des ressources en eau douce en Amérique du Nord n'est pas uniforme. Généralement, les régions de l'Ouest et du Grand Nord sont assez arides et présentent

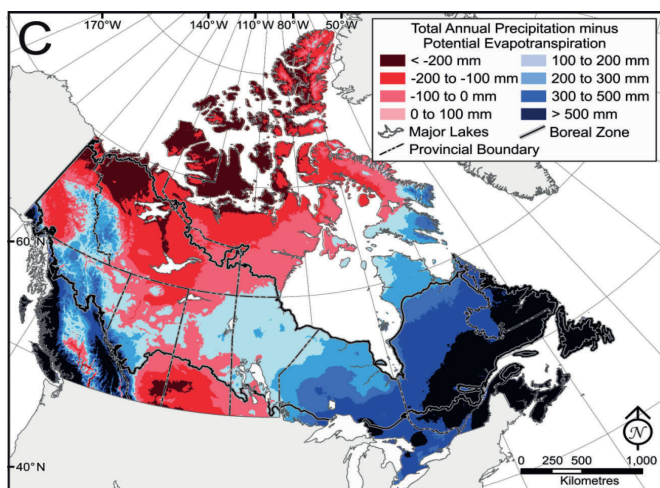
davantage d'évapotranspiration qu'elles ne reçoivent de précipitations (figures 2.4.1a et 2.4.1b). Les zones côtières de la région sont généralement plus humides, comme dans la plus grande moitié la plus à l'est de la région. Les problèmes associés à l'eau auxquels on fait face en Amérique du Nord varient donc également entre les régions.

## Utilisation de l'eau et prélèvements

Environ 500 milliards de mètres cubes d'eau sont prélevés chaque année dans les rivières et lacs d'Amérique du Nord, ainsi que dans les eaux souterraines (EC, 2015d; Maupin *et al.*, 2010). Les Nord-Américains utilisent plus d'eau par personne que les habitants de toute autre région du globe

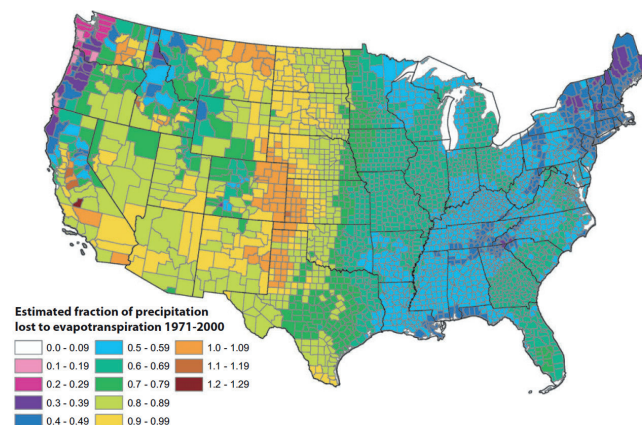
(PNUE, 2012). Cependant, l'Amérique du Nord a fait des progrès quant à l'utilisation de l'eau grâce à des améliorations de l'efficacité, des efforts de conservation et des changements technologiques propres à certains secteurs.

Figure 2.4.1a : Précipitations annuelles totales au Canada moins l'évapotranspiration potentielle, 1971-2000



Source: Webster *et al.* 2015

Figure 2.4.1b : Précipitations annuelles totales aux États-Unis moins l'évapotranspiration potentielle, 1971-2000



Source : Sanford et Selnick, 2012

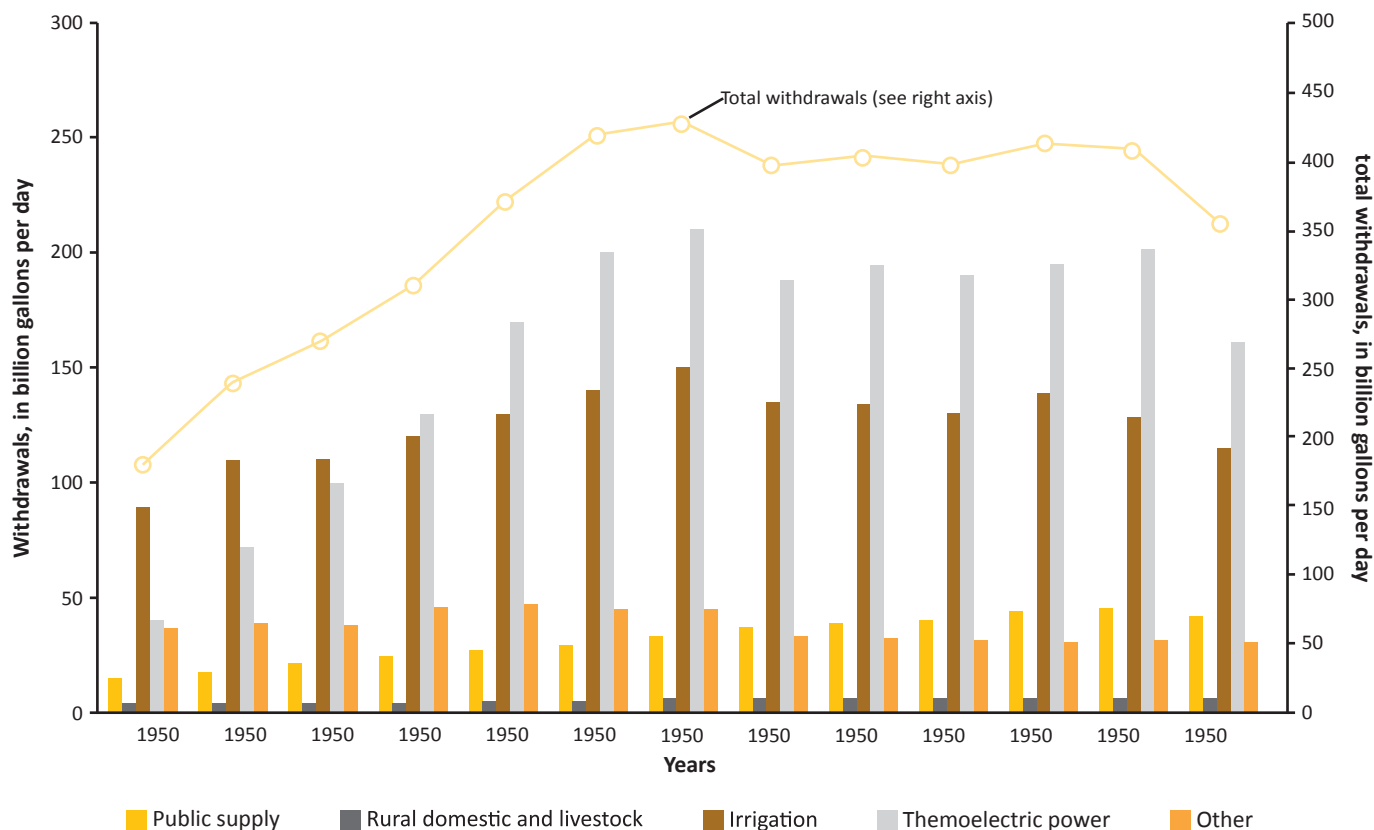
Aux États-Unis, les prélèvements d'eau totaux ont décliné de 13 % entre 2005 et 2010, suivant une période relativement stable entre 1985 et 2005, les réductions de l'utilisation de l'eau les plus importantes concernant l'alimentation en énergie thermoélectrique, l'irrigation, l'approvisionnement municipal et l'industrie (Maupin *et al.*, 2010; **figure 2.4.3**).

Une situation semblable a été enregistrée durant la même période au Canada, avec des prélèvements totaux ayant décliné de 7 % (Environnement Canada, 2015d; **figure 2.4.4**). Au Canada, la plus grande partie de la réduction était

associée à des diminutions de la production manufacturière entre 2005 et 2009.

La plus forte augmentation des prélèvements aux États-Unis, soit 39 % entre 2005 et 2010, était enregistrée par le secteur minier, notamment par de fortes augmentations de l'utilisation de l'eau pour l'extraction du pétrole et du gaz. Cette tendance s'est poursuivie depuis 2010 avec l'expansion récente de la technologie de la fracturation hydraulique utilisée pour forer des puits horizontaux. Bien que l'utilisation totale d'eau nécessaire pour la fracturation hydraulique varie

Figure 2.4.3 : Prélèvements d'eau de toutes les sources aux États-Unis, 1950-201

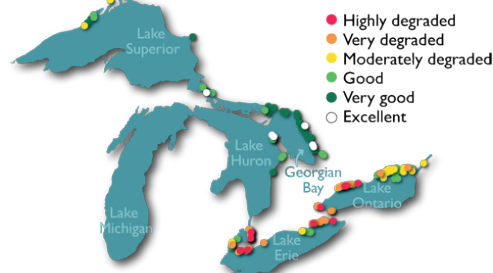


Source : USGS, 2012

## Encadré 2.4.1 : Indice de la qualité de l'eau des Grands Lacs au Canada, 2014

Les plus importantes ressources en eau douce de la région sont les Grands Lacs, dont la gestion est partagée entre le Canada et les États-Unis. Le Traité des eaux limitrophes de 1909 renferme des principes pour l'utilisation des eaux partagées entre le Canada et les États-Unis et préside à la création d'une Commission mixte internationale (CMI) pour aider à prévenir et à résoudre les différends relatifs aux ressources en eau et à l'environnement entre les deux pays par la mise en place de processus permettant de rechercher un intérêt commun entre les deux parties. En vertu du traité, la construction d'un projet qui a une incidence sur le niveau et l'écoulement naturels de l'eau à travers la frontière doit être approuvée par les deux gouvernements responsables et par la CMI. Autrement, les deux gouvernements fédéraux peuvent conclure des ententes distinctes concernant ces projets. Le traité permet également aux gouvernements de renvoyer les questions préoccupantes qui concernent les zones situées le long de la frontière devant la commission aux fins d'enquêtes et de rapports; cependant, les rapports de la CMI sont des avis et ne sont pas contraignants pour les gouvernements (CMI, 2015). La CMI appuie aussi un certain nombre d'initiatives liées à la qualité et à la gestion de l'eau, y compris l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs de 2012 et l'initiative internationale sur les bassins hydrographiques. En raison de la taille des Grands Lacs, des réductions de la charge en polluants peuvent prendre des années avant de se traduire par des améliorations mesurables de la qualité de l'eau. En outre, les Grands Lacs, comme bon nombre d'étendues d'eau en Amérique du Nord, continuent d'être menacés par des polluants légués du passé qui sont toujours décelables à de faibles concentrations dans les eaux du large des Grands Lacs, malgré les efforts déployés pour les réduire dans le bassin versant. En tant qu'indicateurs de la qualité de l'eau, les concentrations de produits chimiques toxiques sont considérées comme étant modérées, mais l'on ne pouvait pas déterminer de tendances globales en raison d'une combinaison de la réduction des concentrations de certains produits chimiques hérités (p. ex. les composés organochlorés) et des tendances mixtes affichées par d'autres composés (p. ex., les hydrocarbures aromatiques polycycliques; pesticides d'usage courant; mercure total) (EC et USEPA, 2014). Les concentrations de contaminants chez les poissons et les oiseaux aquatiques affichaient aussi des tendances variables. Par exemple, les concentrations de mercure total chez les poissons, bien qu'encore en deçà des lignes directrices de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs de 1987, semblent être à la hausse dans certains des Grands Lacs. Inversement, les concentrations de penta-PBDE dépassent les valeurs établies dans les lignes directrices sur la qualité de l'environnement du gouvernement fédéral, mais semblent être en déclin. Les teneurs en BPC chez les poissons dépassent les valeurs établies dans les lignes directrices de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs de 1987. Les concentrations de certains pesticides et de produits connexes maintenant interdits (p. ex., DDT, DDE) dans les œufs des goélands argentés ont diminué par rapport aux concentrations relevées durant les années 1970 et 1980, mais certains autres contaminants n'affichent aucune tendance (EC et USEPA, 2014). US EPA 2014).

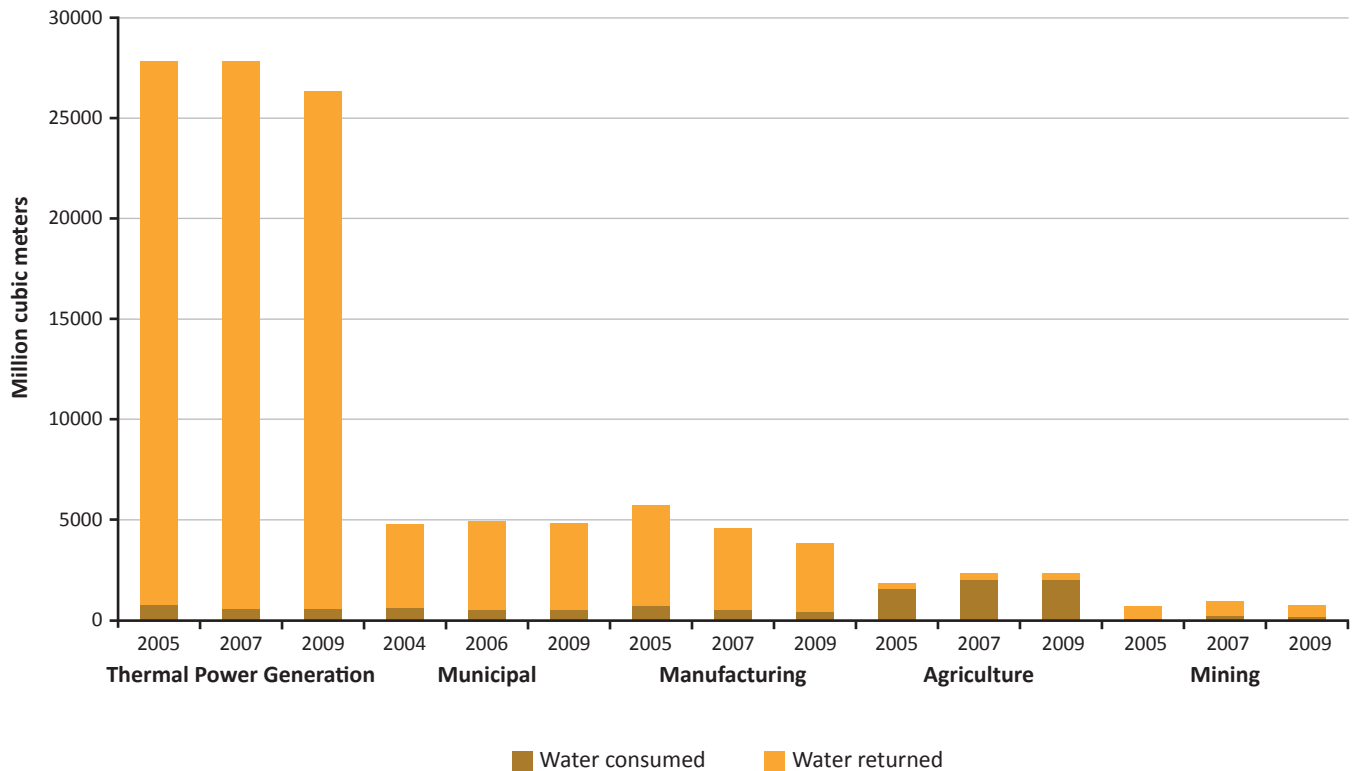
Figure 2.4.2 : Indice de la qualité de l'eau des Grands Lacs au Canada, 2014



Source : gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada, 2010



Figure 2.4.4 : Prélèvements d'eau au Canada, en 2005, 2007 et 2009

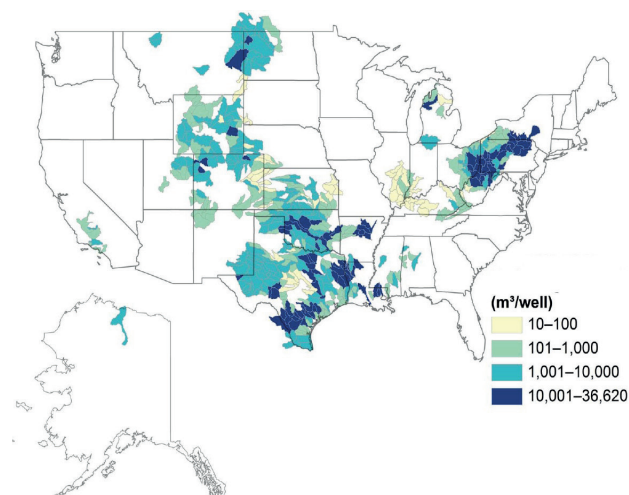


Source : Environnement Canada, Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement, 2012

de façon très importante à travers les États-Unis, allant de moins de 100 à plus de 30 000 mètres cubes par puits (figure 2.4.5; Gallegos *et al.*, 2015; Wade *et al.*, 2015), le volume d'eau médian utilisé pour forer des puits de pétrole et de gaz horizontaux est passé de 670 à plus de 15 000 mètres cubes par puits entre 2000 et 2014. Les études menées par Nicot et Scanlon (2012) ont permis de quantifier l'utilisation de l'eau pour la fracturation hydraulique au Texas par zone de schiste, et les auteurs ont constaté que cette utilisation était croissante et devrait, selon les prévisions, continuer à augmenter jusqu'à environ 2020. Cependant, les auteurs laissent entendre que des eaux saumâtres remplaceront l'eau douce avec le temps.

Tandis que le Canada établit des statistiques distinctes pour les prélèvements d'eau et la consommation d'eau, la collecte de données sur la consommation aux États-Unis est compliquée par bon nombre de facteurs, y compris le type d'utilisation, des facteurs liés à la production de rapports, des facteurs climatiques et météorologiques temporels et l'emplacement géographique. La distinction est importante, car les impacts de l'utilisation consommatrice de l'eau – la portion de l'utilisation de l'eau qui n'est pas répartie à d'autres unités économiques et ne retourne pas dans l'environnement – sont notablement différents des impacts des prélèvements d'eau et du retour dans l'environnement. En 2009, l'utilisation consommatrice d'eau

Figure 2.4.5 : Utilisation d'eau pour la fracturation aux États-Unis, 2011-2014



Source : USGS, 2016

au Canada représentait moins de 10 % des prélèvements d'eau totaux. Fait important, un rapport récent rédigé par l'Electric Power Research Institute (EPRI) (March *et al.*, 2014) présentait de nouveaux algorithmes permettant de prévoir la consommation d'eau douce dans les secteurs de l'alimentation en énergie thermoélectrique, municipaux et agricoles aux États-Unis; ces secteurs rendaient compte de 90 % des prélèvements d'eau douce du pays. Parmi les zones affichant les volumes d'eau consommée les plus élevés figurent la Californie, l'est du pacifique Nord-Ouest, la région du bas Colorado et des parties de la région sus-jacente à l'aquifère (Nouveau-Mexique, Texas et Ocklahoma) des hautes plaines du Sud (Ogallala).

Le volume total de la consommation calculé (**tableau 2.4.1**) s'élevait à 79 800 millions de gallons par jour, soit 23 % des prélèvements totaux, et peut approcher 455 millions de mètres cubes par jour lorsqu'on inclut les pertes par évaporation dans l'adduction d'eau.

Tableau 2.4.1 : Résumé des prélèvements d'eau et de la consommation dans tous les grands secteurs aux États-Unis, en 2005

Catégorie de l'utilisation de l'eau, 2005	Source de données (prélèvement)	Prélèvement (en millions de mètres cubes par jour)	Consommation (en million de mètres cubes par jour)	Consommation (% des prélèvements)
Approvisionnement public et approvisionnement autonome	USGS, Kenny <i>et al.</i> , 2009	213,70	89,91	27,5
Irrigation	USGS, Kenny <i>et al.</i> , 2009	581,90	216,85	37,3
Énergie thermoélectrique (passage unique)	EPRI, 2014	611,90	5,46	0,9
Énergie thermoélectrique (recirculation)	EPRI, 2014	23,60	12,55	53,0
Bétail	USGS, Kenny <i>et al.</i> , 2009	9,66	5,61	58,0
Industries	USGS, Kenny <i>et al.</i> , 2009	76,89	11,53	15,0
Secteur minier	USGS, Kenny <i>et al.</i> , 2009	10,41	2,81	27,0
Aquaculture	USGS, Kenny <i>et al.</i> , 2009	36,61	18,31	50,0
Total sans les pertes liées à l'adduction d'eau pour l'irrigation	Calculé, EPRI, 2014	1 564,77	363,02	23,2

Le secteur thermoélectrique est celui qui prélève le plus grand volume d'eau dans la région. Bon nombre de centrales électriques construites avant 1980 utilisent un système de refroidissement à passage unique qui demande beaucoup plus d'eau que les circuits de recirculation ou les systèmes de refroidissement à sec qui sont plus fréquemment utilisés dans les centrales construites plus récemment (US EIA, 2014). La plupart des nouvelles centrales utilisent la recirculation (qui est prédominante) ou le refroidissement à sec plutôt que le refroidissement à passage unique. La construction de circuits de recirculation a atteint un pic entre 2000 et 2004 (US EIA, 2014). Ces tendances, de pair avec le passage à des sources d'énergie renouvelable utilisant peu ou pas d'eau, aident à réduire l'utilisation consommatrice d'eau dans la production d'énergie. Dans un rapport plus récent élaboré par Torcellini (National Renewable Energy Laboratory, 2003), l'auteur estimait que l'ensemble de l'eau qui s'évaporait dans les centrales thermoélectriques se situait entre 1,7 et 68 litres par kilowattheure, avec 7,6 litres pondérés par kilowattheure évaporés aux centrales hydroélectriques (Electric Power Research Institute, 2014). Par rapport aux réseaux des rivières à écoulement libre, les augmentations de l'évaporation pour les réseaux lacustres sont considérables, notamment pour les lacs qui se trouvent dans des régions arides comme le lac Mead et le lac Powell (Torcellini *et al.*, 2003). Cette analyse ne comprenait pas les occurrences de sécheresses qui ont été enregistrées durant les quatre dernières années en Californie, au Texas et dans le sud-ouest désertique (entre 2011 et 2015 approximativement).

Le secteur agricole est celui qui fait la plus grande utilisation consommatrice d'eau. Bien que les prélèvements pour l'irrigation aient décliné dans la région en raison du passage à des systèmes de distribution d'eau plus efficaces, l'utilisation consommatrice d'eau dans le secteur agricole a augmenté durant la même période au Canada, et les experts estiment qu'elle a vraisemblablement aussi augmenté aux États-Unis.

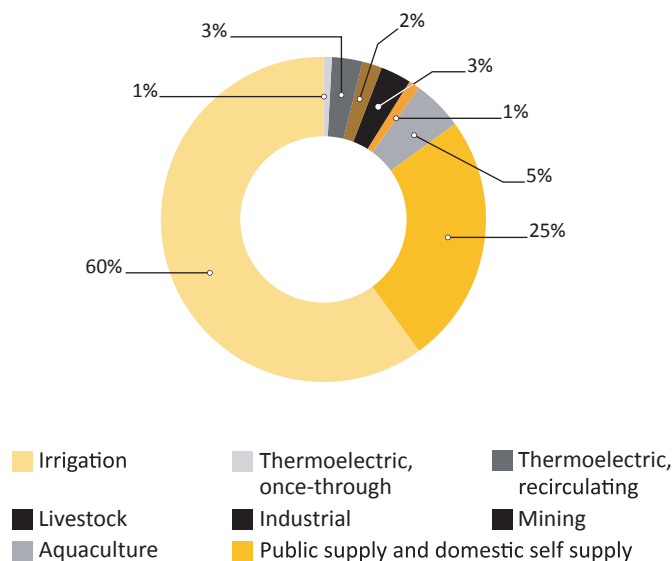
L'utilisation de technologies d'irrigation économes en eau, par exemple l'irrigation par arroseurs au lieu de l'irrigation par submersion, entraîne une augmentation de l'utilisation

consommatrice de l'eau en raison d'une augmentation des pertes par évapotranspiration (EC, 2015; prélèvements d'eau et consommation par secteur; voir la **figure 2.4.6**).

La proportion d'eau prélevée dans les eaux souterraines, comparativement à la proportion prélevée dans les eaux de surface, a augmenté de façon marquée en Amérique du Nord au cours des dernières années. Les États-Unis ont pompé environ 1 320 milliards de mètres cubes par année dans les eaux souterraines pour l'eau potable, l'irrigation et des utilisations industrielles (Kenny *et al.*, 2009 cité dans DeSimone *et al.*, 2014).

En fait, les eaux souterraines fournissent le tiers de l'eau utilisée pour l'approvisionnement public, une proportion qui a augmenté d'un facteur de quatre depuis 1955 (DeSimone

Figure 2.4.6 : Consommation d'eau par secteur aux États-Unis, 2005-2009



Source: EPRI 2014

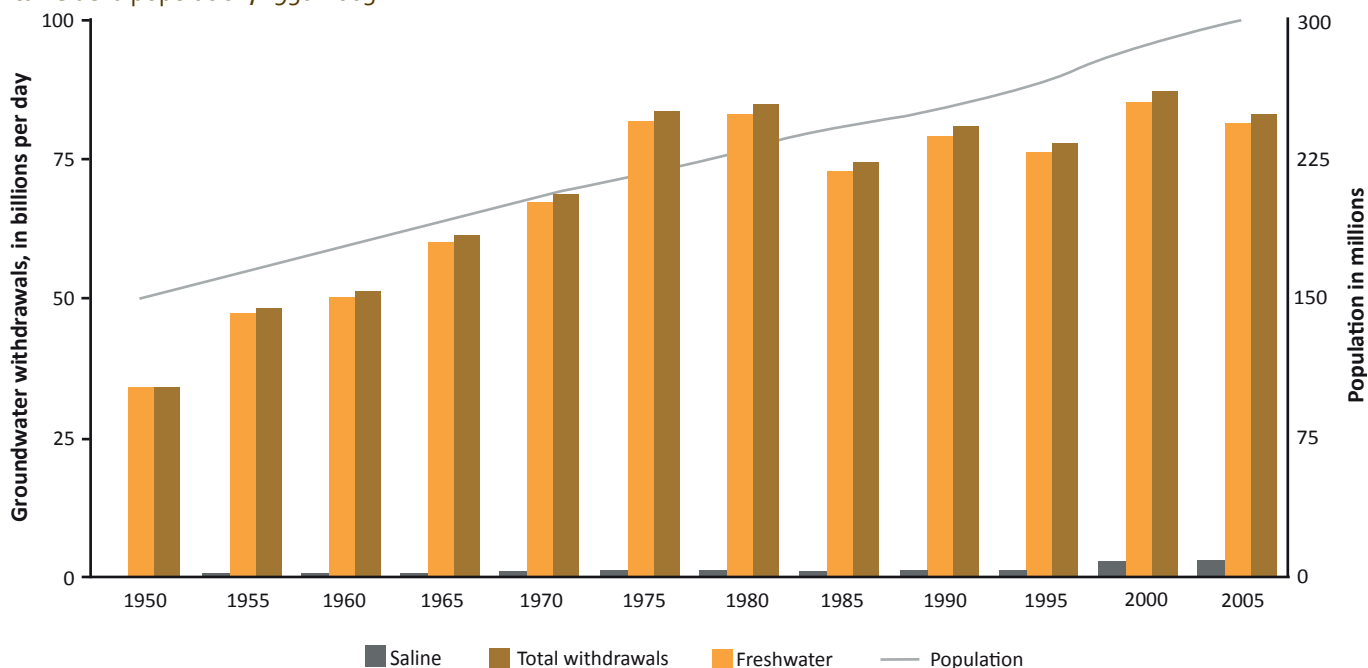
et al., 2014); les eaux souterraines sont aussi utilisées pour approvisionner des propriétaires d'habitations dans bon nombre de régions rurales du pays. Au Canada, les données sur l'utilisation des eaux souterraines sont limitées et dépassées; des estimations effectuées depuis le milieu des années 1990 donnent à penser que ces données rendent compte d'environ 4 % de l'utilisation de l'eau douce au Canada, soit environ le double de la part qui était enregistrée une décennie plus tôt (CAC, 2009). Au moins 150 millions de personnes aux États-Unis et 10 millions au Canada, soit presque la moitié de la population de l'Amérique du Nord, ainsi que la plupart des personnes qui

vivent en zone rurale dépendent des eaux souterraines pour la consommation et d'autres utilisations domestiques (CAC, 2009, Kenny et al., 2009; DeSimone et al., 2014; **figure 2.4.7**). Les niveaux des grands aquifères dans certaines régions agricoles parmi les plus importantes, y compris la vallée centrale de la Californie et l'ensemble du Midwest, diminuent en raison des prélèvements qui dépassent les capacités de recharge (Famiglietti et Rodell, 2013).

## Sécheresse

La demande en eau dépasse les possibilités d'un approvisionnement durable dans les zones arides de

Figure 2.4.7 : Captage d'eau souterraine pour l'approvisionnement public et domestique aux États-Unis, en fonction de la taille de la population, 1950-2005

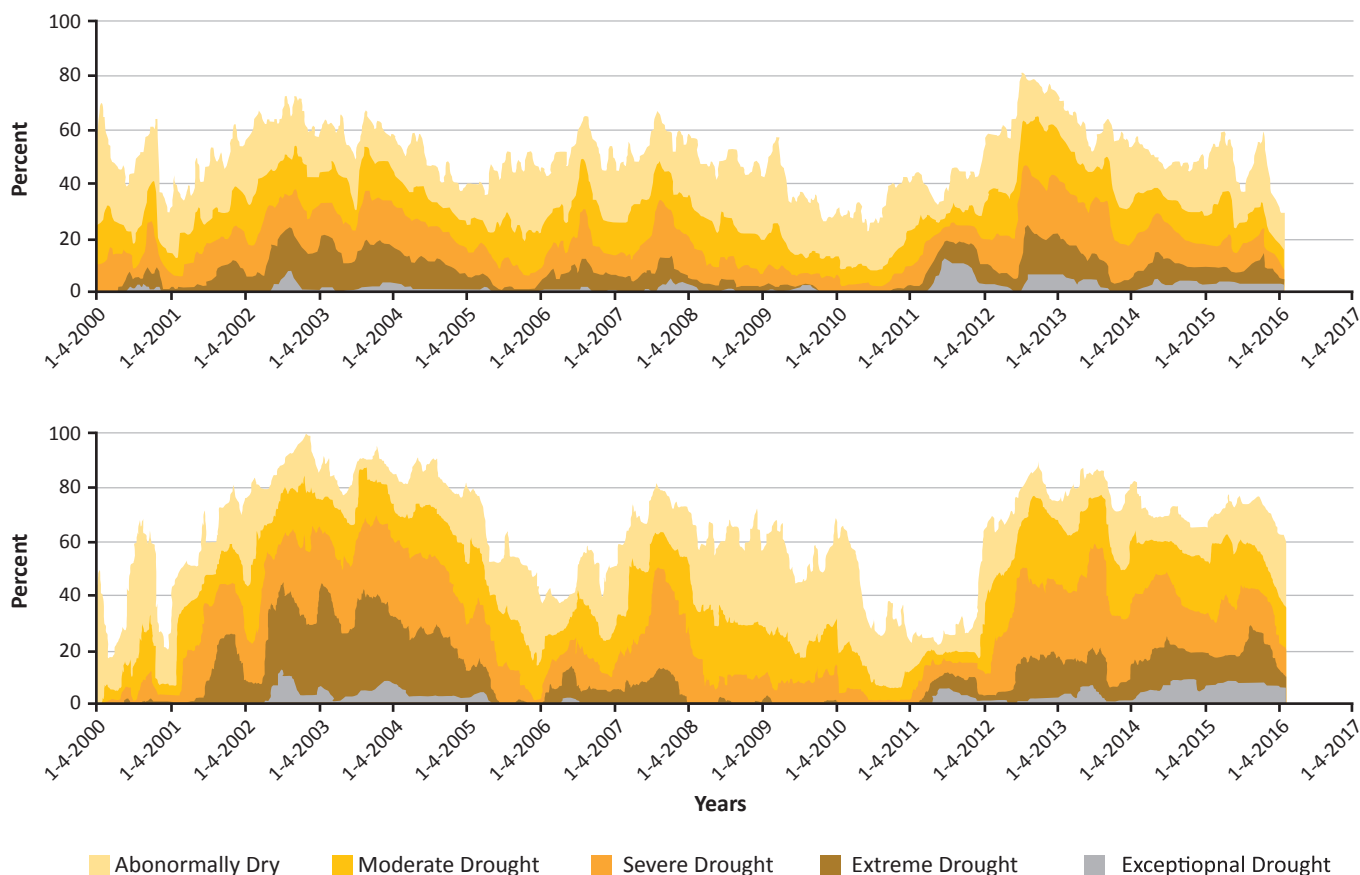


Le volume d'eaux souterraines captées pour l'approvisionnement public a quadruplé au cours des 60 dernières années, tandis que la population des États-Unis a presque doublé. Source : Adapté de Kenny et al., 2009

l'ouest de l'Amérique du Nord et, à certains moments, dans les régions de l'est et du centre des États-Unis, ce qui entraîne l'exploitation des aquifères, la fragmentation et la régulation de la plupart des rivières de l'ouest par l'installation de barrages et une vulnérabilité à la sécheresse des communautés urbaines et rurales. Une sécheresse extrême a récemment été enregistrée dans une grande partie de l'ouest de l'Amérique du Nord (Howitt *et al.*,

2015; **figures 2.4.8 et 2.4.9**). Les coûts des sécheresses pour l'être humain et pour l'environnement comprennent la surexploitation des eaux souterraines qui a des impacts à long terme sur la résilience de l'approvisionnement en eau et qui peut aussi avoir des effets négatifs à long terme sur la production agricole, les écosystèmes aquatiques et terrestres et l'activité économique, et s'accompagner d'une augmentation des poussières et des polluants

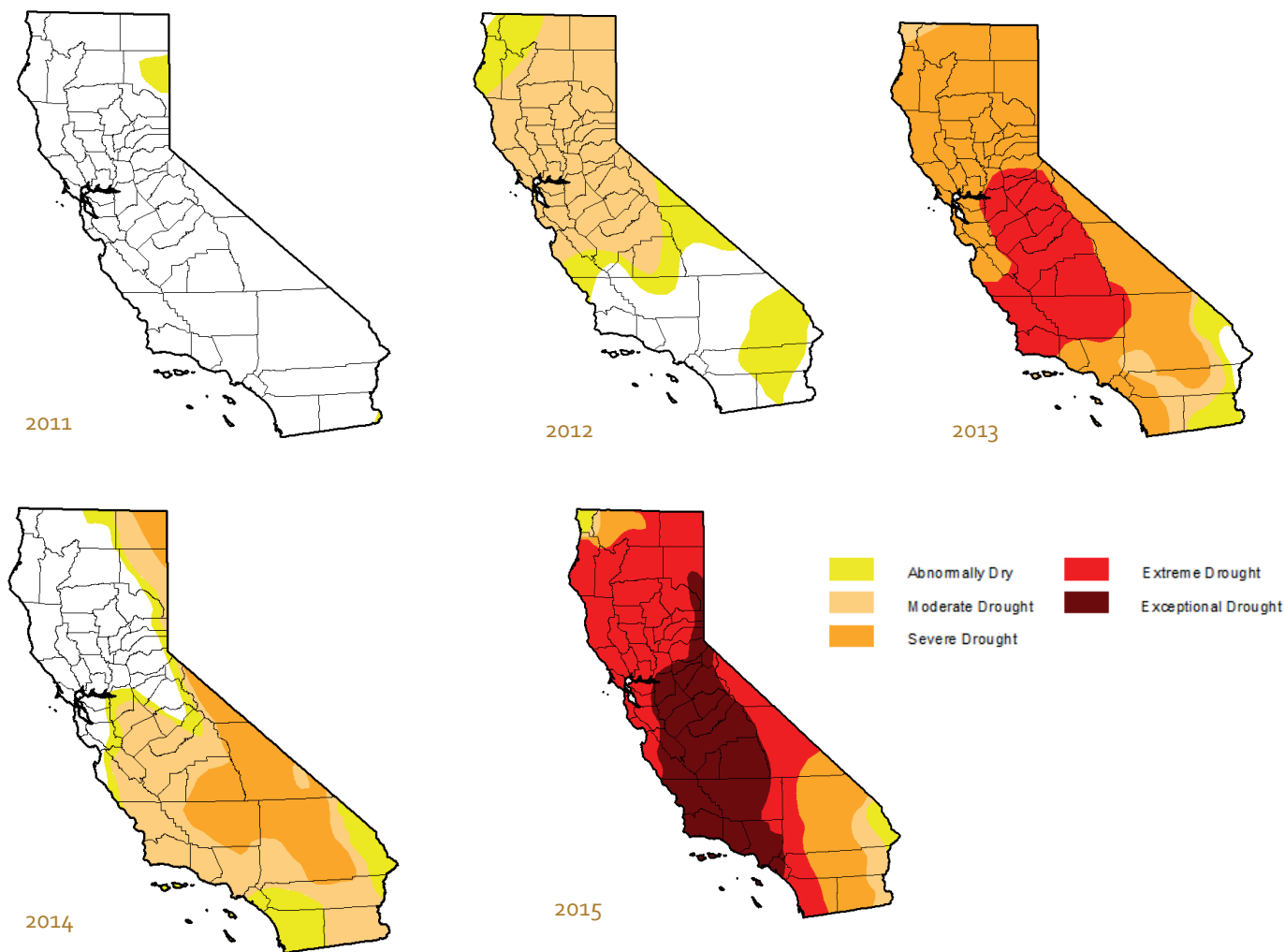
Figure 2.4.8 : Comparaison des sécheresses dans la partie continentale des États-Unis (en haut) et dans la région climatique de la NOAA (en bas), 2000-2015



Source : National Drought Mitigation Centre, 2016



Figure 2.4.9 : Niveau de sécheresse atteint en Californie à la première semaine de janvier, 2011- 2015



Source : National Drought Mitigation Centre, 2016

atmosphériques (Borsa, 2014; Garfin *et al.*, 2014; Famiglietti, 2013; Williams, 2010). Des sécheresses prolongées ont également entraîné l'assèchement de réservoirs en Californie et dans d'autres régions de l'ouest des États-Unis, ce qui

menace la production d'énergie, les approvisionnements en eau municipaux, la recharge des eaux souterraines, l'agriculture et les écosystèmes fluviaux. Des dommages concurrents dans les bassins versants, incluant la mortalité

d'arbres et les incendies, ont encore davantage contribué à endommager les réservoirs et les écosystèmes lacustres et fluviaux ainsi que l'approvisionnement en eau (McDowel *et al.*, 2013; Williams *et al.*, 2010).

Dans l'ouest de l'Amérique du Nord, les sécheresses surviennent à répétition et peuvent durer bon nombre d'années, les résidents qui se trouvent à l'extrémité inférieure du spectre économique étant souvent les plus durement touchés par les impacts (Garfin *et al.*, 2014). On estime que la sécheresse récente a coûté à l'économie californienne environ 2,74 milliards de dollars américains, un montant dont la plus grande partie revient au secteur agricole (Howitt *et al.*, 2015). En réalité, certains producteurs agricoles de l'ouest des États-Unis ont commencé à passer à des méthodes de culture plus économes en eau.

On prévoit que les sécheresses se produiront plus souvent du fait des changements climatiques associés à des hausses de températures, des augmentations de l'évaporation et des changements du régime des précipitations. Bien que, dans certaines zones, les augmentations des précipitations pourraient conduire à une disponibilité de l'eau accrue, dans d'autres zones, des augmentations modestes des précipitations seront compensées par des baisses du débit des cours d'eau en raison de la hausse des températures. Dans les parties les plus arides de l'ouest des États-Unis, les précipitations devaient, selon les prévisions, diminuer tandis que les températures augmenteraient, ce qui se traduira par des réductions prévues de la disponibilité de l'eau (Jardine *et al.*, 2013).

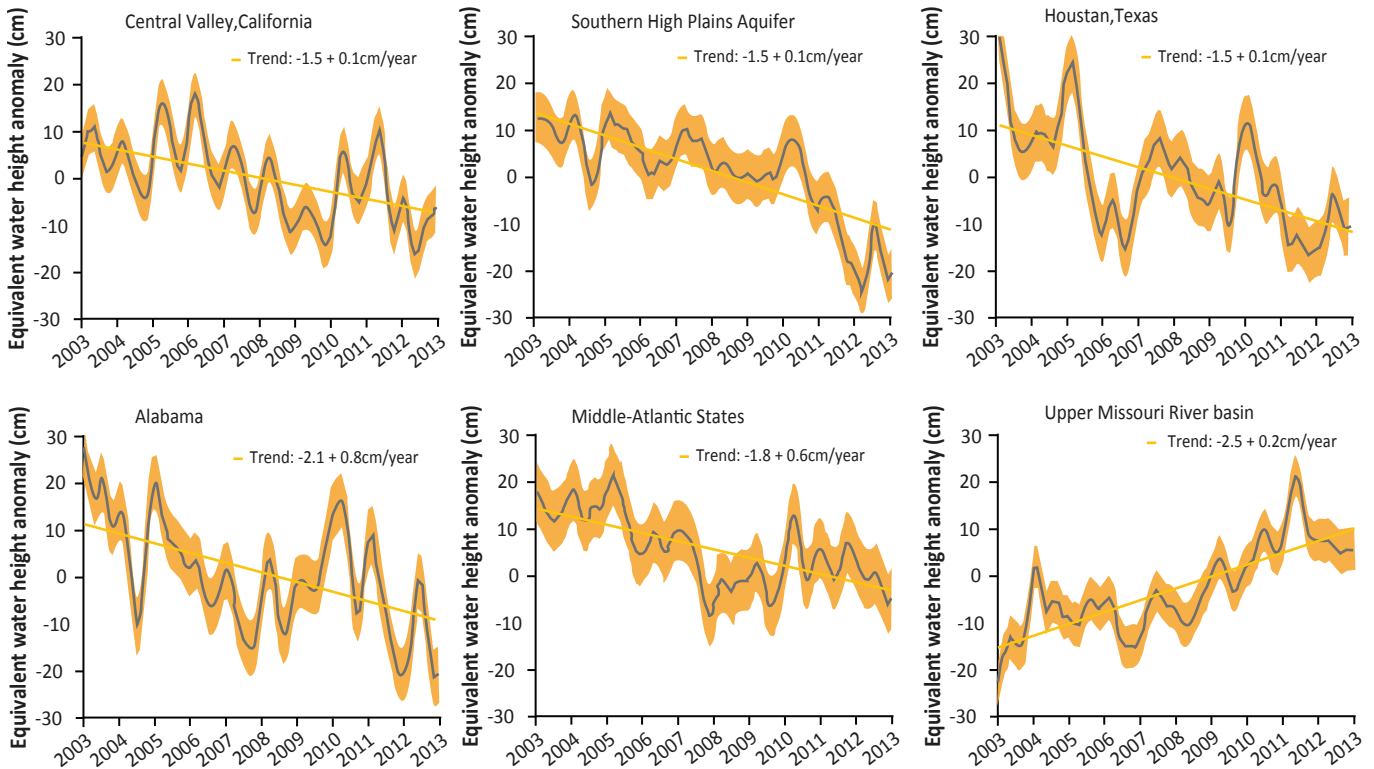
Le bassin versant du fleuve Colorado est l'un des réseaux fluviaux les plus menacés par les changements climatiques. Le fleuve de 1 400 milles de longueur, qui s'écoule des altitudes élevées du centre des montagnes Rocheuses jusqu'à son delta, au Mexique, offre des ressources en eau essentielles à sept États de l'ouest. Dans ce bassin versant, l'eau est généralement stockée dans des réservoirs durant la période du ruissellement printanier et est utilisée

principalement pour l'irrigation à la fin de l'été et au début de l'automne. Les changements climatiques menacent de réduire de 8,5 % le ruissellement annuel dans le bassin et de faire passer le régime dominé par des chutes de neige à un régime dominé par la pluie. Ces changements devraient, d'après les projections, se traduire par une augmentation de l'évaporation et la nécessité de mettre en place une infrastructure supplémentaire pour gérer le ruissellement en hiver et au printemps (Mankin *et al.*, 2015).

Le programme Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) mené par la National Aeronautics and Space Administration (NASA) a amélioré considérablement sa capacité de mesurer par satellite les changements nets des aquifères au fil du temps et constitue un excellent exemple de l'utilisation de nouveaux outils de collecte et d'analyse de données à l'appui de la gestion de l'environnement (Famiglietti et Rodell, 2013). Le programme GRACE a démontré comment de grands aquifères, que l'on trouve dans certaines des régions agricoles les plus essentielles en Amérique du Nord, y compris la vallée centrale de la Californie et les hautes plaines du Sud (Ogallala) ont diminué de taille entre 2003 et 2012 en raison des taux d'extraction qui dépassaient les taux de recharge (**figure 2.4.10**; Famiglietti et Rodell, 2013).

En 2009, au Canada, il existait des menaces élevées pour la disponibilité de l'eau dans des parties du sud de l'Ontario, du sud de l'Alberta, du sud de la Saskatchewan, du sud-ouest du Manitoba et de la vallée de l'Okanagan, en Colombie-Britannique. Une menace élevée pour la disponibilité de l'eau signifie que plus de 40 % de l'eau des rivières est prélevée aux fins de consommation humaine. La menace allait de modérée à moyenne dans certaines parties du sud de l'Alberta et du sud-ouest du Manitoba, où 10 à 40 % de l'eau des rivières était prélevée aux fins de consommation humaine. La menace pour la disponibilité de l'eau était faible dans le reste du Canada, car moins de 10 % de l'eau des rivières dans ces zones était prélevée aux fins de consommation humaine (voir également l'**encadré 2.4.2**).

Figure 2.4.10 : Changements touchant les aquifères aux États-Unis, 2003 et 2012



Source : Famiglietti et Rodell, 2013

### 2.4.3 de l'eau

La qualité de l'eau en Amérique du Nord s'est améliorée de façon importante depuis le milieu du dernier siècle en raison de la réglementation environnementale qui est entrée en vigueur dans les années 1970 et qui s'est soldée, en grande partie, par la maîtrise de la pollution de sources ponctuelles. Les sources de pollution diffuses demeurent les sources de pollution les plus importantes, notamment en ce qui concerne les éléments nutritifs, dans les eaux d'Amérique du Nord.

Aux États-Unis, la dégradation de la qualité de l'eau menace principalement la vie aquatique et les utilisations récréatives

des eaux de surface (on trouvera à la section suivante une discussion sur la qualité de l'eau potable en Amérique du Nord). Près de la moitié des eaux aux États-Unis ne répondent pas aux normes considérées comme protégeant la vie aquatique, et 70 % de ces eaux ne répondent pas aux normes établies pour l'exploitation d'espèces aquatiques. De la même manière, plus de 40 % des eaux des États-Unis ne répondent pas aux normes établies pour leur utilisation récréative. Bien que près du quart des eaux des États-Unis qui sont protégées aux fins d'approvisionnement public en eau soient considérées comme compromises, bon nombre de ces eaux ne sont pas utilisées actuellement pour

l'approvisionnement public, mais menacent la capacité d'exploiter de nouvelles sources d'alimentation en eau.

Au total, les données les plus récentes disponibles indiquent que 54 % des kilomètres de rivières ayant fait l'objet d'une évaluation et 68 % des zones lacustres ayant fait l'objet d'une évaluation aux États-Unis présentent une dégradation (USEPA, 2015g, Watershed Assessment, Tracking et Environmental Results).

Au Canada, Environnement Canada recueille des données sur la qualité de l'eau douce à l'échelle nationale à des sites de surveillance fédéraux et régionaux, et l'état de la qualité

de l'eau est déterminé en fonction d'un indice qui repose sur des lignes directrices pour la qualité de l'eau conçues pour protéger la vie aquatique. La qualité de l'eau à un site de surveillance est considérée comme étant excellente lorsque la qualité ambiante ne dépasse jamais, ou dépasse très rarement, les lignes directrices établies pour l'un ou l'autre des paramètres choisis. Cependant, il n'est pas facile d'accéder à des données régionales fiables et de bonne qualité, les dépassements des valeurs établies dans diverses lignes directrices ne font pas l'objet d'un suivi systématique, et la résolution spatiale et temporelle de la surveillance est inadéquate si l'on veut comprendre les trajectoires de bon nombre de contaminants (CAC, 2013).

### Encadré 2.4.2 : Des volumes d'eau insuffisants ont une incidence sur les fonctions des écosystèmes au Canada

Parmi les tendances enregistrées au cours des 40 dernières années des facteurs qui influent sur la biodiversité dans les lacs et les cours d'eau du Canada, on compte les changements saisonniers des débits, les augmentations de la température des cours d'eau et des lacs, la baisse des niveaux d'eau dans les lacs et la perte et la fragmentation d'habitats. Le recul des glaciers nord-américains dans l'ouest du Canada et dans les États contigus des États-Unis depuis la fin du Petit Âge glaciaire qui est survenu au XIXe siècle a été associé à des baisses du débit des cours d'eau alimentés par des glaciers à la fin de l'été (Moore et al., 2009).

Les faibles débits annuels des cours d'eau naturels ont diminué dans bon nombre de sites du sud du Canada, et ont augmenté dans plusieurs sites dans le nord, mais la plupart des sites affichaient une tendance à la baisse. Les débits de pointe annuels ont diminué dans bon nombre de sites à travers le Canada, mais ont augmenté dans la région maritime de l'Atlantique. D'autres tendances, comme des variations des débits moyens saisonniers, sont également propres à différentes régions et types de cours d'eau. La fluctuation du débit des cours d'eau a une incidence sur la vie aquatique, par exemple, une baisse du débit peut causer des problèmes pour les poissons frayant tardivement dans les lacs et augmenter le stress thermique et la prédation pour tous les poissons. Les tendances concernant les lacs comprennent des diminutions des fluctuations des niveaux d'eau d'une saison et d'une année à l'autre dans certains des Grands Lacs. Dans le lac Ontario, depuis 1960, la régulation des niveaux d'eau s'est traduite par une diminution de la diversité de la flore et par la dégradation d'habitats pour les animaux qui vivent le long des côtes.

Entre 2010 et 2012, on enregistrait dans la plupart des sites de surveillance une eau de qualité passable à bonne (figure 2.4.11), quoique la qualité était généralement plus élevée aux sites les moins touchés par des perturbations anthropiques.

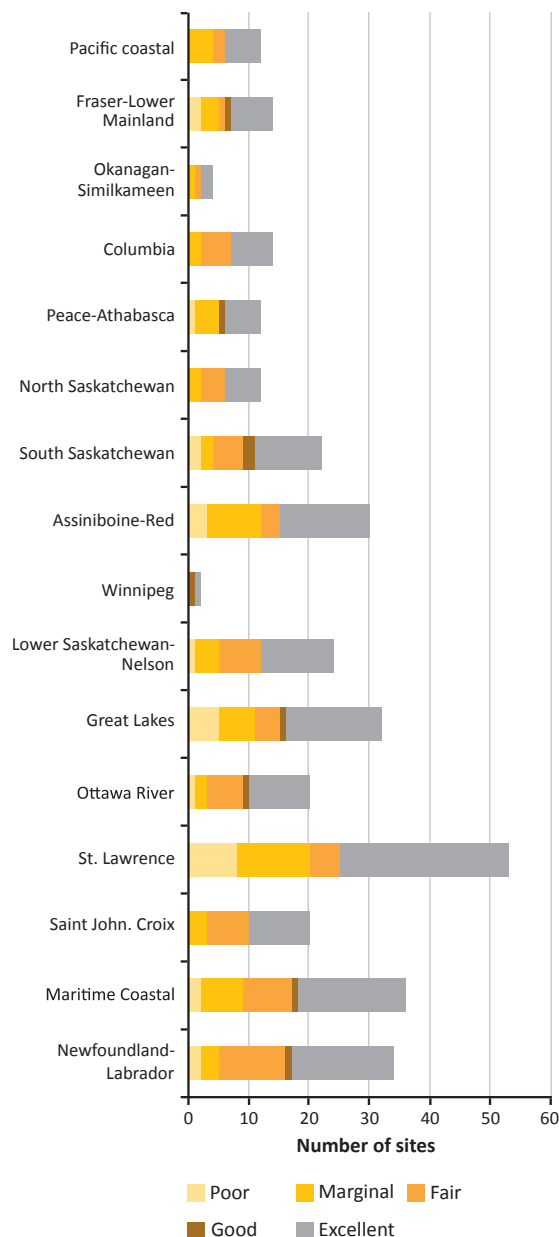
Les données récentes sur les tendances de la qualité des eaux de surface aux États-Unis ne sont pas disponibles. La dernière évaluation nationale des rivières et des cours d'eau aux États-Unis a été diffusée en mars 2016 et documente les changements qui sont survenus au chapitre de la qualité de l'eau entre 2004 et 2009. Dans l'ensemble, la quantité de kilomètres de cours d'eau considérée comme étant de bonne qualité en ce qui concerne les conditions biologiques a décliné de 8,9 % (passant de 36,7 à 27,8 %) et a chuté de 14,3 % en ce qui concerne le phosphore. Cependant, le pourcentage de cours d'eau qui affichent de bonnes conditions pour ce qui est des zones riveraines a augmenté durant la même période (USEPA, 2016).

### Éléments nutritifs

La pollution par les éléments nutritifs, principalement de sources diffuses, demeure l'un des enjeux les plus importants et difficile à résoudre concernant la pollution des eaux d'Amérique du Nord. Les sources diffuses représentent 85 % des charges totales en azote dans les rivières nord-américaines (McCrackin *et al.*, 2015; Clair *et al.*, 2014; tableau 2.4.2).

Les engrais de synthèse et la fixation biologique de l'azote dans les zones agricoles représentent les principales sources diffuses d'azote dans les grandes zones agricoles des hautes plaines et du Midwest des États-Unis, tandis que le dépôt atmosphérique représente la source la plus importante de pollution sur la côte Est américaine et dans des parties du sud-ouest (Sobata *et al.*, 2013; figure 2.4.12). La plupart de ces sources diffuses ne sont généralement pas réglementées en vertu de la *Clean Water Act* des États-Unis ou de toute autre loi canadienne fédérale ou provinciale, à l'exception du fumier se trouvant dans les parcs d'élevage confinés et des rejets d'eaux usées centralisés (Clair *et al.*, 2014). Au

2.4.11 : Qualité de l'eau douce dans les régions de drainage du Canada, 2010-2012



Source : Environnement Canada, 2014



Tableau 2.4.2 : Charges en azote dans les rivières d'Amérique du Nord, États-Unis 2005; Canada de 2005-2009

Sources d'apport d'azote dans les rivières	États-Unis*	Canada**
	Milliers de tonnes d'azote par an	
Agriculture	963	274
Eaux usées/ ruissellement urbain	312	137
Dépôts atmosphériques	375	328
Fixation biologique de l'azote non liée à l'agriculture	468	212
<b>TOTAL</b>	<b>2 118</b>	<b>951</b>

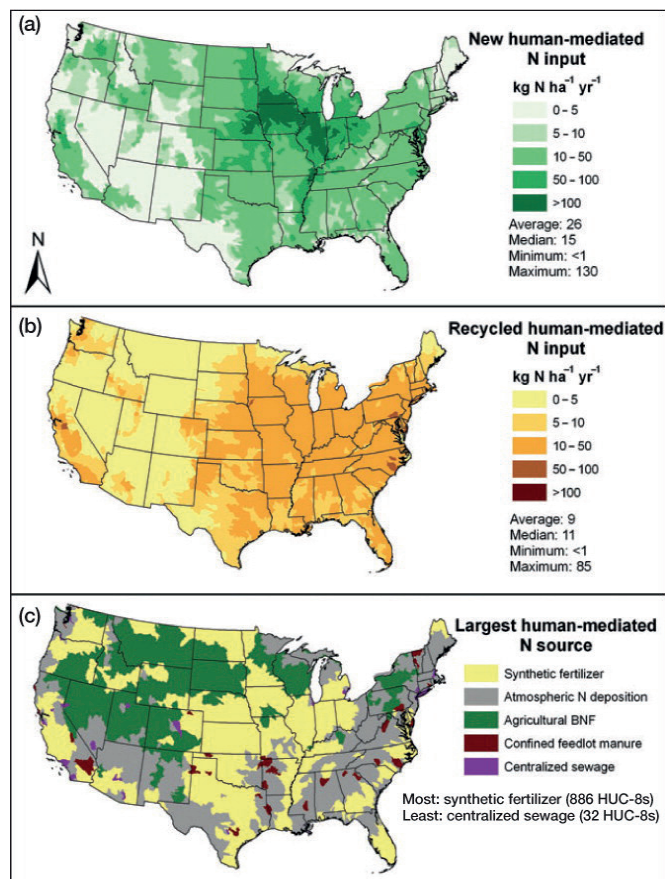
Nota : Les estimations des dépôts atmosphériques et de la fixation biologique de l'azote non liée à l'agriculture reposent sur le ruissellement total émanant des écosystèmes forestiers et sur la proportion relative des apports dans ces écosystèmes

Source : \*McCrackin *et al.*, 2015; estimations pour 2005; \*\*Clair *et al.*, 2015; estimations pour la période allant de 2005-2009.

total, les apports en azote d'origine anthropique représentent 34 kg d'azote par hectare et par année, les charges les plus importantes étant enregistrées le long du littoral atlantique et dans les zones agricoles du Midwest (figure 2.4.12).

Le ruissellement agricole est une importante source d'éléments nutritifs dans les rivières au Canada et aux États-Unis. Le Canada reçoit aussi une quantité importante de dépôts atmosphériques (voir la section 2.1) trouvant leur source aux États-Unis et qui, pour la plus grande partie, sont concentrés dans les forêts et contribuent à une partie importante des apports en azote totaux dans les rivières (Clair *et al.*, 2014). Les changements climatiques, en particulier la variation de l'intensité des précipitations, modifieront le ruissellement, et auront ainsi une incidence sur le transfert de l'azote des écosystèmes terrestres aux écosystèmes aquatiques et aux eaux souterraines et sur les temps de résidence de l'eau qui influent sur l'élimination de l'azote dans les réseaux aquatiques (Baron *et al.*, 2013).

Figure 2.4.12 : Sources d'azote d'origine anthropique



Source : Sobata *et al.*, 2013

Une évaluation décennale des tendances affichées par les concentrations d'azote et de phosphore dans les eaux douces, menée par le US Geological Survey (USGC) des États-Unis, pour la période allant de 1993 à 2003, a montré qu'il n'y avait que des changements minimes dans la majorité des cours d'eau visés par l'étude à travers le pays, et que les tendances des concentrations dans les sites où l'on enregistre des changements sont davantage à la hausse qu'à la baisse (Dubrovsky *et al.*, 2010). Les tendances à la

hausse étaient claires pour toutes les utilisations des terres, y compris celles qui sont éloignées des aménagements agricoles ou urbains. Les concentrations médianes de nitrates dans les eaux souterraines, mesurées dans 495 puits, ont également augmenté de façon marquée, passant de 3,2 à 3,4 milligrammes par litres (6 %) durant la même période, et la proportion de puits affichant des concentrations en nitrates supérieures à la limite de concentration maximale pour l'eau potable a augmenté, passant de 16 à 21 %. Au Canada, la qualité de l'eau dans les bassins versants agricoles est demeurée « bonne » en 2006 d'après un indice composite permettant de déterminer les taux d'azote, de phosphore, de coliformes et de pesticides, mais a décliné par rapport à la condition « désirée » en 1981; cela est en grande partie attribuable à une augmentation de l'épandage d'éléments nutritifs (azote et phosphore) en tant qu'engrais (Eilers *et al.*, 2010).

## Hypoxie et prolifération d'algues nuisibles

Dans les réseaux d'eau douce, la présence d'éléments nutritifs entraîne une croissance algale excessive, une perte d'oxygène la nuit en raison de la respiration cellulaire par les algues, de piètres conditions d'oxygénation dues à la décomposition des cellules algales et, de plus en plus, la menace causée par la prolifération d'algues nuisibles. L'augmentation de la croissance algale entraîne une diminution de la croissance de la végétation aquatique submergée qui est un habitat important pour la reproduction de bon nombre d'espèces de poissons, de mollusques et de crustacés (**figure 2.4.13**).

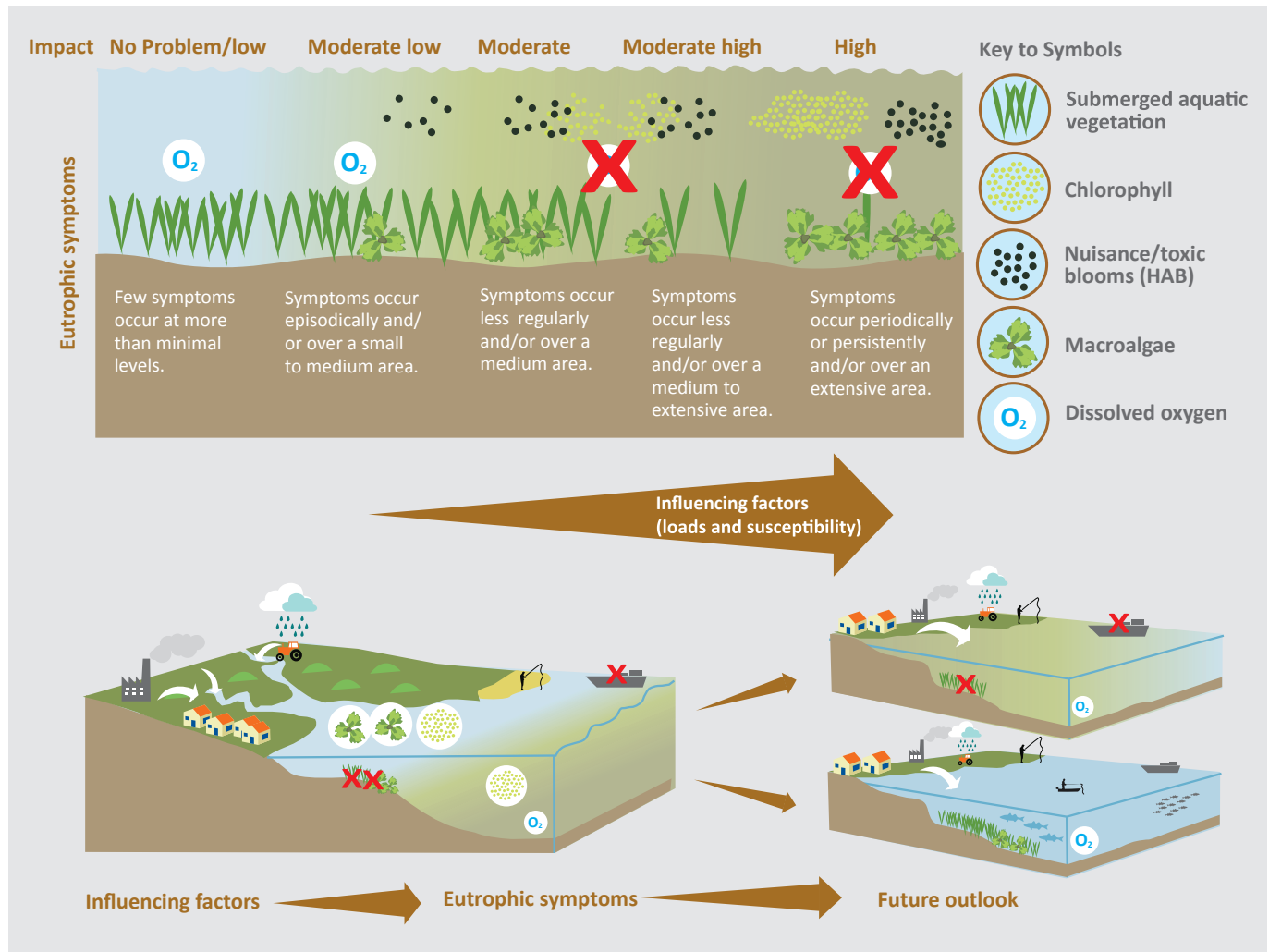
La croissance algale, stimulée par les éléments nutritifs, appauvrit également la concentration d'oxygène au fur et à mesure que les algues meurent et se décomposent. L'hypoxie, une déficience en oxygène, représente le motif de préoccupation le plus important dans les zones côtières eutrophes du golfe du Mexique et de la baie Chesapeake. Parmi les 350 zones côtières ayant fait l'objet d'une surveillance de l'eutrophisation en Amérique du Nord, 267 sont hypoxiques, bien que 28 d'entre elles montrent des signes d'amélioration (voir la section 2.5.3; Diaz *et al.*, 2011).

Bien que la prolifération d'algues nuisibles ait été un motif de préoccupations pendant plusieurs décennies, la fréquence, l'ampleur et les impacts de ce phénomène sur l'eau potable et les eaux utilisées à des fins récréatives deviennent une menace croissante en Amérique du Nord (USEPA, 2015; O'Neil *et al.*, 2012; Carrière *et al.*, 2010) où, dans certains lacs, les cyanobactéries ont augmenté de façon disproportionnée par rapport aux autres espèces de plancton (Taranu *et al.*, 2015). En 2014, la Ville de Toledo a été forcée de suspendre son approvisionnement en eau potable durant plusieurs jours en raison d'une prolifération d'algues toxiques dans le lac Érié. L'Agence américaine pour la protection de l'environnement (USEPA) estime que la prolifération d'algues nuisibles en eau douce pourrait menacer l'approvisionnement en eau potable de 30 à 48 millions de personnes au cours des prochaines années (USEPA, 2015). En outre, l'exposition, lors d'activités récréatives, à une prolifération d'algues nuisibles en eau douce qui contiennent des microcystines d'une cyanobactérie peuvent causer des éruptions cutanées, de l'urticaire et des cloques. L'ingestion d'eau contaminée par des algues nuisibles peut produire des écoulements oculaires et nasaux, des pharyngites, des symptômes semblables à ceux de l'asthme et des réactions allergiques.

Le Canada et les États-Unis élaborent des mécanismes pour réglementer les aspects de la prolifération d'algues nuisibles qui concernent la santé publique et l'environnement. En mai 2015, l'USEPA a diffusé les premières valeurs relatives à l'émission d'avis de protection de la santé pour les toxines algales qui sont associées à l'eau potable les plus fréquemment rencontrées : la microcystine, 0,3 microgramme par litre, et la cylindrospermopsine, 0,7 microgramme par litre (USEPA, 2015a).

Les États-Unis travaillent maintenant à la mise en œuvre de ces normes pour assurer un approvisionnement sécuritaire en eau potable ainsi qu'à l'élaboration de plans pour diffuser des lignes directrices concernant les utilisations récréatives en 2016. En 2002, le Canada a pour la première fois introduit des Recommandations pour la qualité de l'eau potable du Canada de Santé Canada, qui établissaient une valeur de

Figure 2.4.13 : Relation entre la condition eutrophe globale, les symptômes d'eutrophisation connexes et les facteurs déterminants



Source : Adapté de Bricker *et al.*, 2008

1,5 milligramme par litre pour la microcystine-LR. Santé Canada a depuis collaboré avec l'USEPA à l'élaboration récente d'une évaluation des risques causés par la prolifération d'algues nuisibles et tiendra des consultations publiques sur le document au début de 2016. Tandis que

la valeur établie par les États-Unis pour la protection de la santé est considérée comme une orientation seulement, les recommandations canadiennes sont utilisées par toutes les provinces et les territoires comme point de départ à l'établissement d'exigences réglementaires concernant

la qualité de l'eau potable. De la même manière, les Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada, qui ont été pour la dernière fois mises à jour en 2012, comprennent des orientations concernant les cellules et les toxines des cyanobactéries.

Outre la présence d'une structure réglementaire évolutive permettant de traiter cette préoccupation, notre compréhension des éléments déclencheurs sous-jacents (voir la **figure 2.4.14**) change également. La prolifération d'algues nuisibles est à terme déclenchée par des conditions eutrophes qui règnent dans les lacs et les rivières et qui sont causées par la pollution due aux éléments nutritifs. Cependant, des éléments probants récents donnent à penser que les changements climatiques pourraient accroître la fréquence et l'ampleur de la prolifération d'algues nuisibles que l'on retrouve dans des eaux lourdement chargées en éléments nutritifs à la fois chaudes et stagnantes (Carey *et al.*, 2012; O'Neil *et al.*, 2012; et Kosten *et al.*, 2011). D'autres recherches indiquent que les cyanobactéries pourraient être à l'origine de certains des aspects de l'eutrophisation (Cottingham *et al.*, 2014). En outre, nous disposons d'approches nouvelles et novatrices pour surveiller les proliférations d'algues épisodiques et leurs impacts, et pour intervenir, y compris en utilisant la télédétection, la prévision (NOAA, 2012) et l'application pour le signalement de proliférations d'algues nuisibles (sciences des citoyens) élaborée par l'USEPA (USEPA, 2015h).

La région continue également à concevoir de nouveaux modes de réponse au problème sous-jacent de la pollution et de l'eutrophisation causées par les éléments nutritifs, qui représentent les causes les plus fréquentes de dégradation de la qualité de l'eau en Amérique du Nord. Les problèmes de qualité de l'eau dus aux éléments nutritifs dans la région ont généralement dépassé la portée des outils réglementaires élaborés par le passé, et exigent la mise en place de nouveaux mécanismes pour la gestion intégrée des ressources en eau.

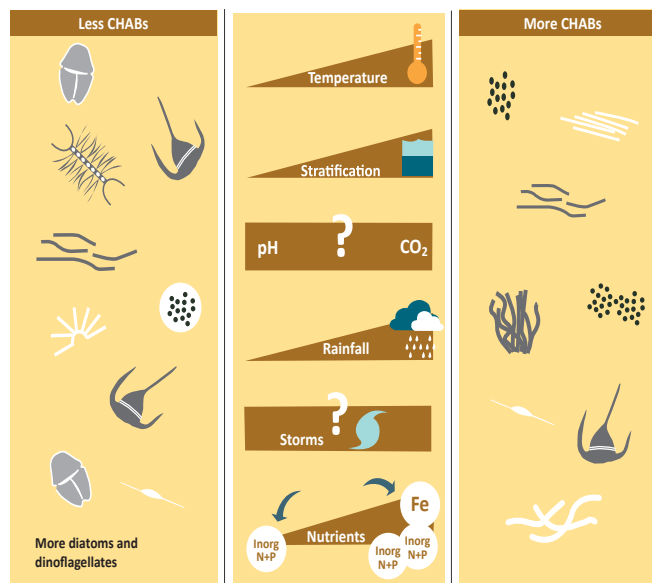
L'élaboration de documents de planification pour maîtriser les éléments nutritifs et restaurer la qualité de l'eau s'est accélérée aux États-Unis depuis l'adoption de la *Clean*

*Water Act* au début des années 1970. Depuis lors, certains États et l'USEPA ont défini plus de 6 000 normes propres à des endroits particuliers pour réglementer les charges quotidiennes totales maximales en éléments nutritifs, et cette activité a atteint un sommet durant les années 1990 en raison de litiges dans l'ensemble du pays (base de données AskWaters; USEPA, 2015c). Bien que ces normes aient établi des limites inférieures pour les éléments nutritifs provenant des rejets de sources ponctuelles, il est difficile de déterminer si leur élaboration a entraîné une réduction des éléments nutritifs de sources diffuses.

### Qualité des eaux souterraines

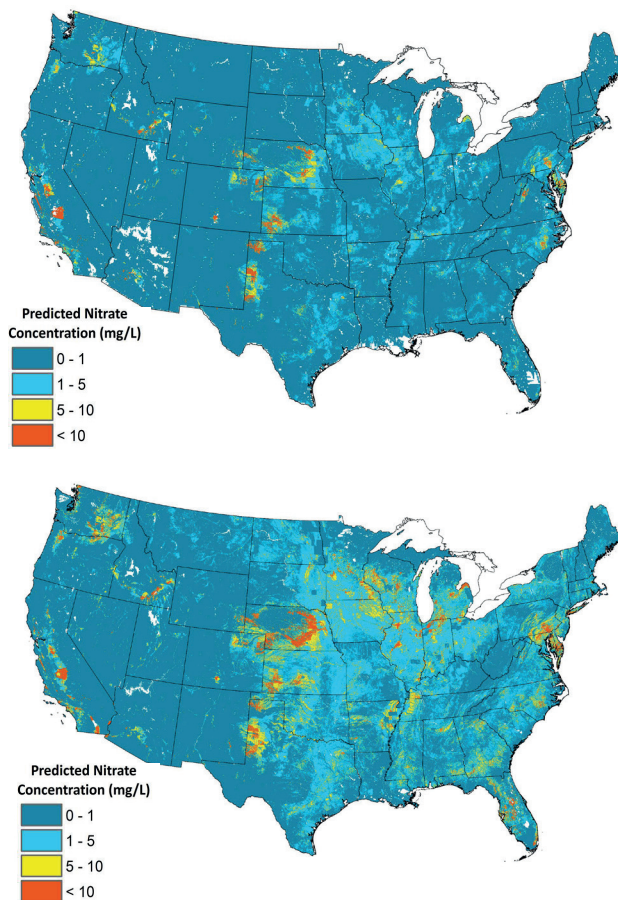
Des études de cas menées dans certaines régions du Canada, comme le sud de la Colombie-Britannique et le sud de l'Ontario, montrent que la contamination des eaux

Figure 2.4.14 : Facteurs influant sur la prolifération accrue d'algues nuisibles en eau douce



PCN : prolifération de cyanobactéries nuisibles Source : Adapté de O'Neil *et al.*, 2012

Figure 2.4.15a : Taux de nitrates prévus dans les eaux peu profondes récemment rechargées; b : Taux de nitrates prévus dans les eaux souterraines plus profondes utilisées comme source d'eau potable, 2013.



Les concentrations de nitrates supérieures à la concentration maximale de contaminant (CMC) de 10 mg/L sous forme d'azote devraient être observées principalement dans les hautes plaines, le nord du Midwest et dans des zones d'agriculture intensive dans l'est et l'ouest des États-Unis. Dans les eaux souterraines peu profondes récemment rechargées (en haut), les concentrations devraient dépasser la CMC de 10 mg/L sous forme d'azote dans près de 2 % de la zone terrestre formée par les États contigus et devraient être supérieures à la moitié de la CMC dans près de 8 % de la zone terrestre. On prévoit que les concentrations seront plus faibles dans les eaux souterraines plus profondes qui proviennent de parties des aquifères qui sont utilisées pour l'eau potable (en bas) comparativement aux valeurs enregistrées dans les eaux souterraines peu profondes récemment rechargées.

Source : DeSimone *et al.*, 2014

souterraines par des engrais azotés est très répandue (Conseil des académies canadiennes [CAC], 2013). De la même manière, bon nombre d'aquifères souterrains peu profonds aux États-Unis sont pollués par des nitrates, principalement en raison de l'utilisation d'engrais azoté dans le Midwest (DeSimone *et al.*, 2014; **figure 2.4.15**).

Aux États-Unis, entre 1988 et 2010, plus de 66 % des aquifères ayant fait l'objet d'une surveillance affichaient des hausses significatives des concentrations de nitrates, de solides dissous et de chlorure. Les tendances à la hausse de la contamination par les nitrates des aquifères peu profonds du pays (**figure 2.4.16**) reflètent une augmentation similaire de l'utilisation d'engrais azotés entre 1950 et 1980 (Lindsey et Rupert, 2012; rapport de l'USGS 2012-5049; **figure 2.4.17**). Bien que l'utilisation d'engrais azotés se soit stabilisée aux États-Unis depuis environ 1990, des hausses continues récentes de la contamination par les nitrates des eaux souterraines indiquent probablement la présence d'un effet décalé entre l'utilisation des engrais et la détection de la contamination souterraine.

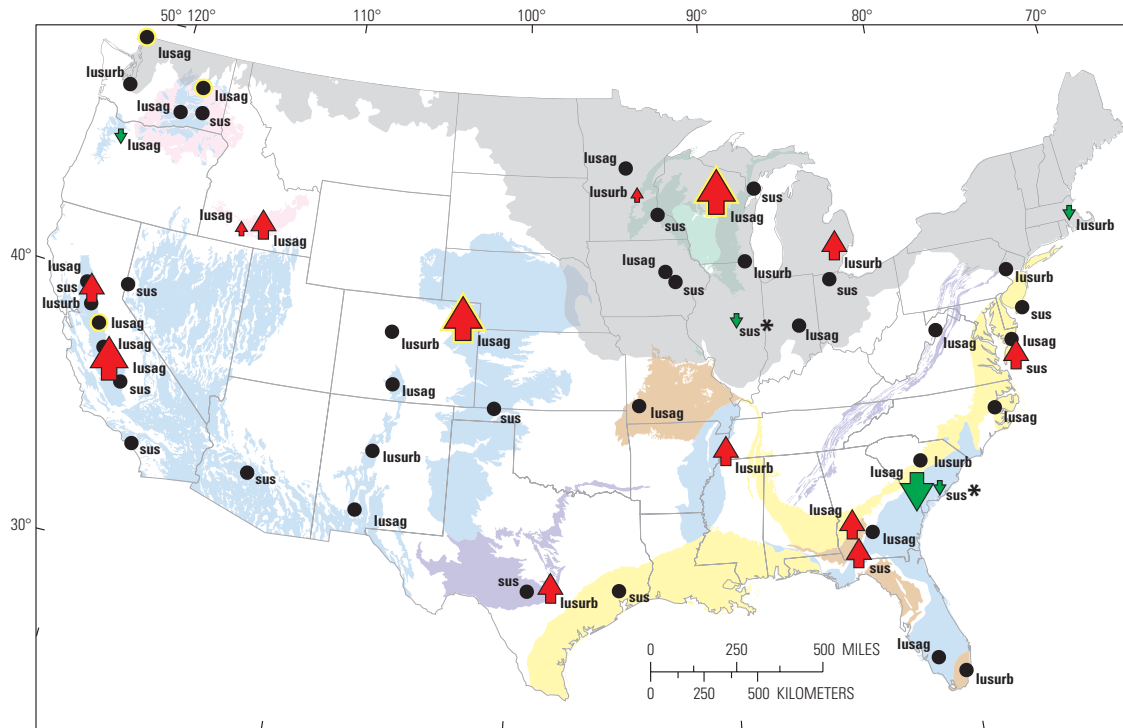
## Pollution microbienne

Bien que la pollution microbienne ne soit pas un problème largement répandu en Amérique du Nord, ses principales sources sont l'élevage du bétail, la contamination à partir des fosses septiques et des trop-pleins d'égouts unitaires durant les orages. Il est difficile d'effectuer une surveillance des organismes pathogènes, mais il est généralement possible d'établir une corrélation entre ceux-ci et la présence d'*E. coli*. La gastroentérite est la maladie associée à une exposition par voie orale à de l'eau contaminée qui est la plus fréquemment déclarée. Elle peut causer une déshydratation grave en raison de vomissements et/ou de la diarrhée.

L'exposition par voie cutanée à des eaux usées contaminées peut entraîner l'infection de coupures ouvertes ou des éruptions cutanées (Haile *et al.*, 1999). La qualité des eaux utilisées à des fins récréatives fait généralement l'objet d'évaluations par la mesure des concentrations de microbes indicateurs, d'*E. coli* ou de coliformes fécaux, que l'on



Figure 2.4.16 : Tendances de la qualité de l'eau souterraine aux États-Unis



**Principal aquifer rock type**

- Non-glacial sand and gravel aquifers
- Glacial sand and gravel aquifers—Aquifers are discontinuous within area shown
- Coastal Plain aquifers in semi-consolidated sand
- Sandstone aquifers
- Sandstone and carbonate-rock aquifers
- Carbonate-rock aquifers
- Igneous and metamorphic-rock aquifers

**EXPLANATION**

- |          |          |
|----------|----------|
| Increase | Decrease |
| ↑        | ↓        |
| ↑↑       | ↓↓       |
| ↑↑↑      | ↓↓↓      |

Statistically significant change in nitrate concentrations at the network level shown as arrows, with the size of the arrow representing the median of the difference in concentration for the network in milligrams per liter as N. Yellow highlighting denotes location where median nitrate concentration for the network is greater than 10 milligrams per liter in the second full-network sampling event

- Less than 0.1
- 0.1–0.5
- Greater than 0.5
- No significant change

\* Statistically significant change in network where more than half of the data are pairs of nondetects

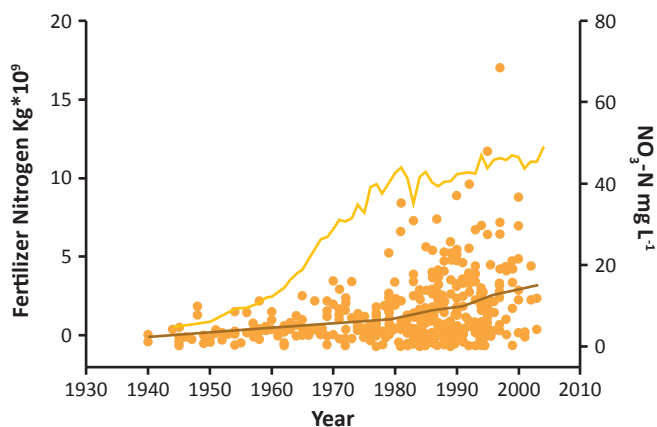
**Network type**

- lusag Agricultural land-use study
- lusurb Urban land-use study
- sus Major aquifer study

Source : Adapté du USGS-NAWQA, 2015



Figure 2.4.17 : Utilisation d'engrais et concentration des nitrates dans les eaux souterraines au moment de la recharge, 1940-2004.



Aux États-Unis, l'utilisation des engrais affiche une nette augmentation depuis les années 1940, et les concentrations de nitrates dans les eaux souterraines des zones agricoles au moment de leur recharge ont généralement suivi cette tendance.

Source: DeSimone *et al.* 2014

trouve habituellement en concentrations élevées dans les excréments humains. Une concentration élevée de ces microbes indique que l'eau a été contaminée par des déchets humains et n'est pas propre à une utilisation récréative – cela se produit le plus souvent après des précipitations. Tant au Canada qu'aux États-Unis, il existe des lignes directrices nationales réglementant la présence d'*E. coli* et de coliformes fécaux pour faire en sorte que les eaux utilisées à des fins récréatives soient sécuritaires. Les autorités en matière de santé des deux pays procèdent à des analyses de l'eau et ferment des plages lorsque les niveaux dépassent les seuils établis. Aux États-Unis, les autorités responsables de la santé des comtés et des États émettent des avis pour informer le public qu'il ne faut pas nager ou surfer dans les 72 heures suivant une pluie.

Au Canada, on ne surveille pas les agents pathogènes qui se trouvent dans l'eau à l'échelle nationale; cependant,

des études de cas réalisées dans diverses régions agricoles donnent à penser que la contamination par des agents pathogènes pourrait ne pas être rare – 80 % des échantillons d'eau de surface et 40 % des échantillons prélevés dans des puits en zone agricole révélaient la présence d'une contamination microbienne (CAC, 2013b).

Le nombre d'éclotions de maladies associées à des plans d'eau à utilisation récréative aux États-Unis a augmenté, mais cette hausse pourrait indiquer une augmentation des cas déclarés. Le nombre d'éclotions par État est généralement inférieur à cinq par an.

### Acidification des lacs

Bien que les pluies acides aient diminué depuis les années 1980, elles continuent de représenter de graves enjeux dans certaines régions du fait de la nature du sol et du substrat rocheux locaux qui ne sont pas capables d'atténuer de façon adéquate les impacts des dépôts acides, notamment dans l'est de l'Amérique du Nord. La composition chimique de l'eau demeure un problème, même après une diminution marquée des dépôts de sulfates (Clair *et al.*, 2011). En revanche, des études menées dans l'est de l'Amérique du Nord (et dans le nord de l'Europe) ont montré qu'une fois que le pH des lacs dépasse une valeur de 6,0, on peut observer un rétablissement important des communautés de zooplancton (Gray et Arnott, 2009). Des signes indiquent également une baisse des concentrations de calcium, un héritage des dépôts acides, dans les lacs de la zone tempérée (Jeziorski *et al.*, 2015). Le déclin du zooplancton tend vers la prédominance d'espèces moins riches en calcium (et moins nutritives), avec des impacts potentiels sur le réseau trophique aquatique (Jeziorski *et al.*, 2015).

### Métaux

La pollution par les métaux dans les lacs d'eau douce a généralement diminué dans l'ensemble des États-Unis. Dans une étude portant sur un échantillon de lacs, les tendances à la baisse dépassaient les tendances à la hausse pour les sept métaux analysés, soit le cadmium, le chrome, le cuivre,

le plomb, le mercure, le nickel et le zinc. Les tendances les plus persistantes concernaient le plomb et le chrome : pour le plomb, 83 % des lacs affichaient une baisse et 6 % une hausse; pour le chrome, 54 % des lacs affichaient une baisse et aucun une hausse (Mahler *et al.*, 2006).

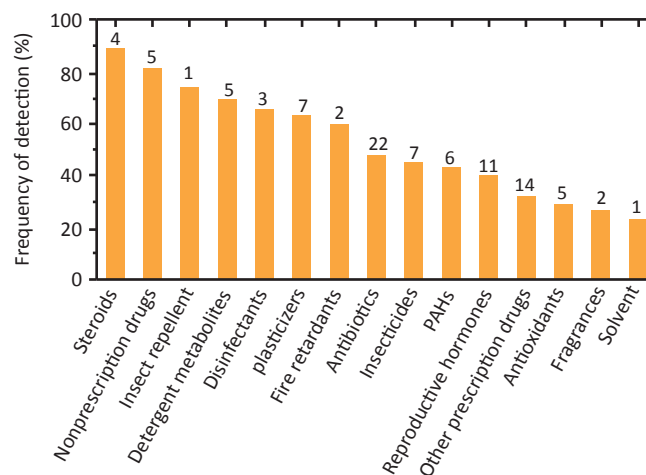
### Nouveaux contaminants préoccupants

En Amérique du Nord, la gestion des eaux usées municipales et industrielles parvient à traiter de manière relativement constante et efficace les polluants classiques, comme l'ammoniac et les matières exerçant une demande biochimique en oxygène. Cependant, les systèmes de traitement des eaux usées n'ont pas été conçus pour éliminer un nouveau groupe de contaminants associés à des produits de soins personnels, des produits pharmaceutiques et d'autres composés courants dans les milieux résidentiels, industriels et agricoles.

La présence de nouveaux contaminants préoccupants dans l'eau a été relevée et documentée à l'échelle de l'Amérique du Nord, y compris dans des cours d'eau, des sources d'eau potable non traitée dans le sol et en surface et le bassin des Grands Lacs (Focazio *et al.*, 2008; Blair *et al.*, 2013; Hull *et al.*, 2015). En 2000, l'USGS a identifié de nouveaux contaminants préoccupants dans 80 % des cours d'eau échantillonnés. Les composés les plus fréquemment détectés étaient le coprostanol (stéroïde dans des matières fécales indiquant une contamination des eaux usées), le cholestérol (stéroïde végétal et animal), le *N,N*-diéthyltoluamide (insectifuge), la caféine (stimulant), le triclosan (désinfectant antimicrobien), le tri (2-chloroéthyl) phosphate (produit ignifuge) et le 4-nonylphénol (métabolite de détergents non ioniques (Kolpin *et al.*, 2002; **figure 2.4.18**).

Plus récemment, un examen des sources d'eau potable non traitée effectué par les États-Unis (25 sites d'eaux souterraines et 49 sites d'eaux de surface) a montré que 63 des 100 produits chimiques ciblés étaient détectés dans au moins un échantillon, mais que plus de 60 % des 36 produits pharmaceutiques examinés n'étaient pas détectés dans les eaux échantillonnées, quel que soit le site (Focazio *et*

Figure 2.4.18 : Fréquence de détection de contaminants organiques d'eaux usées dans des cours d'eau des États-Unis, par produits d'utilisation générale, en 2002



Source : Kolpin *et al.*, 2002

*al.*, 2008). Même si la menace d'ordre environnemental que ces contaminants posent pour les grands réseaux lacustres avait précédemment été considérée comme faible en raison de la dilution, Blair et ses collaborateurs (2013) ont indiqué que les concentrations de 14 de ces contaminants représentaient une menace importante pour la santé des Grands Lacs, notamment pour les organismes vivant près des rives. La persistance des produits chimiques présents dans les Grands Lacs est démontrée par les concentrations mesurables de pesticides qui ne sont plus homologués en Amérique du Nord, comme l'azinpho-méthyl (Hull *et al.*, 2015).

En Amérique du Nord, il est prioritaire de comprendre les effets des nouveaux contaminants préoccupants sur la santé humaine et sur l'environnement et de mettre au point des techniques de traitement et d'autres technologies pour en atténuer impacts. On trouvera des renseignements supplémentaires sur ces contaminants à la section 2.6.1 et dans l'aperçu portant sur l'Amérique du Nord (chapitre 4).

## Eau potable

La qualité relativement élevée de l'eau potable en Amérique du Nord contribue à la santé publique, et les Nord-Américains affichent parmi les taux de maladies hydriques les plus faibles au monde. Le système d'approvisionnement en eau potable en Amérique du Nord est alimenté par des eaux de surface provenant de réservoirs et d'aquifères souterrains. Bien que certains résidents en milieu rural disposent de puits individuels, les habitants des zones urbaines reçoivent leur eau par des réseaux d'approvisionnement publics.

Aux États-Unis, l'eau potable est réglementée en vertu de la *Safe Drinking Water Act*, loi fédérale mise en application par l'entremise de programmes gérés à l'échelle de l'État. Le Canada possède un modèle de gouvernance partagée de l'eau potable. Des lignes directrices concernant la qualité de l'eau potable sont élaborées par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable; elles sont utilisées par les provinces et les territoires pour établir leurs propres normes réglementaires. Le traitement et la distribution de l'eau sont gérés à l'échelon municipal. La diversité des approches adoptées pour la réglementation de l'eau potable a entraîné des lacunes dans les données et des disparités entre les populations urbaines et rurales, notamment chez certaines collectivités des Premières Nations (Dunn *et al.*, 2014).

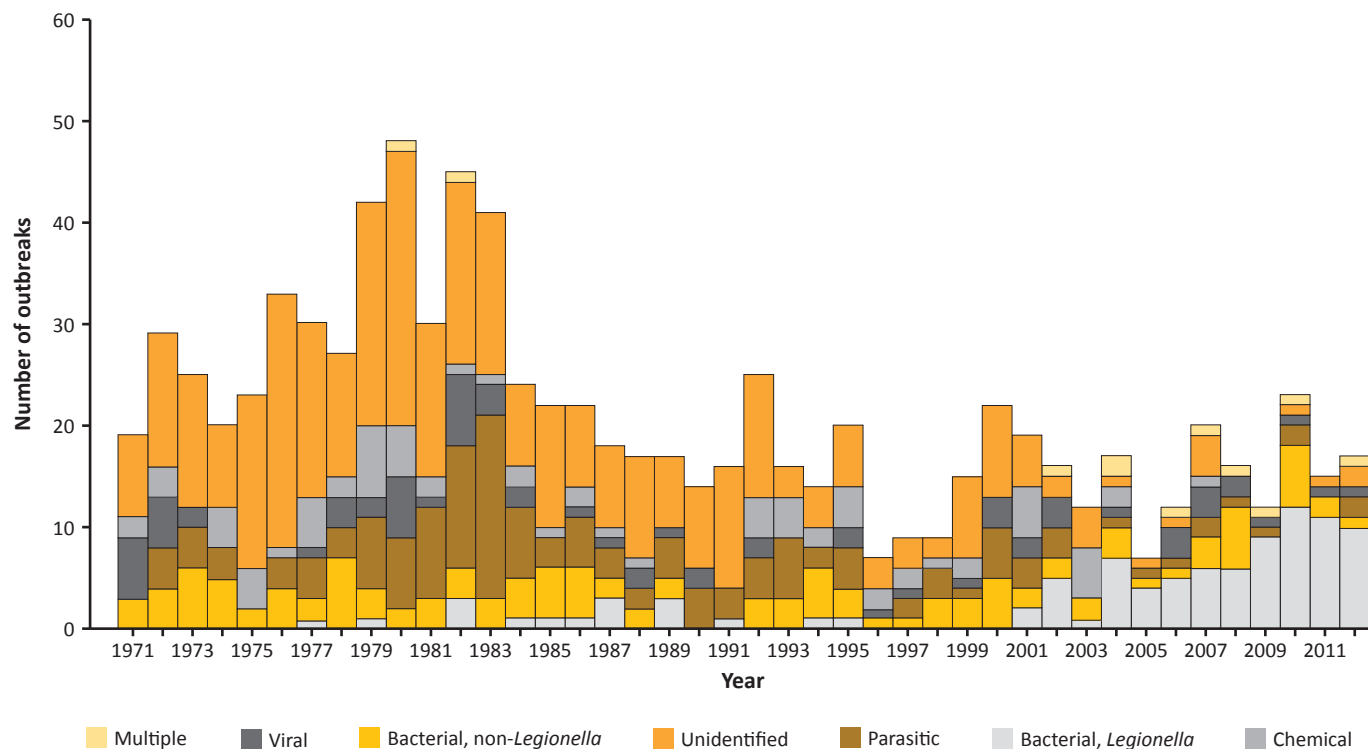
Malgré l'accès à des infrastructures d'approvisionnement en eau en Amérique du Nord, la sécurité et la fiabilité des sources d'eau potable sont menacées dans certaines parties de cette région. Ces menaces pèsent entre autres sur des collectivités rurales dépendant d'aquifères peu profonds de plus en plus contaminés par les nitrates ou de systèmes d'approvisionnement en eau pouvant être contaminés par des proliférations d'algues nuisibles (p. ex., Toledo, en Ohio), certaines communautés tribales aux États-Unis ou communautés autochtones au Canada (Daley *et al.*, 2015) ainsi que des collectivités dépendant d'une infrastructure vieillissante, y compris des conduites de plomb (p. ex., Flint, dans le Michigan, voir l'**encadré 2.4.3**). Selon le Indian Health Service des États-Unis, moins de 1 % de la population du pays est privée d'accès à de l'eau potable sécuritaire, tandis

que plus de 12 % des Amérindiens et des Autochtones de l'Alaska n'ont pas accès à de l'eau salubre (O'Connor, 2015b).

Les États-Unis effectuent une surveillance des réseaux d'approvisionnement en eau afin d'y détecter une vaste gamme de contaminants; une concentration maximale de contaminant a été établie pour chacun des contaminants réglementés. Dans l'ensemble, il y a de moins en moins de réseaux d'approvisionnement en eau où les concentrations maximales de contaminants sont dépassées (USEPA, 2015e). Cependant, des éclosions de maladies hydriques surviennent, et sont habituellement le résultat de défaillances des installations de plomberie et de l'absence de traitement de l'eau souterraine. Le dernier rapport de surveillance des éclosions de maladies hydriques associées à l'eau potable aux États-Unis évalue des données remontant à 2011-2012 (Beer *et al.*, 2015). Durant cette année, 32 éclosions de maladies associées à l'eau potable représentaient 431 cas de maladies dues à la légionellose et à d'autres agents pathogènes. Néanmoins, le nombre d'éclosions a diminué depuis les années 1970, et les efforts entrepris pour améliorer l'infrastructure liée à l'eau potable se poursuivent (**figure 2.4.19**).

Au Canada, les avis demandant de faire bouillir l'eau (« avis d'ébullition d'eau ») lorsque la dégradation de la qualité de l'eau potable par des microorganismes est confirmée (ou soupçonnée) représentent près de 98 % de tous les avis concernant l'eau potable à l'échelle du pays (les autres étant l'« avis d'interdiction de la consommation » et l'« avis de non-utilisation »), et 80 % de ces avis ont été émis dans de petites municipalités – celles fournissant de l'eau à moins de 500 habitants. La contamination par des produits chimiques est beaucoup plus rare et entraîne habituellement des avis demandant de ne pas utiliser ou de ne pas consommer l'eau. La plupart des avis demandant de faire bouillir l'eau, soit 74 % en 2013, sont émis sur la base du principe de précaution lorsque des problèmes concernant l'infrastructure ou les processus suivis pour traiter, stocker ou distribuer l'eau potable surviennent, seul 8 % étant reliés à *E. coli* et 18 % à d'autres organismes microbiologiques suscitant des

Figure 2.4.19 : Étiologie des 885 éclosions de maladies associées à l'eau potable aux États-Unis, 1971-2012\*



\*Des éclosions de légionellose ont été pour la première fois déclarées en 2001 en vertu du Waterborne Disease and Outbreak Surveillance System des Centers for Disease Control and Prevention; les éclosions de cette maladie avant 2001 ont été ajoutées rétrospectivement au cours de la période de déclaration de 2007-2008.

Source : Adapté de Beer *et al.*, 2015

préoccupations, comme les bactéries coliformes totales ou des niveaux de turbidité inacceptables (EC, 2015). Le Réseau canadien de renseignements sur la santé publique élabore actuellement un processus pour offrir un accès à des avis en temps réel et à un partage d'information sur les avis concernant la qualité de l'eau potable entre les ordres de gouvernement par l'entremise de l'application sur les avis concernant la qualité de l'eau potable.

En 2011, les réseaux publics d'approvisionnement en eau ont desservi 90 % de la population des États-Unis, le reste

de celle-ci obtenant son eau grâce à des réseaux privés, habituellement des puits creusés en zone rurale. Depuis le début des années 1990, la proportion des réseaux qui répondent aux normes sanitaires a augmenté de façon marquée et, en 2011, 93 % des réseaux satisfaisaient à ces normes (USEPA, 2013; Statistiques sur l'eau potable et l'eau souterraine pour l'exercice, 2011). Ce profil d'amélioration continue est également confirmé par la réduction de près de 50 % du nombre de réseaux publics d'approvisionnement en eau qui avaient commis de graves infractions au chapitre de la santé depuis 2011.

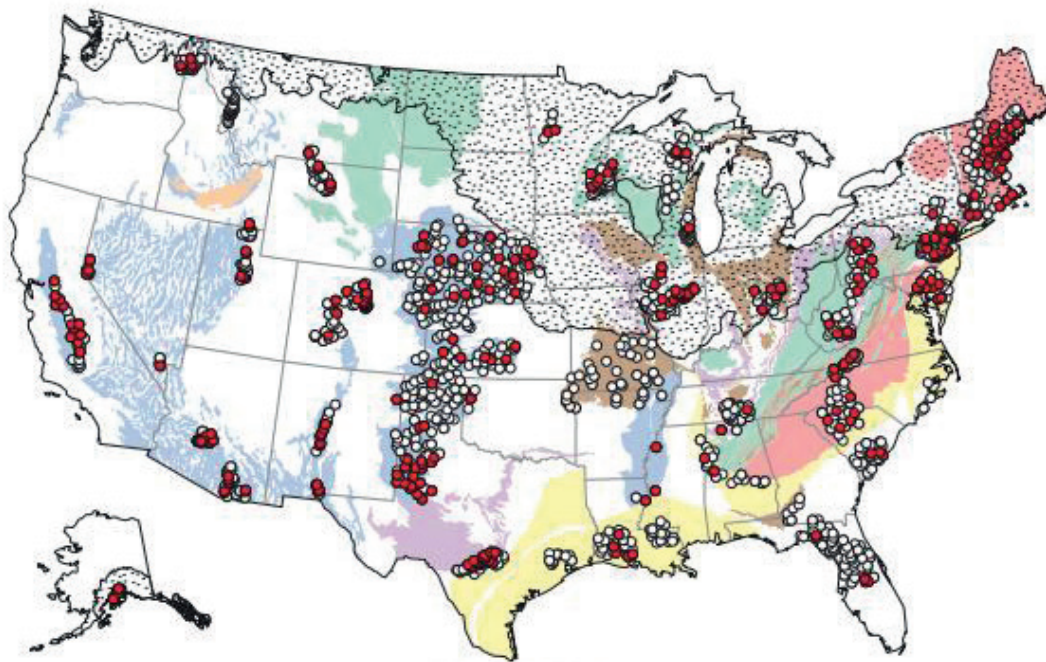
Les puits privés, qui permettent de prélever de l'eau dans les aquifères souterrains peu profonds, sont de plus en plus menacés par les nitrates et d'autres contaminants (**figure 2.4.20**). En 2004, 23 % des puits échantillonnés comportaient des contaminants à des concentrations supérieures aux normes considérées comme assurant la protection de la santé humaine (DeSimone *et al.*, 2009), et un tiers des puits échantillonnés présentaient une contamination microbienne. La plupart des contaminants qui affichent des concentrations nuisibles pour la santé sont présents naturellement dans l'environnement, à l'exception

des nitrates qui dépassaient les normes sanitaires dans 1 % des puits échantillonnés.

#### 2.4.4 Infrastructure liée à l'eau

La qualité de l'eau et les problèmes de sécheresse abordés dans les sections précédentes se reflètent dans le nombre relativement élevé de menaces pour la sécurité de l'approvisionnement en eau et la santé humaine, tel qu'illustré dans la plage de droite de la **figure 2.4.21**. Cependant, les Nord-Américains sont en très grande partie protégés contre

Figure 2.4.20 : Ampleur de la contamination des puits privés aux États-Unis

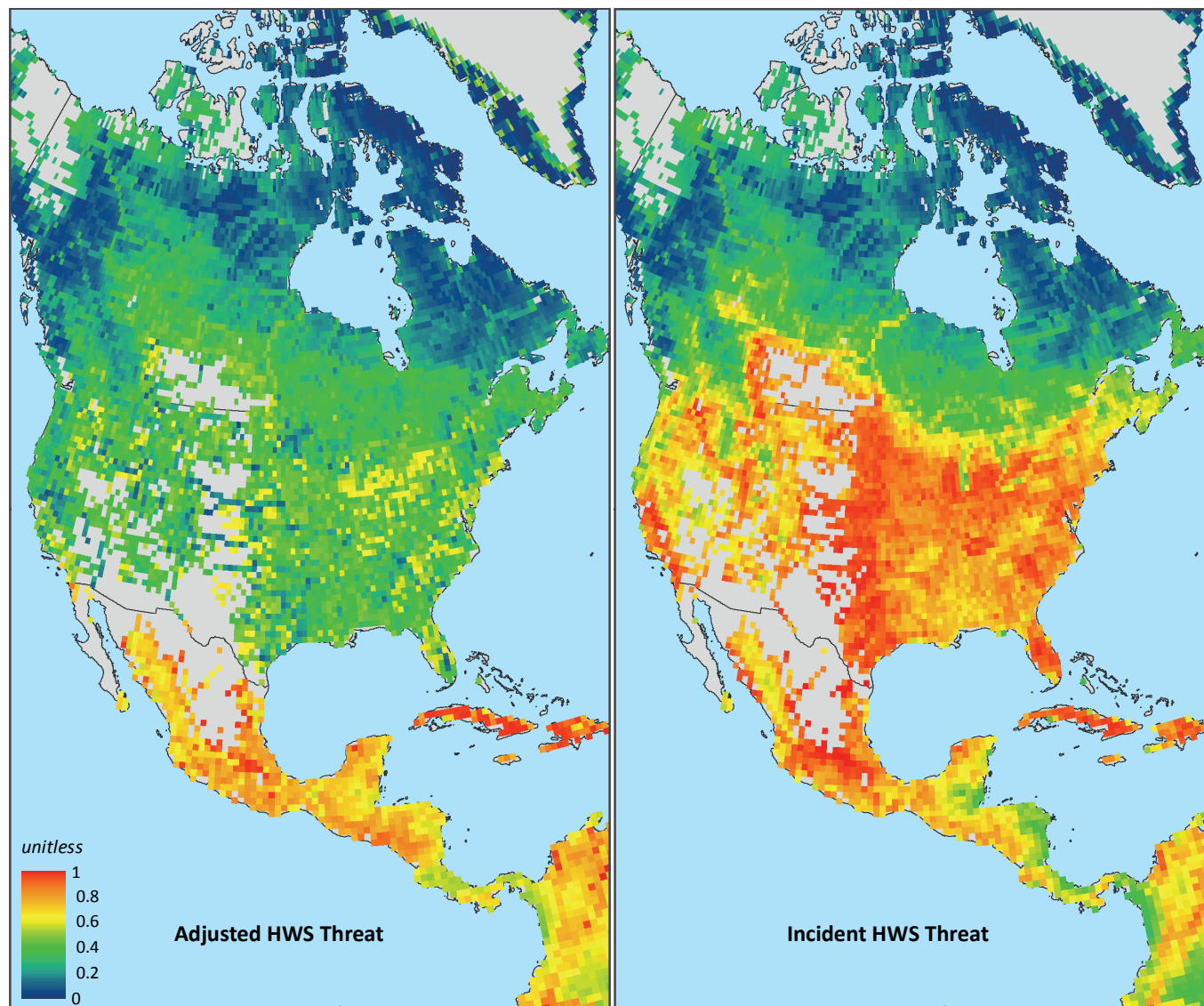


Les concentrations d'au moins un contaminant chimique dépassaient le critère pour la santé humaine dans 23 % des 1 389 puits domestiques échantillonnés dans les 25 principaux aquifères. Les critères pour la santé humaine incluent les concentrations maximales de contaminants établies par l'USEPA ainsi que les concentrations de contaminants représentant un risque pour la santé humaine établies par l'USGS. Les résultats reposent sur la concentration maximale de contaminants établie par l'USEPA pour le radon, c'est-à-dire 4 000 microcuries par litre. Les contaminants microbiens ne sont pas inclus.

Source : Adapté de DeSimone *et al.*, 2009



Figure 2.4.21 : Sécurité de l'eau en Amérique du Nord



Incidence de la sécurité de l'eau et la santé humaine (SESH) compromise par la rareté de l'eau et la pollution (à droite) et rajustement de la sécurité de l'eau et la santé humaine en fonction de mesures d'atténuation liées à l'infrastructure (à gauche).

Source : Adapté de DeSimone *et al.*, 2009; Vörösmarty *et al.*, 2010



les menaces à la sécurité de l'eau grâce à des investissements dans l'infrastructure, tel qu'illustré dans la plage de gauche de la **figure 2.4.21**, qui montre une menace à la sécurité de l'eau et la santé humaine rajustée. Les technologies de traitement des eaux usées et de l'eau potable protègent en très grande partie la population contre des problèmes dus à la qualité de l'eau qui pourraient autrement toucher la santé humaine. Le stockage de l'eau dans des réservoirs et les infrastructures utilisées pour l'irrigation atténuent la rareté naturelle de l'eau durant les mois d'été secs et au fil des années, notamment dans les parties arides de la région.

Les sections qui suivent décrivent certains des besoins en matière d'infrastructures liées à l'eau les plus essentielles auxquels fait face la région, notamment en ce qui concerne l'eau potable ainsi que le stockage et la distribution de l'eau. Ces besoins s'ajoutent aux besoins en matière d'infrastructures liées aux eaux usées et aux eaux pluviales, qui sont estimés comme représentant au total 298 milliards de dollars américains au cours des 20 prochaines années aux États-Unis. Ces modernisations comprennent le traitement des débordements des égouts unitaires et sanitaires et la mise à niveau de l'infrastructure de traitement des eaux usées au pays.

### Infrastructure liée à l'eau potable

L'infrastructure liée à l'eau potable comprend les réseaux de stockage de l'eau, les usines de traitement et les canalisations nécessaires pour livrer de l'eau potable sécuritaire par l'entremise des réseaux publics d'approvisionnement en eau de la région.

La plupart des conduites de branchement et des installations de plomberie intérieures utilisées par les services publics de l'eau potable ont été construites au moment de l'établissement des collectivités et sont, dans bon nombre de cas, assez vieilles. Le financement de l'infrastructure liée à l'eau potable aux États-Unis provient en grande partie d'un fonds d'emprunt renouvelable géré par l'USEPA et les États en vertu de la *Safe Drinking Water Act*. La contamination au plomb de l'eau potable à Flint, au Michigan, en 2015

(voir l'**encadré 2.4.3**), nous donne un aperçu de l'état de l'infrastructure liée à l'eau potable aux États-Unis. Un rapport d'enquête récent de USA Today, déclenché par l'événement de Flint, au Michigan, a permis de relever au moins 343 autres collectivités américaines qui avaient connu des dépassements à répétition des niveaux de plomb dans les robinets (Young et Nichols, 2016). Le risque de contamination par le plomb est plus grand dans les collectivités qui ont été établies avant les années 1980 et dans les habitations qui ont été construites avant cette période; la probabilité est donc plus élevée que ces collectivités et habitations soient desservies par des conduites d'eau et des installations de plomberie résidentielle contaminées par le plomb. La menace est également importante dans les collectivités où les sources d'eau sont plus corrosives.

On estime que les conduites servant à la distribution de l'eau potable aux résidents des États-Unis s'étendent sur plus d'un million et demi de kilomètres (1 million de milles). L'état de bon nombre de ces conduites est inconnu, car elles sont enfouies dans le sol, donc hors de la vue, et possédées et exploitées par des entités locales. Certaines conduites remontent à l'époque de la guerre de Sécession et font rarement l'objet d'un examen à moins qu'une fuite ou un bris d'une conduite ne soit détecté (American Society of Civil Engineers, 2013). Compte tenu de l'âge de l'infrastructure liée à l'eau aux États-Unis, il n'est pas surprenant qu'une grande partie de cette infrastructure approche la fin de sa durée de vie utile, ou l'ait déjà atteint. On estime à 240 000 par an le nombre de ruptures de conduites maîtresses aux États-Unis. La nécessité de reconstruire les réseaux de canalisation s'ajoute à d'autres besoins en matière d'investissement, comme le remplacement ou la modernisation des usines de traitement de l'eau et des réservoirs de stockage.

L'USEPA estime qu'environ 6 400 à 8 000 kilomètres (4 000 à 5 000 milles) de conduites maîtresses pour l'approvisionnement en eau potable sont remplacées chaque année (USEPA, 2013). La modernisation et l'entretien de l'infrastructure liée à l'eau potable aux États-Unis exigent des investissements de 384,2 milliards de dollars américains au cours des 20 prochaines années pour

### Encadré 2.4.3 : Le cas de Flint, au Michigan

En avril 2014, la Ville de Flint, au Michigan, s'est tournée vers une nouvelle source d'alimentation en eau, passant du lac Huron à la rivière Flint, qui traverse son territoire. Précédemment, la Ville achetait son eau à Detroit, qui la puisait dans le lac Huron. La décision de changer de source d'approvisionnement en eau a été prise par la Ville à la suite d'un vote, en 2013, pour que l'eau soit acheminée à ses résidents par l'intermédiaire d'une nouvelle canalisation construite à partir du lac Huron plutôt que de Detroit, ce qui a poussé cette dernière à annuler son entente et à hausser ses tarifs. Plutôt que d'accepter des tarifs plus élevés, la Ville de Flint a décidé d'utiliser la rivière locale comme mesure temporaire dans le but de faire des économies.

À la fin de l'été 2014, des résidents ont commencé à se plaindre de maux d'estomac, de perte de cheveux et d'éruptions cutanées. En août, on a détecté la présence d'*E. coli* dans l'eau de la ville, ce qui a forcé l'administration municipale à aviser ses résidents de faire bouillir leur eau avant de l'utiliser. Les résidents s'inquiétaient de l'odeur, de la couleur et du goût de l'eau. Bon nombre d'entre eux affirmaient que l'eau semblait causer des problèmes de santé, y compris des éruptions cutanées, des maux d'estomac, des pertes de cheveux, des infections respiratoires et de l'anémie. On a fini par découvrir que bon nombre des problèmes de santé étaient liés à une contamination au plomb dans le réseau d'approvisionnement en eau. L'eau de la rivière Flint était plus corrosive que celle utilisée précédemment, et a causé une détérioration par la corrosion des conduites en plomb du réseau de distribution et une exposition à ce métal. La plupart des villes ajoutent un produit chimique pour éviter la corrosion, mais l'eau de la rivière Flint n'a pas été traitée avec un inhibiteur de corrosion, de sorte que du plomb a été lessivé en dehors des conduites.

Les dossiers de santé indiquent que le pourcentage d'enfants présentant des niveaux de plomb élevé dans le sang à Flint était passé de 2,4 à 4,9 % dans l'ensemble de la ville, et que le pourcentage d'enfants empoisonnés au plomb avait doublé depuis 2013 et même triplé dans certains quartiers. Chez les enfants, l'empoisonnement au plomb peut entraîner des problèmes chroniques de croissance et de développement et affecter le comportement, l'audition et l'apprentissage. Chez les adultes, l'empoisonnement au plomb peut endommager le cerveau et le système nerveux, l'estomac et les reins, et peut conduire à divers autres troubles de la santé. Le 16 octobre 2015, les citoyens de Flint ont recommencé à être approvisionnés par la Ville de Detroit, mais il faudra du temps avant que le réseau de distribution devienne de nouveau sécuritaire, étant donné les dommages causés par la corrosion aux conduites de plomb qui avaient été protégées par une couche de carbonate de calcium jusqu'en 2013. Au début de 2016, le gouverneur Snyder a déclaré l'état d'urgence, envoyant des policiers de l'État faire du porte-à-porte pour remettre aux résidents du matériel de filtration d'eau et ouvrant plusieurs sites de distribution d'eau et de filtres (Barry-Jester, 2016). Le gouvernement fédéral des États-Unis a également coordonné une intervention multiorganismes visant à aider l'État et les dirigeants locaux à cerner l'ampleur et la portée du problème et à élaborer un plan d'atténuation à court et long terme des effets sur la santé associés à l'exposition au plomb (USEPA, 2016).

des milliers de kilomètres de conduites, en plus des milliers d'usines de traitement, de réservoirs de stockage, etc. De tels investissements sont nécessaires si l'on veut assurer la santé publique, la sécurité et le bien-être des habitants de nos villes et de nos collectivités. Environ les deux tiers de ces besoins concernent l'infrastructure de distribution de l'eau. Le rythme auquel les conduites maîtresses doivent être remplacées ou remises à neuf dépend du matériau de fabrication de la conduite, de son âge, des caractéristiques du sol, des conditions météorologiques et des méthodes de construction. Certains matériaux de tuyauterie tendent à se détériorer prématurément; les tuyaux en acier galvanisé sont particulièrement sensibles à la corrosion dans certains sols, et les tuyaux en fonte sans revêtement intérieur sont susceptibles à la corrosion interne.

Si l'on présume que chaque conduite devra être remplacée, le coût de ces remplacements pour les décennies à venir pourrait atteindre plus de mille milliards de dollars américains, selon l'American Water Works Association (AWWA, 2016). Si l'on retarde l'investissement, il y aura une augmentation des interruptions du service d'approvisionnement en eau et des dépenses pour des réparations d'urgence. Les besoins les plus importants concernent cinq régions des États-Unis : le Far West, les Grands Lacs, l'Atlantique centre, les Plaines et le Sud-Ouest, où les dépenses en immobilisations n'ont pas suivies le même rythme que les besoins. Bien que des fonds soient alloués par l'entremise d'un programme de fonds renouvelables liés à l'eau potable (Drinking Water State Revolving Fund), on observe une tendance selon laquelle les États et les gouvernements locaux assument la plus grande partie des coûts, car les crédits du Congrès ont diminué (Copeland, 2012).

Une évaluation récente de l'infrastructure canadienne liée à l'eau potable indique que sa condition est très bonne ou bonne dans plus de 70 % des cas, passable dans une proportion de 17 % seulement, en mauvais état dans 9 % des cas et en très mauvais état dans 3 % des cas (Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes de 2016). Il existe également des variations entre les organismes municipaux qui sont souvent responsables du traitement de l'eau potable, les zones rurales

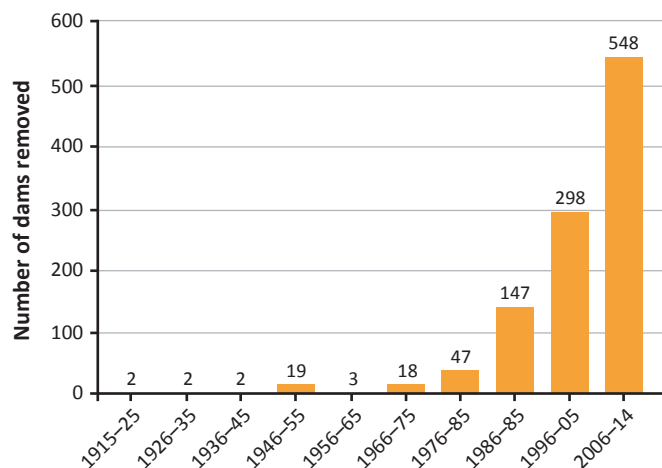
plus petites étant confrontées à des enjeux en matière de capacité technique et de capacité de gestion (Hrudey, 2008). En outre, les communautés rurales sont confrontées à des enjeux relatifs à un approvisionnement en eau de plus piètre qualité (p. ex., drainage des terres agricoles), qui posent des problèmes, même pour des installations de traitement perfectionnées (Petersen et Torchia, 2008). Reconnaissant les complexités relatives à l'eau de source, au traitement et à l'infrastructure d'approvisionnement en eau, des groupes pluri-gouvernementaux, comme le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable, ont élaboré une série de documents d'orientation portant sur l'approche à barrières multiples pour une eau potable saine à l'intention de divers publics, y compris la population en général et des spécialistes de l'industrie de l'eau.

## Barrages et réservoirs de stockage de l'eau

Mis à part certaines exceptions notables, l'Amérique du Nord a connu une période propice à la construction de barrages, qui a débuté avec la Nouvelle donne (*New Deal*) (1933-1938) et qui a pris fin durant les années 1970. À de nombreux endroits, notamment dans les régions intérieures de l'Ouest, les collectivités dépendent de l'eau stockée dans les réservoirs. Des milliers de barrages de tailles diverses ont été construits partout en Amérique du Nord et ont modifié de façon importante les régimes d'écoulement des rivières et des cours d'eau. Au Canada, l'un des constructeurs de barrages les plus importants du monde, on estime qu'il y a 933 grands barrages et des milliers d'ouvrages plus petits; la majeure partie (596) des grands barrages canadiens sont utilisés pour la production d'énergie hydroélectrique et les autres sont des barrages polyvalents (86) ou ils servent de bassins de résidus miniers (82), de structures d'approvisionnement en eau (57) et de structures d'irrigation (51) (Environnement Canada, 2010).

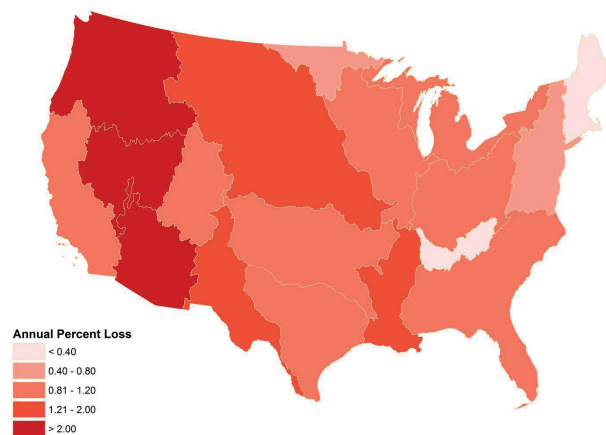
Le stockage en réservoir, qui est facilité par les barrages, est essentiel à l'acheminement des ressources en eau aux collectivités de l'ouest à la fin de l'été et au début de l'automne. La perte annuelle de la capacité de stockage des réservoirs aux États-Unis (**figure 2.4.23**) s'élève à 2 % par

Figure 2.4.22 : Taux de démantèlement de barrages aux États-Unis, 1915-2014



Source : O'Connor *et al.*, 2015

Figure 2.4.23 : Perte annuelle de la capacité de stockage des réservoirs aux États-Unis, 2012



Répartition de la perte moyenne annuelle de la capacité des réservoirs dans la partie continentale des États-Unis. Les régions de ressources en eau sont définies d'une manière générale par les bassins versants des grandes rivières.

Source : Graf *et al.*, 2010



Barrage de Glen Canyon, sur le fleuve Colorado.

© Christine Chessia

an dans l'ouest, où les rivières transportent naturellement de grandes quantités de sédiments, ce qui laisse présager une durée de vie utile de moins de 50 ans (Graf *et al.*, 2010). Comme les réservoirs augmentent la superficie de l'eau dans un réseau, l'évaporation associée aux barrages représente une perte d'eau importante pour les régions de l'ouest.

Au début des années 1960, l'USGS estimait que l'évaporation dans les réservoirs et les lacs régularisés dans les 17 États de l'ouest correspondait à 12 229 000 acres-pieds et représentait plus de la moitié de l'évaporation des eaux de surface (Meyers, 1962). Plus récemment, le Bureau of Reclamation des États-Unis a évalué les pertes par évaporation dans huit grands bassins versants de l'ouest et a trouvé que l'évaporation dans le lac Powell et le lac Mead à eux seuls représentait 10 % de l'écoulement naturel total dans le bassin versant du fleuve Colorado (Blanken et Huntington, 2015). Ces résultats soulignent la nécessité de trouver des mécanismes de recharge pour stocker l'eau dans les États de l'ouest qui n'entraînent pas de pertes élevées par l'évaporation.

En raison des effets des barrages sur les écosystèmes des cours d'eau et des rivières et des coûts élevés d'entretien associés aux pertes dues à la sédimentation et à l'évaporation, on a observé une tendance récente au démantèlement ou à la mise hors service de barrage dans l'ensemble des États-Unis (O'Connor *et al.*, 2015), plus de 500 barrages ayant été démantelés entre 2006 et 2014 (**figure 2.4.22**). La plupart des chenaux des rivières se sont stabilisés en quelques mois, et les populations de poissons migrateurs ont réagi rapidement au rétablissement de la connectivité des rivières, ce qui indique un haut degré de résilience (O'Connor *et al.*, 2015).

Au cours des dernières années, dans l'ensemble de l'Amérique du Nord, l'accent a été mis sur une meilleure compréhension des exigences écologiques liées au débit. Bien que bon nombre d'ordres de gouvernement n'aient pas encore établi de processus tenant compte des débits écologiques (Linnansaari *et al.* 2013), des cadres scientifiques ont été élaborés et sont actuellement mis en œuvre. Par exemple, un cadre pratique imposant des limites écologiques à

la modification de l'hydrologie (Ecological Limits of Hydrological Alteration [ELOHA]) et pouvant être appliqué à l'échelon régional a été conçu pour faciliter la prise en compte des débits écologiques dans le processus décisionnel concernant l'eau (Poff *et al.*, 2010). Jusqu'à présent, ELOHA a été utilisé dans au moins dix États américains ainsi que dans de nombreux pays à travers le monde.

## 2.5 Milieux marins, côtiers et océaniques

### 2.5.1 Introduction

D'importants progrès ont permis de limiter la pollution des côtes par des contaminants de sources ponctuelles. Les contaminants de sources diffuses, comme ceux émanant des fermes, des routes et des paysages urbains et suburbains, demeurent en grande partie non maîtrisés et représentent d'importantes sources de pollution permanente, notamment du fait de la présence d'éléments nutritifs menant à des proliférations d'algues et à l'hypoxie. L'utilisation par le passé de certains produits chimiques qui ne sont plus fabriqués en Amérique du Nord, par exemple le dichlorodiphényltrichloréthane (DDT) et les biphényles polychlorés (BPC), a laissé un héritage de contamination, bien que des politiques efficaces permettent de réduire les concentrations de ces polluants. Ces produits chimiques persistants demeurent dans les sédiments et continuent à entraîner des effets toxiques longtemps après que leur utilisation a cessé. Le réchauffement et l'acidification des océans, les débris marins, en particulier les plastiques, et les nouveaux produits chimiques préoccupants, comme les produits pharmaceutiques, sont des problèmes continus qui s'aggravent.

### 2.5.2 Menaces liées au climat : réchauffement, élévation du niveau de la mer et acidification des océans

#### Réchauffement des océans

Le réchauffement des océans (voir la section 2.3) est un enjeu pour la vie marine. L'un des effets les plus importants



## Messages clés : Milieux marins, côtiers et océaniques

The coastal and marine environment is under increasing threat in the region, both from harmful trends regarding some traditional environmental pressures such as nutrient loads, as well as new pressures such as ocean acidification, ocean warming, sea-level rise, and novel forms of marine debris.

- L'environnement côtier et marin de la région est de plus en plus menacé, à la fois par les tendances nuisibles de certaines pressions environnementales traditionnelles, comme les charges en éléments nutritifs, et par de nouvelles pressions comme l'acidification des océans, le réchauffement océanique, l'élévation du niveau de la mer et les nouvelles formes de débris marins.
- Malgré les importants progrès accomplis dans la lutte contre la pollution côtière provenant de sources ponctuelles en Amérique du Nord, les sources diffuses, telles que les fermes, les routes et les paysages urbains ou suburbains demeurent en grande partie incontrôlées et sont des sources importantes de pollution continue, en particulier les éléments nutritifs qui mènent à des proliférations d'algues et à l'hypoxie.
- L'utilisation historique de certains produits chimiques qui ne sont plus fabriqués en Amérique du Nord, par exemple le dichlorodiphényltrichloréthane (DDT) et les biphényles polychlorés (BPC), a laissé un héritage de contamination, bien que des politiques efficaces aient permis de diminuer les concentrations de ces produits.
- Les problèmes continus qui s'aggravent comprennent le réchauffement et l'acidification des océans, les débris marins, en particulier les plastiques et les nouveaux produits chimiques préoccupants, dont des produits pharmaceutiques.

et les plus visibles du réchauffement de l'eau est le blanchissement du corail, qui est dû à l'expulsion induite par le stress des zooxanthelles symbiotiques, des organismes photosynthétiques unicellulaires qui répondent à la plus grande partie des besoins nutritionnels des coraux. Si une colonie corallienne survit à une période stressante, les zooxanthelles peuvent recoloniser les zones après des semaines ou des mois. Certaines espèces de zooxanthelles et de coraux sont plus résistantes au stress que d'autres (NOAA, 2014). Si le stress est prolongé et si les zooxanthelles ne peuvent recoloniser l'endroit, le corail meurt. De grandes colonies de coraux, comme des *Porites*, sont capables de résister à des chocs thermiques extrêmes. D'autres coraux branchus, plus fragiles, sont plus sensibles au stress suivant un changement de température. Les récifs coralliens

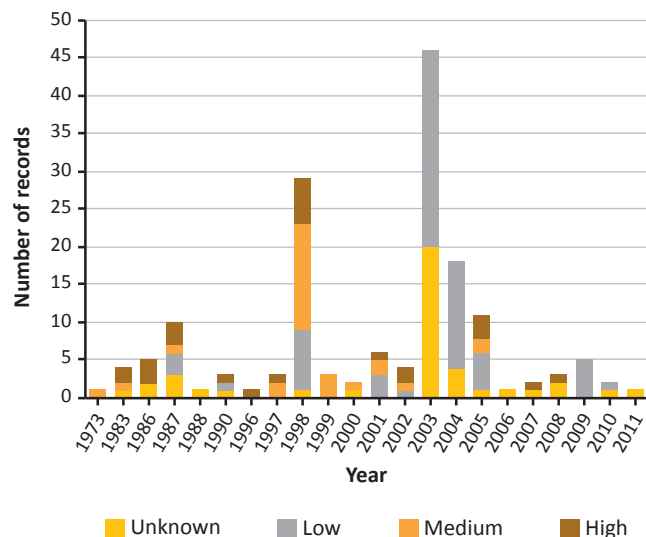
d'Amérique du Nord se trouvent à Hawaii, en Floride ainsi que dans les Caraïbes et les îles du Pacifique.

### Blanchissement du corail

Le blanchissement des coraux se produit lorsque ceux-ci sont soumis à un stress, ils perdent alors leurs symbiotes algues et leur couleur vire au blanc. On assiste, depuis 1980, à une tendance générale à la hausse du blanchissement (**figure 2.5.1**), tandis que les températures de l'océan s'élèvent, et on s'attend à une hausse de la fréquence et de l'intensité de ce phénomène. Des événements aussi graves que celui de 1998 pourraient devenir monnaie courante, et des cas de blanchissement se produiront chaque année dans la plupart des océans tropicaux d'ici les 30 à 50 prochaines



Figure 2.5.1: US Coral bleaching, 1980-2011



Source : Reef Base, 2013



Blanchissement du corail  
© NOAA

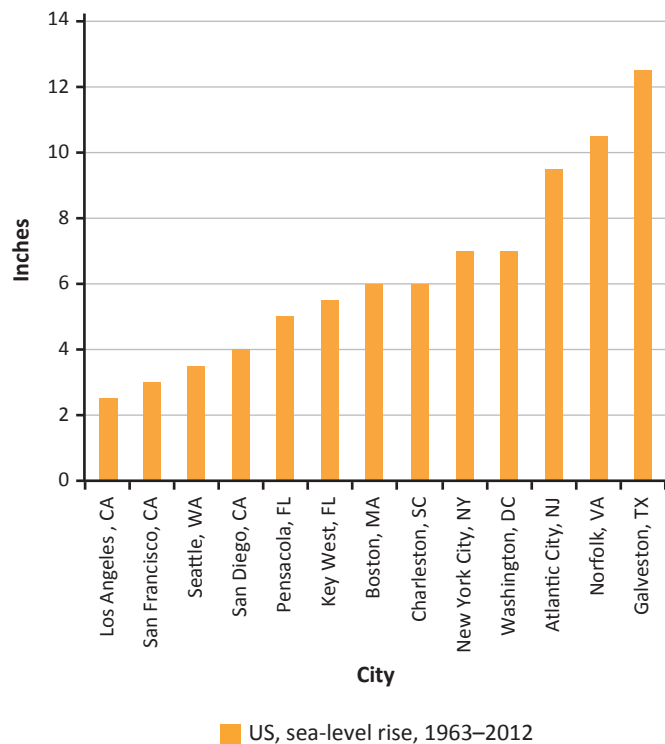
années (Hoegh-Guldberg, 1999). À l'automne 2015, Hawaï a connu le pire épisode de blanchissement de coraux de son histoire, lorsque les températures des eaux environnantes ont atteint des valeurs anormalement élevées (Ku'ulei *et al.*, 2015).

La variation de la température peut aussi influencer sur l'abondance et la répartition du plancton. À mesure que la surface océanique se réchauffe, elle se stratifie davantage, et les différences de température s'accroissent entre les eaux chaudes de surface et les eaux profondes plus fraîches. Les mouvements verticaux de l'eau – les remontées d'eau, qui transportent les éléments nutritifs des eaux plus profondes vers la surface où vit la plus grande part du phytoplancton – sont moins fréquents. Par conséquent, le phytoplancton reçoit moins d'éléments nutritifs et est moins abondant. Les remontées d'eau sont parfois stimulées par le mélange dû au vent; moins de vent signifie moins de mélange, moins

d'éléments nutritifs pour le phytoplancton et moins de phytoplancton pour soutenir les populations de poissons (Behrenfeld *et al.*, 2006).

En réponse au réchauffement, les aires de répartition des espèces marines risquent de connaître des changements. Elles pourraient migrer vers les pôles et/ou vers des profondeurs plus grandes où les températures sont plus appropriées à ces espèces. Si les océans continuent de se réchauffer comme prévu, il y aura aussi un déclin de l'abondance et de la diversité du phytoplancton dans les eaux tropicales en raison de sa migration vers les pôles. On a déjà observé le déplacement vers les pôles de nombreux animaux marins (Poloszanka *et al.*, 2013), et des relevés indiquent aussi que de nombreuses espèces de poissons sont également en voie de migrer vers les pôles (NOAA, 2014). Toutefois, l'habitat des animaux qui vivent déjà dans les régions polaires se rétrécit au gré de la fonte des glaces;

Figure 2.5.2 : Élévation du niveau de la mer aux États-Unis, 1963-2012



Source : Straus *et al.*, 2012

les ours blancs, par exemple, ont besoin de glace marine, laquelle disparaît actuellement de l'Arctique à une vitesse alarmante.

### Élévation du niveau de la mer

L'élévation du niveau de la mer est causée par la dilatation thermique des eaux plus chaudes de l'océan et la fonte des glaciers et des inlandsis qui renouvellent l'eau de l'océan. Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, le niveau mondial de la mer a monté en moyenne d'environ deux millimètres par an, ce qui est beaucoup comparativement à la valeur des trois millénaires précédents. Des mesures récentes et une nouvelle analyse

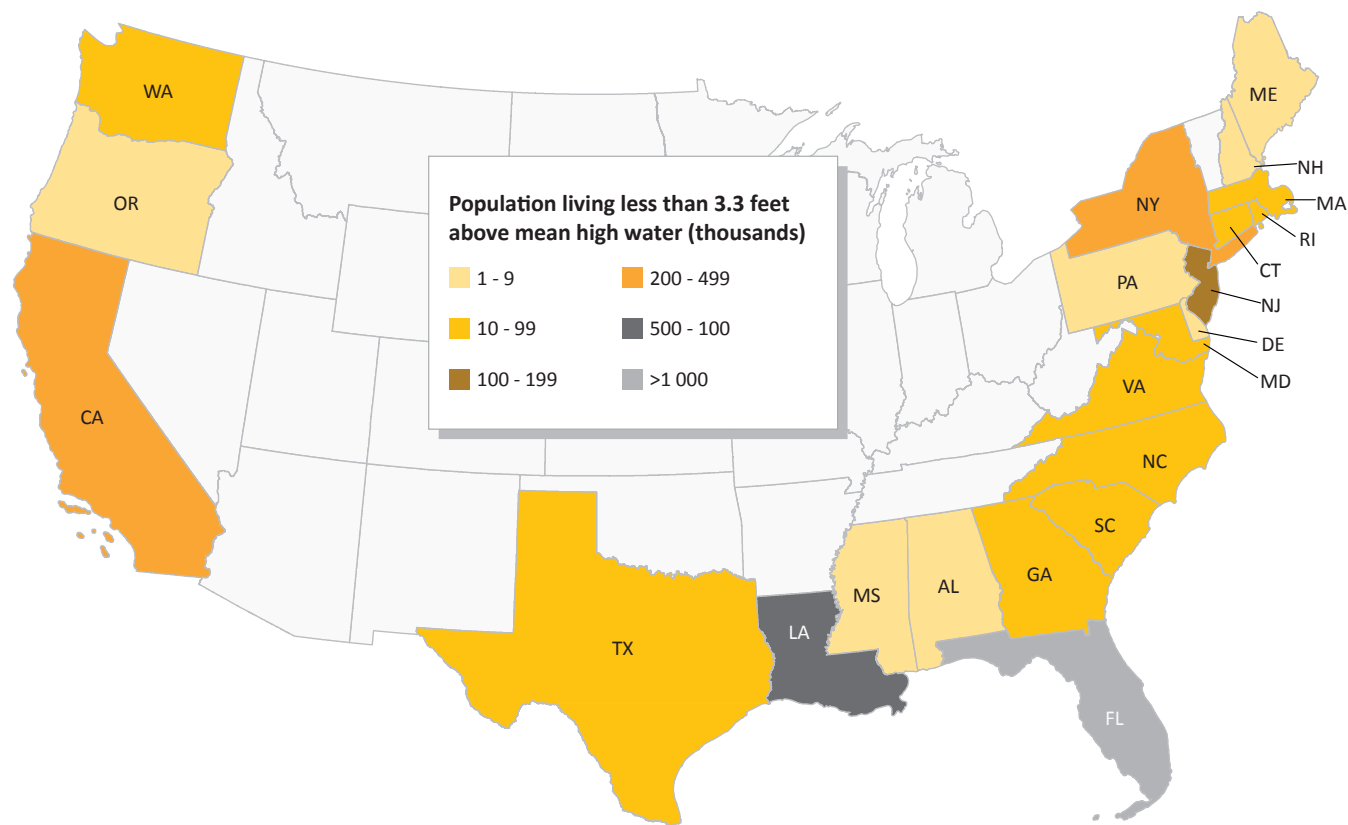
indiquent que le niveau de la mer s'élève déjà deux fois plus vite qu'au cours des décennies précédentes et qu'il excède l'élévation prévue par les modèles climatiques (Hay *et al.*, 2015). On attribue environ 25 à 50 % de l'élévation du niveau de la mer depuis 1960 à la dilatation thermique. Les petits glaciers et les petites calottes glaciaires ont considérablement reculé au cours du XX<sup>e</sup> siècle, et le ruissellement d'eau douce dû à la fonte des glaces terrestres est censé augmenter. Au cours des 20 dernières années, la fonte des glaciers a contribué de façon majeure à l'élévation du niveau de la mer (Larsen *et al.*, 2015), et continuera de le faire de façon prédominante au cours du XXI<sup>e</sup> siècle si les tendances actuelles se maintiennent.

L'élévation du niveau de la mer pourrait rendre des régions et des pays insulaires entiers inhabitables ou extrêmement vulnérables aux inondations et aux tempêtes. En raison des fortes concentrations de population et du développement dans les zones côtières, de nombreux pays sont vulnérables à l'élévation du niveau de la mer et aux inondations côtières. Des dizaines de millions de personnes partout dans le monde sont déjà exposées aux inondations côtières découlant de cyclones tropicaux, et les changements climatiques pourraient contribuer à faire monter le niveau de la mer et à augmenter le nombre d'ouragans violents, causant ainsi plus d'inondations. Les pays en développement, en particulier les petites îles et les basses terres, sont très vulnérables et ont une capacité d'adaptation limitée à l'élévation du niveau de la mer (PNUE, 2014). Les basses terres des pays développés, telles que Long Island, New York et le sud de la Floride sont également à risque élevé (figures 2.5.2 et 2.5.3). Les populations côtières sont particulièrement vulnérables aux catastrophes naturelles telles que les tsunamis, les inondations et les ouragans. Puisque plus d'un tiers de la population mondiale vit dans des zones côtières à moins de 100 kilomètres du littoral, les effets pourraient être désastreux.

### Acidification des océans

Lorsque du dioxyde de carbone issu de la combustion de combustibles fossiles pénètre dans l'atmosphère (voir

Figure 2.5.3 : Les États côtiers des États-Unis menacés par la montée du niveau de la mer



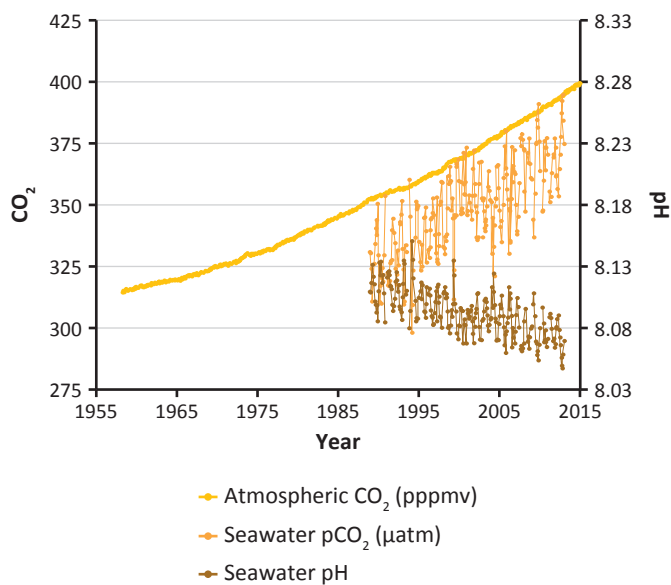
Ces dernières années, les habitants des États situés dans des zones côtières de faible élévation ont subi des dommages liés à de graves inondations provoquées par des tempêtes côtières. Bien que tous les États côtiers soient vulnérables, ce sont la Floride, la Louisiane, l'État de New York et la Californie qui comptent le plus grand nombre de personnes vivant sur des terres situées à moins de 3,3 pieds au-dessus du niveau des hautes eaux.

Source : Adapté de NOAA, 2012a; Strauss *et al.*, 2012

« Énergie » à la section 2.9), environ un tiers se dissout dans l'océan, où il se combine à l'eau pour former de l'acide carbonique, qui se transforme en ions bicarbonate et en ions d'hydrogène, acidifiant ainsi davantage l'eau (figure 2.5.4). Depuis le début de l'ère industrielle au XIX<sup>e</sup> siècle, l'acidification des océans a augmenté de 0,1 unité de pH, ce qui représente une hausse de 30 %. Le degré d'acidification des océans varie naturellement d'une saison à l'autre, d'une année à l'autre et d'une région et d'un emplacement à l'autre.

Les vents et les courants qui agissent sur le déplacement de l'eau dans les océans créent des voies localisées et des zones acides. En outre, les observations directes remontent à 30 ans seulement. Néanmoins, si les émissions de dioxyde de carbone se maintiennent au taux actuel, les modèles prévoient une augmentation mondiale moyenne de 0,2 à 0,3 unité de pH d'ici 2100, en plus de l'acidification qui s'est déjà produite, doublant l'acidité actuelle des océans. Cette augmentation de plus d'une unité de pH en 200 ans

Figure 2.5.4 : Hausse du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et les océans et du pH de l'eau de mer



Le graphique illustre la corrélation entre les concentrations à la hausse de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère à Mauna Loa et les concentrations à la hausse de CO<sub>2</sub> dans l'océan à proximité, mesurées à la station Aloha. Le pH de l'océan diminue à mesure qu'il s'y accumule une plus grande quantité de CO<sub>2</sub>.

Source : Adapté de Feely *et al.*, 2009

est extrêmement rapide. Même si certains organismes marins pourront tolérer ces conditions ou évoluer de façon à s'y adapter, les changements pourraient survenir trop rapidement pour permettre à bon nombre d'entre eux de le faire (Kroeker *et al.*, 2010).

L'élévation du niveau de la mer menace également les communautés naturelles comme les marais salés et les mangroves au bord de l'eau. Ces communautés devront migrer vers les terres ou accroître leur élévation afin d'éviter d'être submergées par la montée du niveau de la mer. Comme il s'agit d'habitats importants pour les oiseaux et les animaux

marins qui s'en servent comme habitats d'alevinage, de nombreuses espèces seraient à risque si la migration de ces zones humides devenait impossible. Les marais salés côtiers et les mangroves servent également de zones tampons, protégeant les collectivités humaines des ondes de tempête et des inondations. Ces zones humides offrent de nombreux autres avantages pour les humains, dont un habitat servant à des espèces importantes pour la pêche commerciale et à des espèces sauvages; une qualité de l'eau améliorée par l'élimination des sédiments, des éléments nutritifs et de la pollution; une valeur récréative et esthétique. Ces précieux écosystèmes sont donc très vulnérables à l'élévation du niveau de la mer prévue au cours du siècle prochain en raison du réchauffement planétaire. Dans bien des régions, on ne s'attend pas à ce que les marais soient en mesure d'accroître leur élévation assez vite pour s'adapter à la montée du niveau de la mer, mais si des tempêtes y transportent de nouveaux sédiments, les marais pourraient parvenir à hausser leur élévation et prolonger leur durée de vie. Dans les zones aénagées, les routes et les maisons, entre autres, construites en bordure des marais empêchent ceux-ci de migrer vers l'intérieur des terres.

L'acidification des océans menace la santé écologique des océans et le bien-être économique des personnes qui dépendent d'un environnement marin sain. On s'attend à ce que l'acidification ait des effets sur diverses espèces marines, notamment celles qui ont besoin des ions calcium et carbonate de l'eau de mer pour produire du carbonate de calcium afin de former leurs coquilles. À certains emplacements, on observe déjà des mollusques au stade larvaire et d'autres organismes calcifiants avec une coquille de forme anormale, et le plancton calcaire, dont certaines espèces de phytoplancton à la base des chaînes alimentaires océaniques, les coraux et les mollusques et crustacés, sont menacés.

L'eau au large de la côte du Pacifique nord-américaine présente déjà un faible état de saturation en carbonate. Lorsque les vents de surface soufflent depuis les côtes sur la couche supérieure de l'eau, les eaux plus profondes et plus acides peuvent remonter et avoir des effets nuisibles sur les

mollusques et les crustacés. Des remontées d'eau riche en dioxyde de carbone se produisent déjà de façon périodique le long de la côte ouest des États-Unis, où le taux de survie des huîtres à l'état larvaire est très bas. Certains estuaires de la côte du Pacifique, où l'industrie commerciale des mollusques et des crustacés repose sur la reproduction naturelle des huîtres, connaissent une réduction du captage naturel des huîtres juvéniles. Des chercheurs ont montré que l'acidité accrue de l'eau affectait la formation des coquilles des huîtres au stade larvaire (Barton *et al.*, 2012). Le personnel des écloséries surveille maintenant le niveau de pH de l'océan et chronomètre l'apport en eau afin de veiller à ce que les huîtres soient exposées à des eaux moins acides.

Les effets de l'acidification des océans ne se limitent pas à la formation des coquilles. On a observé des effets de ce phénomène sur le comportement et le développement d'un certain nombre d'animaux marins. Une exposition des œufs et des larves d'un poisson estuarien commun à des concentrations élevées de dioxyde de carbone a réduit considérablement la survie et la croissance de ce poisson (Baumman *et al.*, 2012). Les comportements, en particulier ceux liés au système olfactif, sont également perturbés chez de nombreuses espèces. Les poissons dans l'eau acide en laboratoire ou vivant près de suintements naturels, où du dioxyde de carbone est libéré par l'activité volcanique, perdent leur crainte naturelle de l'odeur des prédateurs et deviennent attirés par ceux-ci. Le comportement prédateur peut cependant aussi être perturbé. Munday *et al.* (2014) ont découvert que l'odeur des proies attirant les requins s'affaiblissait dans l'eau de mer en présence de concentrations élevées de dioxyde de carbone.

L'eutrophisation est une autre source de dioxyde de carbone dans les eaux côtières (Sunda et Cai, 2012). À mesure que la matière organique se décompose et appauvrit le milieu en oxygène, elle libère aussi du dioxyde de carbone, qui accélère l'acidification des eaux côtières et des estuaires en particulier. Les effets combinés de l'hypoxie et de l'acidification intensifient les effets négatifs (Gobler *et al.*, 2014). Bien que la solution à long terme à l'acidification des océans soit la réduction des émissions de dioxyde de carbone

au moyen d'accords internationaux, d'autres approches à court terme peuvent être mises en oeuvre localement. Puisque les surplus d'azote (eutrophisation) contribuent à l'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone dans les eaux côtières ainsi qu'à une réduction de l'oxygène, il est possible d'atténuer l'acidification en réduisant les effluents et le ruissellement des éléments nutritifs.

### 2.5.3 Qualité de l'eau : les principales menaces et leurs répercussions

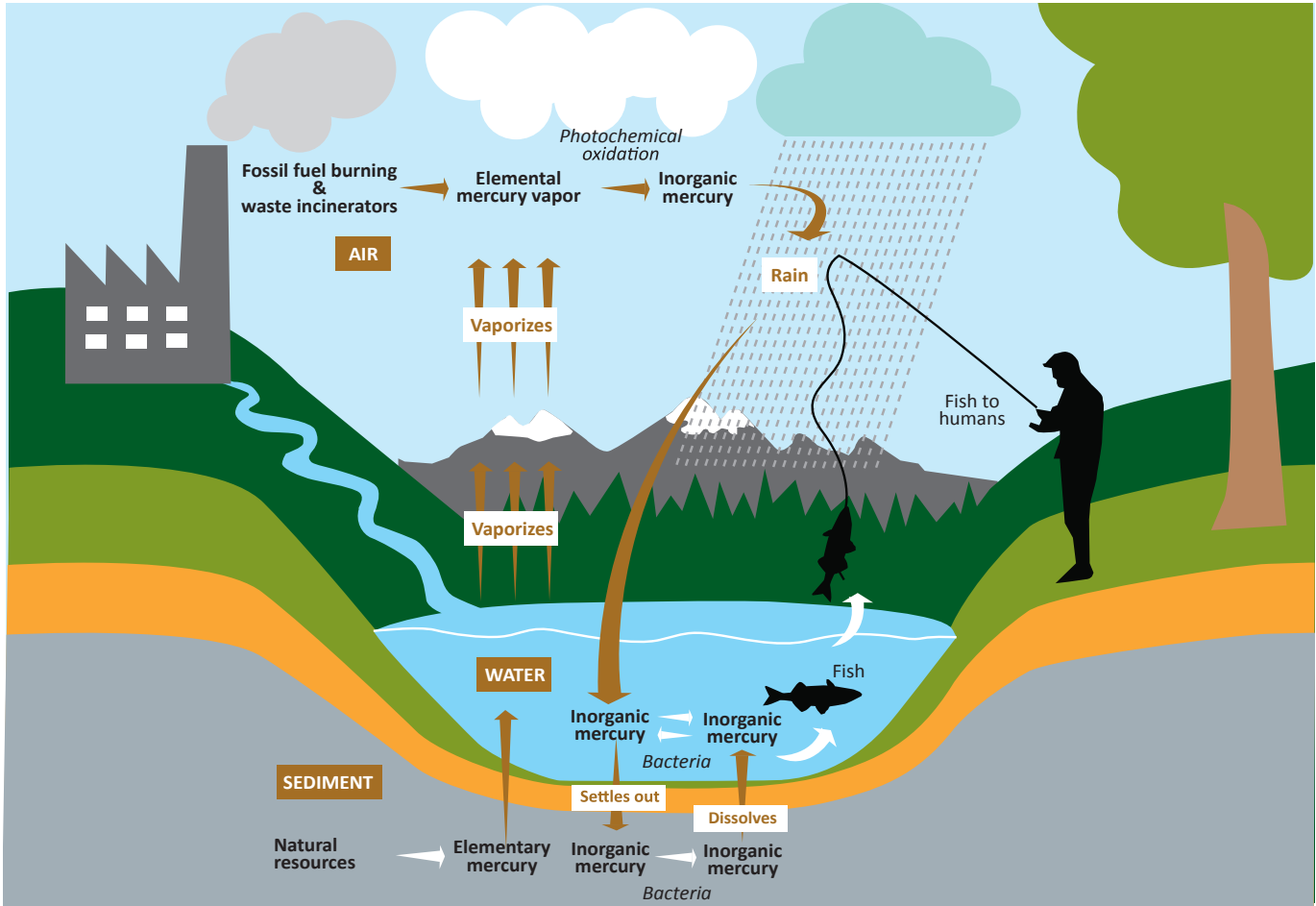
#### Contaminants

Les produits chimiques toxiques reconnus comme des menaces il y a des décennies diminuent lentement, de façon générale. Les substances toxiques peuvent perturber le métabolisme, les systèmes de régulation et de défense immunitaire et compromettre la reproduction, voire la survie. Les premiers stades biologiques, les gamètes, la fertilisation, le développement embryonnaire et larvaire, sont les plus vulnérables. La régulation hormonale de la reproduction peut être affectée par de nombreux contaminants, maintenant appelés perturbateurs endocriniens (Colborn *et al.*, 1993). Les expositions pendant les premiers stades biologiques peuvent causer des effets qui se manifesteront ultérieurement, parfois des années plus tard. Ainsi, les effets retardés à long terme et les effets indirects sont importants.

#### Métaux

L'étude sur la présence de métaux dans les mollusques bivalves côtiers, le programme Mussel Watch de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) des États-Unis, n'a révélé aucune tendance nationale générale (Kimbrough *et al.*, 2008). Vingt-sept sites ont connu des diminutions importantes, dont une grande partie en Caroline du Sud, alors que neuf sites affichaient des augmentations considérables. Les niveaux les plus élevés étaient dans les zones urbaines et industrialisées. Le cuivre et le mercure font partie des métaux les plus toxiques pour la vie aquatique. Le système olfactif des poissons est particulièrement sensible au cuivre (Hansen *et al.*, 1999; Hansen *et al.*, 2004), qui est aussi

Figure 2.5.5 : Voies d'entrée du mercure chez les poissons et les humains Source: Adapted from Driscoll et al. 2013



Source : Adapté de Driscoll et al., 2013

particulièrement toxique pour les algues et les mollusques; il est utilisé comme algicide et molluscicide. Le mercure est un métal très toxique qui est présent à la fois naturellement dans l'environnement et comme contaminant. Le risque qu'il pose est déterminé par la forme de mercure présente dans l'environnement. Le méthylmercure est la forme la plus toxique (AMAP, 2016; Legrand, 2010), et le mercure inorganique peut être transformé en méthylmercure par les bactéries dans les sédiments marins. En plus d'être beaucoup

plus toxique que les formes inorganiques du mercure, le méthylmercure est également bioamplifié le long de la chaîne alimentaire.

Certains types de contaminants chimiques, dont le méthylmercure et les hydrocarbures chlorés, tendent à se bioamplifier dans les réseaux trophiques, de sorte que les carnivores au sommet de la chaîne présentent les plus fortes charges corporelles de ces produits chimiques nuisibles.



Les carnivores du sommet de la chaîne comprennent les gros poissons d'une grande longévité, comme le thon, les requins et l'espadon, qui sont consommés par les humains et susceptibles d'avoir des effets sur ceux-ci par suite de cette consommation. Le développement du système nerveux humain est particulièrement sensible au méthylmercure (Boucher *et al.*, 2012).

Les effets de l'accumulation de produits chimiques toxiques sont lents et chroniques, contrairement à ceux des maladies aiguës, comme celles causées par des agents pathogènes ou des toxines algales. La consommation de poisson est de loin la source la plus importante d'exposition au mercure par ingestion chez les humains (**figure 2.5.5**). Les jeunes enfants et les femmes enceintes sont les plus vulnérables. Puisque le mercure est une neurotoxine, les symptômes comprennent généralement des déficiences sensorielles (vue, ouïe et parole), des troubles de perception et une mauvaise coordination (Counter et Buchanan, 2004).

Des carottes de sédiments prélevées dans le cadre d'une étude, (Wentz *et al.*, 2014), indiquent des réductions du mercure dans les plans d'eau au fil du temps, ce qui laisse croire que les concentrations dans les poissons vont diminuer. La surveillance des activités de pêche, l'affichage de panneaux de « pêche interdite » et l'émission d'avis sur l'interdiction de consommer le poisson lorsque les concentrations de polluants sont élevées peuvent réduire la consommation humaine de poissons contaminés par le mercure ou d'autres substances toxiques, comme les BPC. Toutefois, les personnes dans les groupes à faible revenu sont parfois plus susceptibles d'ignorer les avertissements en faveur d'un « repas gratuit » et d'autres choix d'aliments limités qui s'offrent à eux, un enjeu relevant de la justice environnementale.

## Hydrocarbures pétroliers

Les hydrocarbures pétroliers sont un problème persistant, malgré la diminution du nombre de déversements provenant de navires-citernes au cours des trois dernières décennies, qu'il soit question de gros ou de petits déversements (Musk,

2015). Le programme Mussel Watch de la NOAA a recensé des diminutions des hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA) sur deux décennies (Kimbrough *et al.*, 2008).

Néanmoins, les déversements de pétrole, la salissure des plages et des rivages et la mortalité des oiseaux et des mammifères marins qui en résultent demeurent une importante préoccupation publique. Parmi les grandes catastrophes pétrolières des dernières années, mentionnons l'Exxon Valdez en Alaska en 1989 et l'explosion du puits de la plateforme Deepwater Horizon en 2010 exploitée par BP dans le golfe du Mexique.

Bon nombre des gros déversements ont entraîné des conséquences à long terme, principalement pour les estuaires et les marais, en raison de la persistance des fractions de pétrole dans ces milieux à faible énergie (Peterson *et al.*, 2003; Sanders *et al.*, 1980). La biodisponibilité du pétrole résiduel pour les animaux vivant sous la surface de la mer ou dans le fond des lacs est influencée par l'hydrosolubilité, le taux d'altération et la granulométrie des sédiments. Les effets sur le comportement, le développement, la génétique, la croissance, l'alimentation et la reproduction peuvent durer des décennies (Macdonald *et al.*, 2008). Après un déversement, la plupart du pétrole est soumis à un processus d'altération, mais dans les marais ou sur les plages de sable, il peut s'enfoncer à des profondeurs où il persiste pendant des décennies en l'absence d'oxygène. Après le déversement de l'Exxon Valdez, il est apparu évident que les conséquences à long terme au niveau de la population, ainsi que les interactions entre les espèces et les variables abiotiques, devaient être prises en compte (Peterson *et al.*, 2003). L'application de dispersants peut accroître la toxicité en augmentant l'exposition aux hydrocarbures des espèces de la colonne d'eau. De nombreux scientifiques s'inquiètent des incidences graves sur les espèces du golfe exposées au Corexit, un dispersant, et au pétrole dans la colonne d'eau.

Pour les espèces vulnérables telles que les graminées marines, les coraux, le plancton, les crevettes, les crabes et les petits poissons, la toxicité des dispersants combinée à celle du pétrole est supérieure à celle du pétrole à lui seul

(Anderson *et al.*, 2009, Couillard *et al.*, 2005, Ramachandran *et al.*, 2004).

## Polluants organiques persistants

Les polluants organiques persistants (POP) les plus préoccupants sont les pesticides chlorés et les biphényles polychlorés (BPC), qui ont tous deux été bannis dans les années 1970 au Canada et aux États-Unis. Ce n'est que récemment qu'on a commencé à s'inquiéter de la toxicité des produits chimiques bromés et fluorés; ils sont abordés ci-dessous dans la section portant sur les nouveaux contaminants préoccupants.

Le programme Mussel Watch de la NOAA a permis d'observer une diminution importante des pesticides chlorés (chlordanes, DDT, dieldrines) sur deux décennies, ainsi que des BPC (Kimbrough *et al.*, 2008). La surveillance des poissons en Amérique du Nord a révélé une baisse marquée des concentrations d'organochlorés après l'imposition de mesures d'interdiction de ces substances, ce qui témoigne du succès de ces politiques. Des relevés ont montré une baisse constante du DDT au début des années 1980.

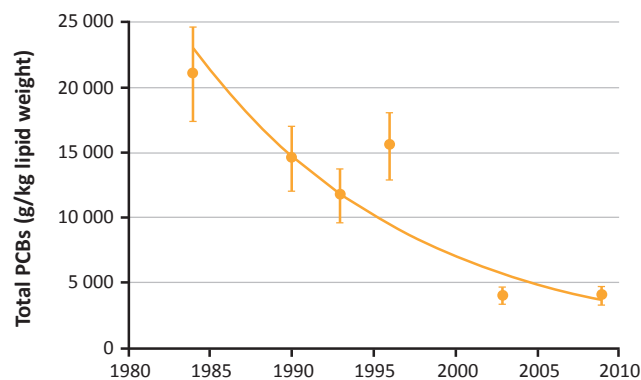
Les BPC, qui sont aussi des hydrocarbures chlorés, ont été bannis aux États-Unis en 1979. Le Canada a interdit l'importation et la vente des BPC et restreint leur utilisation en 1977. Les BPC comprennent plus de 200 congénères contenant divers atomes de chlore à différentes positions dans la structure des biphényles, et présentent différents niveaux de toxicité. Les biphényles polychlorés ont servi dans des applications industrielles et commerciales, dont l'équipement électrique, comme plastifiants; étaient présents dans des pigments et le papier autocopiant et d'autres applications. Ils se sont introduits dans l'environnement pendant leur fabrication et leur utilisation. Des rejets de BPC dans l'environnement sont toujours possibles, notamment en provenance de décharges de déchets dangereux mal gérées, en cas de fuites de transformateurs électriques et lors de l'élimination de produits contenant des BPC dans des sites d'enfouissement.

Les hydrocarbures chlorés sont très persistants et restent dans l'environnement, en particulier dans les sédiments; on continue donc de les détecter longtemps après leur interdiction (King *et al.*, 2004). Résistants à la dégradation microbienne, ils subsistent pendant une longue période dans l'air, l'eau et le sol. Puisque les BPC sont transportés sur de grandes distances, on trouve donc des concentrations de ces substances loin de leur point de rejet. Comme les pesticides chlorés et le méthylmercure, les BPC se bioamplifient. Les animaux se situant à des niveaux trophiques supérieurs présentent de plus fortes concentrations que les plus petits. Les concentrations de BPC ont commencé à diminuer après l'interdiction d'utilisation. La **figure 2.5.6** illustre la diminution des concentrations de BPC chez les phoques communs au Canada (Ross *et al.*, 2013).

## Pollution acoustique

La pollution acoustique dans l'océan est une autre préoccupation émergente. De nombreuses espèces marines sont dotées d'une capacité d'audition particulière, de compétences en communication et d'aptitudes à localiser

Figure 2.5.6 : Baisse des concentrations de BPC chez les phoques communs au Canada, 1980-2010



Source : Ross *et al.*, 2013

des échos. Les activités humaines telles que la navigation commerciale, l'exploration et l'extraction de pétrole et de minerais, l'utilisation de canons à air pour l'exploration sismique, le sonar et même les motomarines contribuent à accroître les bruits sous-marins. Le son voyage quatre fois plus vite dans l'eau que dans l'air, soit à 1 230 mètres par seconde par opposition à 340 mètres par seconde; il parcourt donc une plus grande distance sous l'eau, et comme celle-ci est plus dense que l'air, les ondes sonores se déplacent dans l'eau à des niveaux d'énergie supérieurs, ce qui les rend plus audibles. En conséquence, le son à haute intensité dans les océans peut parcourir des milliers de kilomètres et entraîner des effets létaux et sublétaux (André *et al.*, 2011). Les animaux sont alarmés par les sons, qui peuvent endommager des organes internes, en particulier les oreilles, et peuvent causer une réaction de panique. La communication normale entre les animaux marins peut être perturbée par le bruit. La mort d'animaux, surtout de cétacés, survient souvent dans les heures suivant l'exposition à un bruit sous-marin extrême (Peng *et al.*, 2015) – par exemple, il arrive souvent que, peu de temps après un exercice avec un sonar tactique, des baleines meurent après s'être échouées. Il s'agit d'une situation plutôt courante signalée dans les zones côtières américaines où les exercices de sonar sont fréquents. Comme la taille des navires augmente sans cesse, il est probable que la pollution acoustique soit à la hausse, mais aucune donnée n'a permis de soutenir cette tendance.

## Éléments nutritifs et eutrophisation

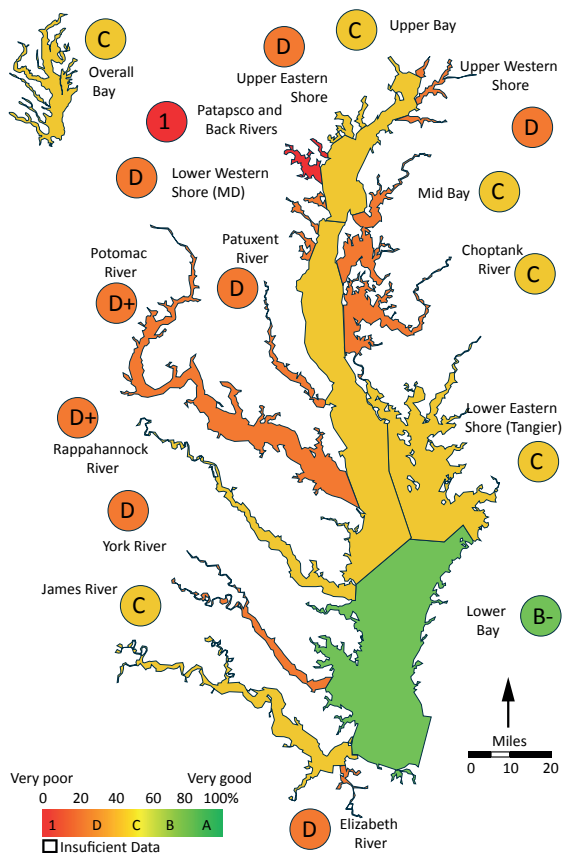
L'enrichissement en éléments nutritifs dû à des quantités excessives d'azote est la cause principale de la dégradation des eaux côtières à l'échelle mondiale, y compris en Amérique du Nord. Les eaux usées, même après leur traitement, contiennent des concentrations élevées d'éléments nutritifs, tandis qu'un excès d'azote s'écoule des champs agricoles, des pelouses dans les zones suburbaines et des parcs à bestiaux, s'introduisant dans les cours d'eau douce jusque dans les estuaires. Des éléments nutritifs peuvent également s'écouler de fosses septiques et atteindre des plans d'eau en passant par les eaux souterraines, et provenir de l'atmosphère sous forme de précipitations. Les éléments

nutritifs contribuent à la prolifération d'algues, et lorsque les algues meurent et se déposent sur le fond, leur dégradation par les bactéries entraîne un appauvrissement de l'oxygène, causant l'hypoxie (faible quantité d'oxygène) des eaux plus profondes. La présence saisonnière de zones mortes, sans oxygène, est de plus en plus observée dans de nombreuses régions; ces zones abondent et ne cessent d'augmenter le long des côtes de l'Amérique du Nord, la plus grande se trouvant dans le golfe du Mexique.

Des études menées par l'USEPA dans les années 1980 ont établi que l'excès d'azote et de phosphore était la principale source de pollution dans la baie Chesapeake. Cette constatation a mené à la création du Chesapeake Bay Programme (CBP), qui est un partenariat régional constitué d'organismes fédéraux et étatiques, d'administrations locales, d'organisations non gouvernementales et d'établissements universitaires, dont la mission est de diriger la restauration et la protection de la baie Chesapeake. Le conseil exécutif du CBP compte les gouverneurs du Maryland, de la Pennsylvanie et de la Virginie, l'administrateur de l'USEPA et le maire du district de Columbia. Ils sont appuyés par un conseil de gestion désigné, du personnel nommé parmi les institutions partenaires, de groupes consultatifs de citoyens, des administrations locales et des établissements scientifiques, ainsi que par une équipe spéciale de l'évaluateur indépendant.

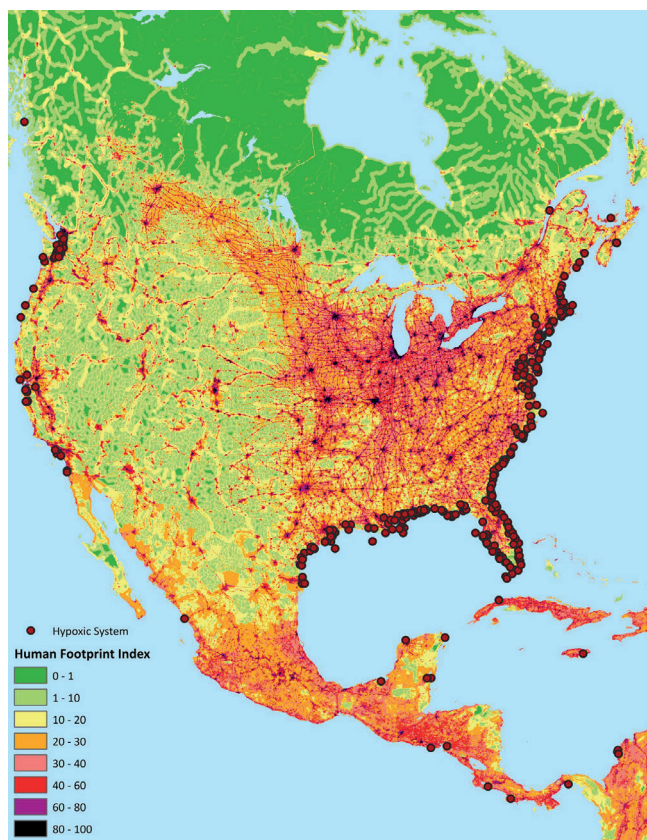
Après plus de 25 ans d'efforts de restauration, les données indiquent généralement des tendances démographiques à la baisse à long terme dans les grandes rivières de la baie. Malgré des signes positifs dans certaines régions, d'autres indicateurs clés accusent un recul, ce qui témoigne du peu de progrès dans la réduction des concentrations d'azote et de phosphore totaux. Dans l'ensemble, les conditions dans la baie ne se sont pas beaucoup améliorées, on lui a récemment attribué une note globale de C sur l'échelle de l'indice santé du bulletin de santé de la baie Chesapeake établi par le Centre des sciences environnementales de l'Université du Maryland (**figure 2.5.7**). Le bulletin de santé englobe 15 régions déclarant des données qui correspondent aux principaux affluents, pour lesquels dix indicateurs (oxygène dissous, azote total, phosphore total, chlorophylle a, clarté

Figure 2.5.7 : Bulletin de santé de la baie Chesapeake, 1996-2013



Source : Centre des sciences environnementales de l'Université du Maryland

Figure 2.5.8 : Prolifération d'algues nuisibles sur les côtes Atlantique et Pacifique de l'Amérique du Nord, 2011



Source : Adapté de Diaz *et al.*, 2011; SCF/CIESIN, 2005

de l'eau, végétation aquatique, communauté benthique, crabe bleu, anchois de la baie et bar rayé) sont déterminés annuellement. Chaque indicateur est évalué par rapport à des objectifs ou à des seuils fondés scientifiquement afin de déterminer la note globale. Les objectifs servent à suivre les progrès relatifs à l'atteinte des objectifs de restauration pour la baie Chesapeake, mais aussi à galvaniser les efforts déployés par les collectivités et les États afin d'améliorer leurs notes.

Les proliférations d'algues qui produisent des toxines peuvent causer des mortalités de poissons, des maladies humaines liées à une intoxication aux mollusques et aux crustacés et la mort de mammifères marins et d'oiseaux de rivage. Non seulement la fréquence des proliférations d'algues nuisibles a-t-elle augmenté, mais de nouvelles espèces produisant des toxines causent de sérieux problèmes. La **figure 2.5.8** montre les sites où l'on a observé des proliférations d'algues nuisibles le long de la quasi-totalité de la côte atlantique de l'Amérique du Nord.

Les toxines produites par ces espèces de plancton peuvent s'accumuler dans les mollusques et crustacés filtreurs. Lorsque les gens consomment ces mollusques et crustacés, ils peuvent être sujets à une variété de maladies potentiellement graves et parfois mortelles. Les dinoflagellés, principaux agents étiologiques, produisent des toxines pouvant être efficaces à de très faibles doses. La consommation de fruits de mer contaminés par des toxines algales cause divers syndromes d'intoxication, dont l'intoxication par phycotoxine paralysante, l'intoxication neurotoxique par les mollusques et les crustacés, l'intoxication par phycotoxine amnésique, l'intoxication diarrhéique par les mollusques et les crustacés et l'intoxication alimentaire à la Ciguatera. La plupart de ces intoxications sont causées par des neurotoxines qui ont des effets précis sur le système nerveux en interférant avec la transmission d'influx nerveux (Wang, 2008). L'une des façons les plus courantes dont les toxines algales nuisent à la santé humaine est la consommation de mollusques et de crustacés, par exemple les moules et les palourdes, car leur cuisson n'en détruit pas les toxines. Ces dernières années, les eaux marines côtières des États-Unis ont connu une augmentation du nombre, de la fréquence et du type de proliférations d'algues nuisibles.

### Déchets marins : plastiques

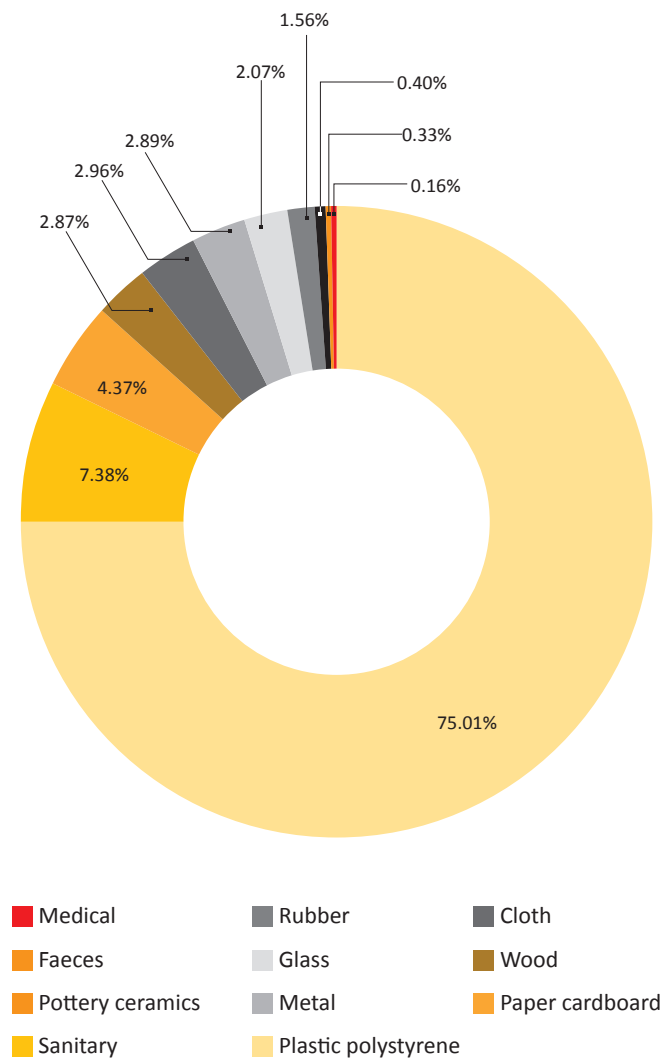
Parmi les sources de déchets marins figurent les déchets immergés ou rejetés dans des rivières et des cours d'eau, l'équipement de pêche perdu, les lieux d'enfouissement mal gérés dans les zones côtières et les déchets industriels, par exemple le déversement de matériaux pendant la

production, le transport et la transformation (Browne *et al.*, 2011). On estime qu'environ 4,8 à 12,8 millions de tonnes de plastique seulement se retrouvent dans les océans chaque année en provenance de sources terrestres (Jambeck *et al.*, 2015). Cette estimation exclut les sources marines ou d'autres types de déchets en mer. Les plastiques composent une grande partie des débris totaux (**figure 2.5.9**). La variété et la quantité d'objets en plastique ont nettement augmenté, y compris les objets domestiques, les sacs à provisions, les tasses, les bouteilles, les bouchons de bouteilles, les emballages alimentaires, les ballons, etc.; les produits industriels, les bâches de plastique, les boulettes de résine, etc. et l'équipement de pêche perdu ou jeté, dont les filets, les bouées, les pièges, les lignes, etc.

Outre les déchets visibles qui s'échouent sur les plages, dans lesquels les animaux s'empêtrant ou qu'ils ingèrent, les microplastiques (de moins de 5 mm de diamètre) peuvent résulter de la décomposition de plus gros objets, du lavage de vêtements synthétiques ou des microbilles contenues dans des produits de soins personnels. Les morceaux de plastique faisant moins d'un millimètre s'accumulent dans l'environnement marin, sont consommés par les animaux filtreurs et entrent ainsi dans la chaîne alimentaire (Law *et al.*, 2010). L'ingestion de microplastiques a été observée chez une gamme d'organismes marins, un processus à même de causer des effets physiologiques délétères et pouvant aussi faciliter le transfert de polluants chimiques au biote, puisque de nombreux produits chimiques se concentrent à la surface des microplastiques (Wright *et al.*, 2013a, b) (voir également la discussion aux sections 2.3.6 et 2.6.1).

Un nouveau rapport (Rochman *et al.*, 2015) laisse entendre qu'une interdiction catégorique de l'utilisation de microplastiques dans les produits qui atteignent les eaux usées est la meilleure façon de protéger la qualité de l'eau, les espèces sauvages et les ressources utilisées par les personnes. Des solutions de rechange non toxiques et biodégradables existent, et certaines entreprises ont pris l'engagement de cesser d'utiliser des microplastiques dans leurs produits (Rochman *et al.*, 2015). Toutefois, les plastiques « biodégradables » ne se dégradent généralement pas à la

Figure 2.5.9 : Déchets en mer, proportion des catégories sur les plages de référence



Source : Indice de santé des océans, 2015

température du milieu marin, et ces plastiques peuvent se fragmenter plus rapidement.

Le gouvernement du Canada prend actuellement des mesures pour ajouter les microbilles à la Liste des substances toxiques en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) en plus d'élaborer des règlements qui élimineraient graduellement l'utilisation des microbilles dans des produits de soins personnels (voir le projet de règlement, février 2016). Aux États-Unis, après que différents États ont adopté des interdictions, une loi fédérale interdisant les microbilles dans les produits de soins personnels a été promulguée en décembre 2015.

## 2.6 Produits chimiques et déchets

### 2.6.1 Introduction

Au XXI<sup>e</sup> siècle, les produits chimiques font partie intégrante de notre vie quotidienne, avec plus de 100 000 substances différentes en utilisation. Les industries qui produisent et utilisent ces substances ont une énorme incidence sur l'emploi, le commerce et la croissance économique à l'échelle mondiale. Il n'y a guère d'industrie où des substances chimiques ne sont pas employées, et il n'existe pas un seul secteur économique dans lequel les produits chimiques ne jouent pas un rôle important.

Souvent, les avantages des produits chimiques ont un prix plus élevé que prévu. Il est de plus en plus reconnu que, s'ils ne sont pas bien gérés, de nombreux produits chimiques peuvent menacer la santé humaine et environnementale. Les conséquences en matière de santé peuvent aller d'une intoxication aiguë à des affections à évolution lente, en passant par des problèmes de santé à long terme tels que les anomalies congénitales, les troubles neurologiques, la perturbation des hormones et les cancers. Les produits chimiques et les déchets continuent de polluer l'eau, l'air et les sols en Amérique du Nord, malgré la diminution de 70 % des concentrations de polluants faisant l'objet d'une surveillance depuis les années 1980. Cette diminution est le résultat de pressions publiques, de mesures législatives et de l'innovation technologique. Par contre, les sources de pollution non classiques constituent de nouvelles menaces pour la santé des personnes et des écosystèmes.



## Messages clés : Produits chimiques et déchets

Les concentrations de polluants faisant l'objet d'une surveillance ont diminué d'au moins 70 % depuis les années 1980; toutefois, les produits chimiques et les déchets continuent de polluer l'eau, l'air et les sols en Amérique du Nord.

- Les mesures législatives, l'innovation technologique et les pressions du public ont contribué à la réalisation de progrès importants dans la réduction de la pollution chimique et l'amélioration de la gestion des déchets en Amérique du Nord.
- Cependant, les progrès accomplis dans la gestion des produits chimiques et des déchets ne sont pas égaux dans tous les secteurs et ne s'effectuent pas à un rythme qui permettrait d'apporter des solutions aux enjeux actuels en temps opportun.
- Les sources de pollution non classiques, comprenant de nouveaux matériaux, de nouvelles combinaisons de matières toxiques, comme les résidus (cendres de charbon) issus des épurateurs et des composés dangereux résultant de la fracturation hydraulique et de l'exploitation des sables bitumineux, constituent de nouvelles menaces pour la santé des personnes et des écosystèmes.
- Des produits pharmaceutiques, des produits de soins personnels, des œstrogènes et d'autres contaminants qui n'étaient pas reconnus auparavant comme des polluants, ont été détectés à de faibles concentrations dans l'eau, les sédiments et des organismes, puisqu'ils ne sont pas éliminés des eaux usées par les usines de traitement des eaux usées.
- Des ressources additionnelles, humaines et financières sont requises pour une gestion améliorée des produits chimiques et des déchets, ainsi qu'une structure législative plus solide et la capacité de mieux déclarer et surveiller les données dans l'ensemble des secteurs et des compétences.

Ces sources comprennent de nouveaux matériaux, comme les microbilles dans les produits de soins esthétiques, de nouvelles combinaisons de matières toxiques, comme les résidus (cendres de charbon) issus des épurateurs et des composés dangereux résultant de la fracturation hydraulique et de l'exploitation des sables bitumineux (PNUE, 2012).

### 2.6.2 Nouveaux contaminants préoccupants

#### Contaminants des eaux usées

Des produits pharmaceutiques, des produits de soins personnels, des œstrogènes et d'autres contaminants qui n'étaient pas reconnus auparavant comme des polluants, ont été détectés à de faibles concentrations dans l'eau, les

sédiments et des organismes, puisqu'ils ne sont pas éliminés des eaux usées par les usines de traitement des eaux usées (Daughton et Ternes, 1999). Ces contaminants possèdent des propriétés différentes et proviennent de sources différentes, mais ils ont en commun une fréquence de détection similaire dans les réseaux aquatiques lorsqu'ils font l'objet d'une surveillance (Cizmas *et al.*, 2015) et leur effet sur la qualité de l'eau, les chaînes alimentaires aquatiques et la santé humaine n'est pas bien compris, qu'ils se présentent sous forme de composés individuels ou de mélanges (Schaumann *et al.*, 2015; Bellenger et Cabana, 2014; Rosi-Marshall et Royer, 2012).

Il en va de même pour certains des produits les mieux étudiés, tels que les pesticides. On dispose certes de nombreuses

données sur la toxicité des ingrédients actifs, mais les effets des produits de dégradation ou des nouveaux mélanges sont peu connus, ce qui complique l'évaluation des risques (Conseil des académies canadiennes, 2012).

Les produits pharmaceutiques et les produits de soins personnels sont des contaminants dont les conséquences possibles sur la santé environnementale et humaine sont diverses (Arnold *et al.*, 2014). On a détecté plus de produits pharmaceutiques en Amérique du Nord que dans la plupart des autres régions du monde (**figure 2.6.1** et **2.6.2**). Récemment, on a détecté dans des plans d'eau nord-américains des antidépresseurs (Metcalf *et al.*, 2010), des hormones (Conley *et al.*, 2016) et des produits de soins personnels antibactériens, comme le triclosane (Drury *et al.*, 2013). Dans un milieu aquatique, le triclosane génère des dioxines et d'autres substances dangereuses, en plus de se bioaccumuler (Harden, 2015).

Les effets négatifs des produits pharmaceutiques et des perturbateurs endocriniens provenant des réseaux d'assainissement des eaux usées s'étendent aux écosystèmes naturels situés loin des cycles de déchets urbains. Les médicaments ont des bienfaits sur la santé humaine et animale qui se révèlent importants, mais on commence à peine à comprendre les menaces environnementales que ces produits peuvent présenter pour la faune. Une expérience contrôlée qui étudie les effets des perturbateurs endocriniens sur les poissons a révélé qu'une exposition à des œstrogènes synthétiques à des concentrations semblables à celles trouvées dans les eaux usées a entraîné la quasi-extinction de la population (Kidd *et al.*, 2014). L'évaluation des risques environnementaux des produits pharmaceutiques dans la nature est entachée d'un certain nombre d'incertitudes en raison d'un manque de connaissance à propos du devenir de ces substances dans les déchets et l'environnement; de leur absorption, leur métabolisation et leur élimination chez les espèces fauniques; ainsi que de leur affinité cible et les effets fonctionnels chez les espèces non ciblées (Arnold *et al.*, 2014).

Deux produits chimiques utilisés couramment comme agents antibactériens dans une vaste gamme de produits de consommation, comme les savons liquides, le dentifrice et les déodorants, posent de graves dangers pour l'environnement (Aiello *et al.*, 2007; Larson *et al.*, 2004; USFDA, 2013). De nombreuses études n'ont fourni aucune preuve qui laissait croire que les produits et les savons antibactériens étaient plus efficaces pour prévenir la propagation de germes que l'eau et les savons traditionnels.

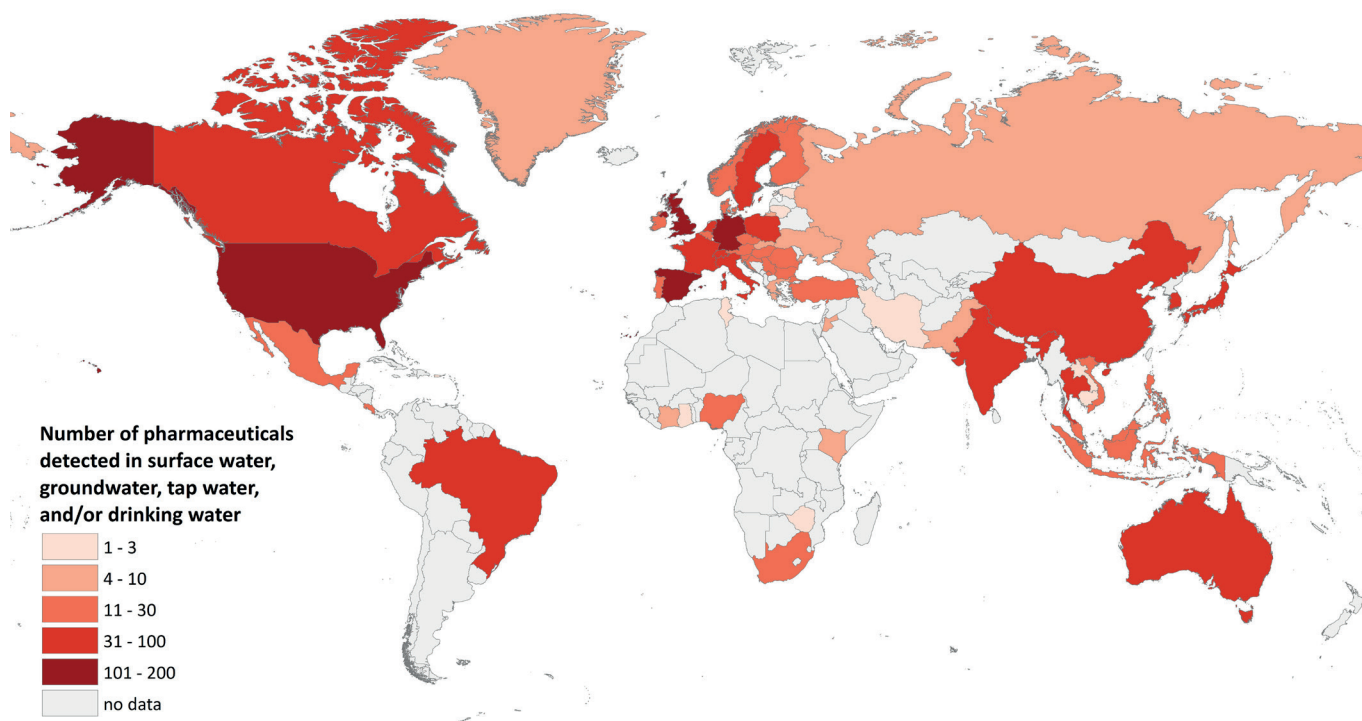
De plus, des études attestées par une analyse GreenScreen ont révélé que le triclosane et le triclocarban, qui entrent tous les deux dans la composition de produits antibactériens, ont un vaste éventail d'effets négatifs qui vont de dommages importants dans les écosystèmes aquatiques à une interférence possible avec le système endocrinien humain. On retrouve du triclosane dans une proportion considérable de 95 % et une grande partie du triclocarban dans le système de traitement des eaux d'égout et, par la suite, dans les lacs et les rivières.

## Plastiques, microbilles et nanoparticules

Les débris de plastique représentent un groupe supplémentaire de contaminants émergents. Ils comprennent les macroplastiques (> 5 mm) et les microplastiques. Les microplastiques sont habituellement définis comme de petits morceaux de plastique dont la taille est inférieure à 5 mm, provenant de produits de soins personnels, de fibres synthétiques de vêtements ou de fragments de macroplastiques (voir aussi les analyses dans les sections 2.5 et 2.3.6, ainsi que le chapitre 4).

Comme pour les autres contaminants émergents, le manque de données et d'analyses comparatives nuit à la compréhension de l'étendue de la contamination par les déchets de plastique des réseaux d'eau douce en Amérique du Nord. Dans les Grands Lacs, il y a autant de déchets de plastique dans l'eau de surface que dans certains tourbillons océaniques, selon des observations (Driedger *et al.*, 2015).

Figure 2.6.1 : Produits pharmaceutiques dans les eaux de surface, l'eau du robinet et/ou l'eau potable, 2013



Source : Adapté de Weber *et al.*, 2016

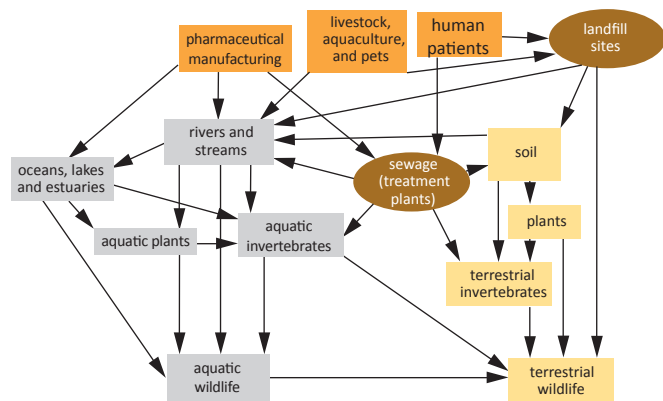
Les gestionnaires des lacs craignent les effets des débris de plastique sur les eaux libres, les rives et les milieux benthiques, puisque ces matières se décomposent lentement dans l'environnement. On estime à plus de 400 millions de dollars américains par an le coût des mesures prises pour résoudre le problème des déchets de plastique dans les Grands Lacs, que ce soit en réduisant la quantité de débris de plastique qui entrent dans le réseau ou en retirant ces débris des lacs (Driediger *et al.*, 2015).

Les débris de plastique demeurent une préoccupation et sont reconnus à l'échelle internationale comme un problème, en particulier pour les systèmes marins et pour la faune (Provencher *et al.*, 2015; annuaire 2014 du PNUE). Malgré

cette attention générale, ce n'est que récemment qu'une étude a documenté le cheminement des microplastiques jusqu'à l'être humain par la chaîne alimentaire, en détectant la présence de microplastiques dans 25 % des poissons vendus récemment pour consommation humaine dans un marché de la Californie (Rochman *et al.*, 2015b). En effet, comparativement à d'autres nouveaux contaminants préoccupants, les microplastiques ont fait l'objet de moins de recherches jusqu'à présent, même s'ils sont en voie de devenir un enjeu de grande importance (Halden, 2015).

L'accumulation de débris de plastique dans les océans, les lacs et les rivières est l'une des plus grandes menaces pour la biodiversité marine. Même si ce problème est reconnu

Figure 2.6.2 : Voies d'entrée des produits pharmaceutiques dans l'environnement



Les produits pharmaceutiques peuvent se disperser dans l'environnement par des voies multiples et potentiellement complexes. Les sources de produits pharmaceutiques dans l'environnement (encadrés orange) comprennent la fabrication de produits pharmaceutiques, le bétail, l'aquaculture et les animaux domestiques, ainsi que les patients humains. Les produits pharmaceutiques peuvent alors être dispersés directement dans l'environnement ou par des installations de traitement des eaux usées et des sites d'enfouissement (formes ovales). Le devenir des produits pharmaceutiques dans les milieux aquatiques (encadrés gris) et les milieux terrestres (encadrés beiges) peut entraîner des absorptions de produits pharmaceutiques par les espèces fauniques. Des chaînes alimentaires simples sont présentées pour illustrer la possibilité de bioaccumulation des produits pharmaceutiques.

Source : adapté d'Arnold *et al.*, 2014

depuis de nombreuses années en ce qui concerne les océans, des découvertes récentes indiquent des concentrations inquiétantes de microbilles de plastique dans le bassin des Grands Lacs et du Saint-Laurent (Provencher, 2014; Johnston, 2013). On a déjà constaté que les glaces de mer des secteurs éloignés de l'Arctique contiennent des concentrations élevées de microplastiques, mais on ne sait pas encore très bien dans quelle mesure la fonte des glaces entraînera le rejet de particules anthropiques vers l'océan (Obbard, 2014). Les microplastiques se trouvent déjà dans la chaîne alimentaire et sont régulièrement ingérés par les poissons, les oiseaux et les mammifères marins; ce qui

entraîne souvent une bioaccumulation toxique et, dans certains cas, l'asphyxie et l'athrepsie.

Les microbilles contenues dans des produits de soins personnels sont conçues pour être jetées dans les égouts. Elles se retrouvent à terme dans l'eau douce, les milieux marins et le biote. La majorité des recherches menées à ce jour ont porté sur la présence et les effets des microbilles sur les systèmes marins, les renseignements concernant le devenir des microplastiques et des macroplastiques dans l'eau douce sont donc rares (Eerkes-Medrano *et al.*, 2015). Même si les effets précis sur la qualité de l'eau, le biote et la santé humaine n'ont pas encore été établis clairement, la présence de microplastiques a été détectée dans une grande variété de lacs et de rivières en Amérique du Nord, et cette présence pourrait avoir des répercussions sur les invertébrés et les poissons (Eerkes-Medrano *et al.*, 2015; Eriksen *et al.*, 2013).

Les nanomatériaux ou les nanoparticules (< 100 nm) représentent un autre groupe de contaminants émergents. Ils comprennent une variété de matériaux, dont des nanotubes de carbone organiques, des nanoparticules d'argent inorganiques et des nanoplastiques (Bernhardt *et al.*, 2010). Ces matières sont utilisées dans des cosmétiques, des appareils électroniques, l'administration de médicaments, la fabrication, les peintures et d'autres produits. Elles sont rejetées dans l'environnement par les effluents d'eaux usées et le ruissellement, et s'accumulent dans des milieux de sédimentation, comme l'eau douce et les zones côtières.

La grande quantité de ces produits et leur taille très petite leur confèrent des propriétés distinctes, mais compliquent aussi considérablement la compréhension de leurs répercussions sur l'environnement et la santé humaine (Schaumann *et al.*, 2015; Conseil des académies canadiennes, 2008).

Même s'ils font l'objet d'un nombre grandissant d'ouvrages scientifiques et populaires, les nouveaux contaminants préoccupants demeurent difficiles à réglementer à cause de leur diversité et de leur quantité, de la complexité de leur surveillance, du manque de produits standard auxquels

les comparer, ainsi que de l'incertitude concernant leurs répercussions sur les écosystèmes et la santé humaine. Certains problèmes de surveillance peuvent être résolus par l'établissement d'indicateurs de la contamination (Metcalf, 2013).

### 2.6.3 Risques liés à l'extraction et au transport de charbon, de pétrole et de gaz

Chaque année, les centrales électriques états-uniennes alimentées au charbon produisent 140 millions de tonnes de cendres de charbon, un sous-produit toxique de la combustion du charbon et de l'assainissement des émissions avant qu'elles ne soient rejetées dans l'atmosphère. Source de pollution, ces cendres sont habituellement placées près des centrales électriques dans l'ensemble du pays, dans des fosses à ciel ouvert et des bassins de résidus de surface.

Selon les experts, il n'y a pas suffisamment de mesures de protection adéquates dans un grand nombre de ces sites, et les collectivités environnantes sont ainsi exposées à des risques de catastrophes à grande échelle, comme le déversement majeur de cendres de charbon au Tennessee en 2008, et à des risques de contamination graduelle et tout aussi dangereuse lorsque les toxines des cendres de charbon atteignent des sources d'eau potable ou sont transportées par le vent vers les collectivités environnantes (Ruhl *et al.*, 2010; Aboulhosn, 2011; **figure 2.6.3**).

La pollution par les cendres de charbon contient des concentrations importantes de métaux lourds toxiques comme l'arsenic, le plomb, le sélénium et d'autres agents cancérigènes. Les menaces liées à des rejets de cendres de charbon qui pèsent sur la santé publique et l'environnement des collectivités environnantes sont connues depuis de nombreuses années. Parmi ces menaces figurent une augmentation du risque de cancer, des troubles d'apprentissage, des troubles neurologiques, des anomalies congénitales, de l'infécondité, de l'asthme et d'autres maladies.

Depuis l'effondrement de la digue de confinement d'un bassin de cendres dans l'État du Tennessee, le public s'intéresse de près au stockage des cendres de charbon toxiques dans ces bassins de retenue (Goodell, 2010).

### 2.6.4 Charges critiques dans l'atmosphère

De nombreuses activités quotidiennes sont une source de pollution atmosphérique : la combustion de combustibles fossiles émet du dioxyde de soufre et des oxydes d'azote, tandis que les activités agricoles sont principalement responsables des rejets d'ammoniac dans l'atmosphère. Ces émissions mènent à un dépôt atmosphérique d'acides sulfuriques, d'acides nitriques et d'ammoniac dans les écosystèmes. Dans les écosystèmes fragiles, particulièrement ceux qui reposent sur un substrat rocheux de granite courant dans l'est de l'Amérique du Nord, ces composés acides peuvent acidifier les sols et les eaux de surface, perturber le cycle des éléments nutritifs et nuire aux services écosystémiques.

Même si les écosystèmes ne sont pas vulnérables aux effets de l'acidification, un dépôt d'azote peut entraîner des changements chimiques et biologiques en raison de la saturation en azote. Les effets de l'enrichissement en azote ou de l'eutrophisation sont généralement plus importants que ceux de l'acidification des sols dans de nombreuses parties de la région, car le dépôt d'azote est plus grand que celui de soufre.

Les contaminants atmosphériques toxiques, comme le mercure, sont principalement émis par les centrales au charbon, et ils peuvent être transportés sur des milliers de kilomètres avant d'aboutir dans des lacs et des ruisseaux sous forme de dépôt de mercure. Les sulfates influent sur la transformation du mercure en méthylmercure biologiquement disponible, une neurotoxine qui s'accumule à mesure qu'elle monte dans la chaîne alimentaire.

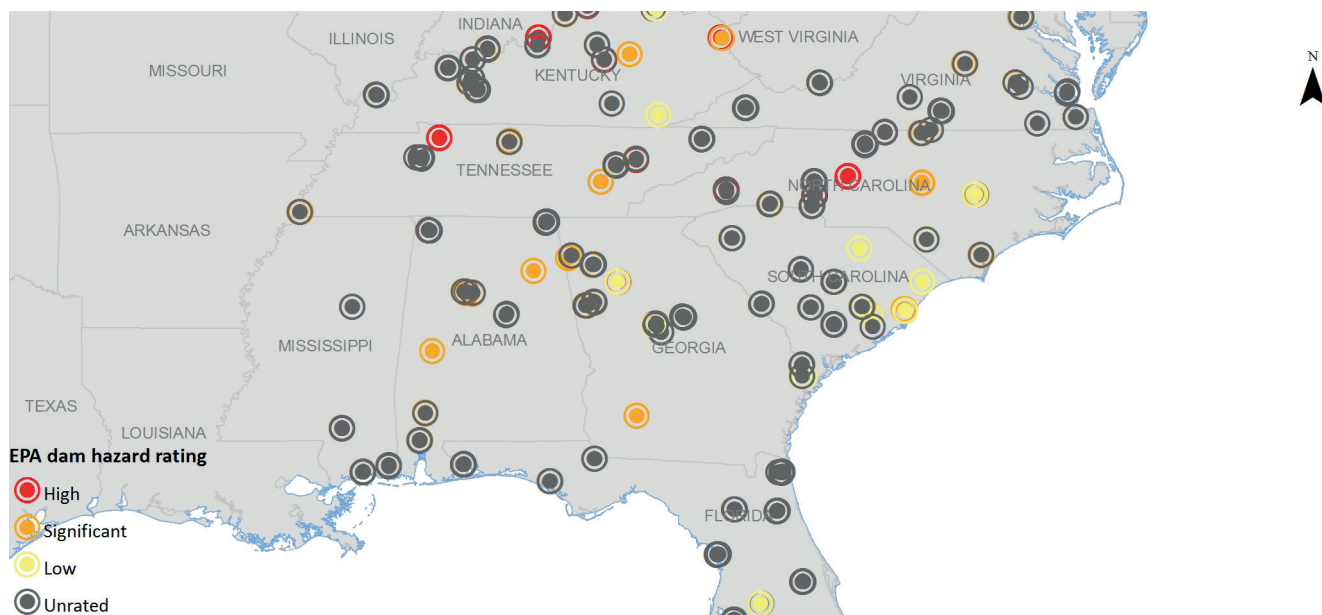
## Encadré 2.6.1 : Région des lacs expérimentaux

Composée de 58 petits lacs et de leurs bassins hydrographiques et située dans une région peu peuplée du nord-ouest de l'Ontario au Canada, la Région des lacs expérimentaux est un laboratoire naturel exceptionnel pour l'étude des écosystèmes d'eau douce. En faisant l'introduction et le suivi de produits chimiques précis ou de changements physiques, les scientifiques peuvent examiner la façon dont les aspects de l'écosystème réagissent, de l'atmosphère aux poissons. Ces expériences fournissent des preuves scientifiques dans le monde réel qui orientent les décisions concernant les politiques scientifiques (Norman et al., 2015, Kidd et al., 2014; Cheng et al., 2012; Schindler, 2012)..



© Entente sur la forêt boréale canadienne (EFBC)

Figure 2.6.3 : Carte d'évaluation des dangers posés par les digues de confinement des cendres de charbon



Source : Southeast Coal Ash Waste, 2012



Par l'entremise de ses programmes, Air Quality Portal et National Atmospheric Deposition Program, le Forest Service des États-Unis effectue une surveillance du dépôt humide (National Trends Network, Atmospheric Integrated Research Monitoring Network, Mercury Deposition Network) et du dépôt sec (partenariat avec le Clean Air Status and Trends Network, Ammonia Monitoring Network, Atmospheric Mercury Network) de polluants (NADP, 2014).

Le National Atmospheric Deposition Program examine les différentes voies de dépôt atmosphérique : dépôt humide, dépôt sec, nuages, brouillard. Le dépôt sec est formé de gaz et de particules, et se produit lorsque des produits chimiques déposés sur l'eau se transforment en acides. Le dépôt humide, quant à lui, se produit sous l'action de la pluie et de la neige, lorsque des réactions chimiques transforment les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre en acide nitrique et en acide sulfurique ou lorsque l'ammoniac est transformé en ammonium. L'ampleur réelle du dépôt atmosphérique à un emplacement dépend de la voie d'entrée de la charge d'un polluant qui se déposera et de la concentration de pollution dans l'atmosphère. Des facteurs comme le climat, les conditions météorologiques et la topographie peuvent exercer une influence sur la quantité de polluants qui atteignent un emplacement à partir de leurs sources et sur la quantité de cette pollution qui a réellement des répercussions à la surface de la Terre sous forme de dépôt (figure 2.6.4).

### 2.6.5 Déchets agricoles et alimentaires et systèmes urbains

En 2010, aux États-Unis, environ 31 % (ou 60 millions de tonnes sur 195 millions de tonnes) des réserves de nourriture disponibles au niveau des commerces de détail et des consommateurs n'a pas été consommé (Buzby *et al.*, 2014). Le total des pertes atteignait environ 161,6 milliards de dollars américains, si cette nourriture avait été achetée au prix de détail. Selon l'Economic Research Service du Département de l'agriculture des États-Unis, qui a estimé le nombre de calories liées à la perte de nourriture (figure 2.6.5), les réserves de nourriture non consommée

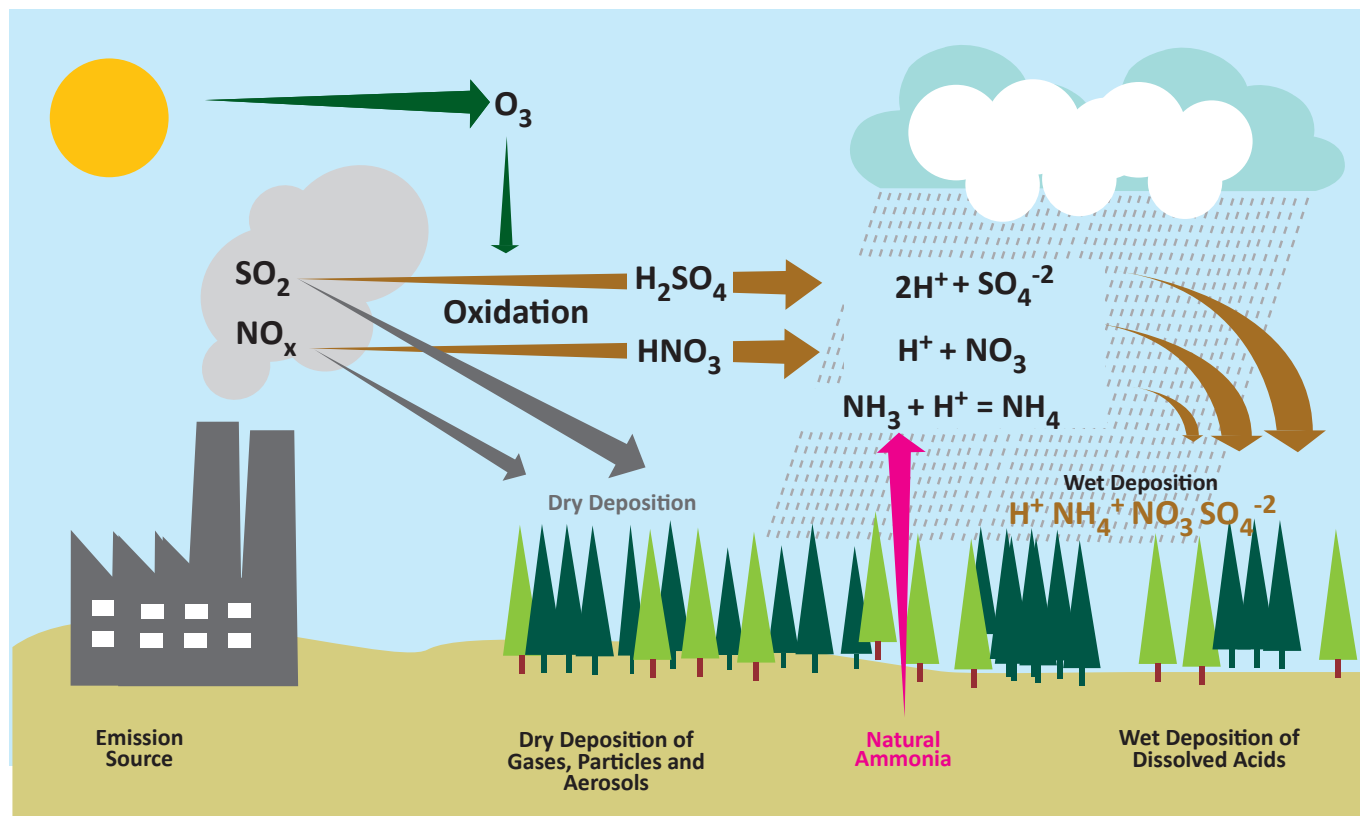
en 2010 représenteraient environ 141 billions de calories par année ou 1 249 calories par personne par jour. Les trois groupes d'aliments qui affichent la plus grande contribution à la valeur totale de la perte de nourriture sont les viandes, la volaille et les poissons (12 %), les légumes (4 %) et les produits laitiers (9 %). Le rapport faisant état de ces statistiques fournit aussi une courte analyse des problèmes économiques liés aux pertes alimentaires après récolte (Buzby *et al.*, 2014).

Considérées comme un enjeu transversal, les pertes alimentaires illustrent la nécessité d'adopter une approche systémique tenant compte de la dimension environnementale des objectifs de développement durable. Même si l'Amérique du Nord est, dans l'ensemble, une région où la sécurité alimentaire est assurée, elle n'est pas à l'abri de la faim (Buzby *et al.*, 2014). Il y a aussi des enjeux potentiels locaux et régionaux liés à l'activité industrielle, la gestion des eaux, l'agriculture à grande échelle, l'urbanisation et les changements climatiques en général. Une stratégie systémique pourrait renforcer la sécurité alimentaire locale et régionale, améliorer la gestion des eaux, réduire les émissions de gaz à effet de serre, diminuer l'utilisation d'engrais chimiques et, par le fait même, les répercussions sur les bassins versants et les pressions sur les terres arables.

À la même échelle de production, il serait possible de nourrir un plus grand nombre de personnes, sans générer de déchets alimentaires. Par ailleurs, il est possible de réduire les volumes de déchets alimentaires enfouis en augmentant les taux de réacheminement des matières organiques grâce au compostage, ce qui permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de produire des engrais non industriels. Les sites d'enfouissement émettent de grandes quantités de méthane, un gaz à effet de serre puissant, lors de la décomposition des déchets alimentaires (Cheng et Hu, 2010).

Les taux de compostage dans les ménages canadiens ont plus que doublé entre 1994 et 2011, pour atteindre un taux de participation de 61 % sous une forme quelconque de compostage. Toutefois, seulement 45 % des ménages faisaient le compostage des déchets alimentaires (figure 2.6.6). Parmi

Figure 2.6.4 : Retombées au sol sous forme de dépôt acide humide ou sec des oxydes d'azote et du dioxyde de soufre rejetés dans l'atmosphère par diverses sources

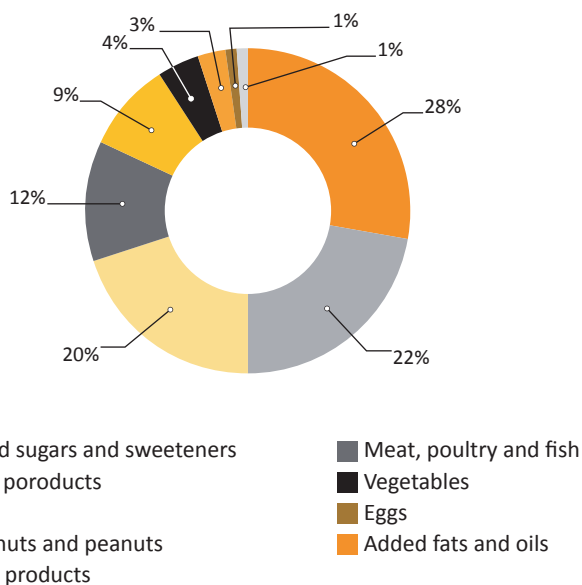


les déchets des ménages qui participaient à un programme de compostage en 2011, 63 % des déchets de jardin et 60 % des déchets alimentaires étaient ramassés par la collecte porte-à-porte des matières organiques, ce qui signifie que les initiatives des administrations municipales ont grandement contribué à l'augmentation du taux de compostage des ménages canadiens. Toutefois, c'est loin d'être suffisant. Dans les villes de taille importante qui n'ont pas de collecte porte-à-porte des matières organiques, le besoin d'instaurer ce système est urgent ou pourrait le devenir, tandis qu'à d'autres endroits comme l'Île-du-Prince-Édouard, le taux de participation atteint 96 % grâce à une exigence municipale

de collecte porte-à-porte des matières organiques dans les grands centres. Le type d'habitation constituait aussi un facteur, puisque 50 % des personnes vivant dans des maisons unifamiliales participaient au compostage, contrairement à 22 % des personnes vivant dans des appartements (Mustapha, 2013).

Aux États-Unis, l'USEPA regroupe les données nationales sur le compostage dans la catégorie des déchets solides municipaux. Après avoir atteint un sommet en 2000, le taux de production de déchets par habitant a diminué progressivement dans les 15 dernières années, et se situait

Figure 2.6.5 : Pertes alimentaires aux États-Unis au niveau des consommateurs et des commerces de détail, classées par groupe alimentaire, 2010



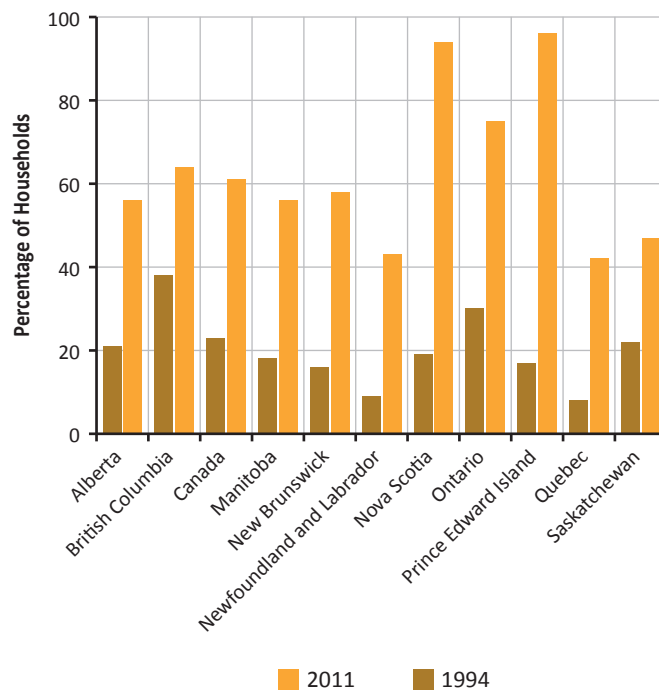
Source : Adapté de Buzby *et al.*, 2014

à environ 2 kg par jour en 2012. Le taux de recyclage des déchets solides municipaux s'élevait à un peu de moins de 10 % en 1980 et à plus de 34 % en 2012. Pendant la même période, le taux de réacheminement des déchets est passé de 11 à 46 %. Cela représente 251 millions de tonnes de déchets en 2012, dont 87 millions de tonnes n'ont pas été acheminées à des sites d'enfouissement grâce au compostage et au recyclage (USDA, 2014).

La production industrielle de biogaz constitue une autre avenue pour les déchets organiques urbains. Alors que les préoccupations concernant les changements climatiques et l'indépendance énergétique augmentent, les industries de production de biogaz mettent au point une technologie prometteuse qui emmagasine l'énergie produite par la fragmentation des déchets organiques et évite le rejet

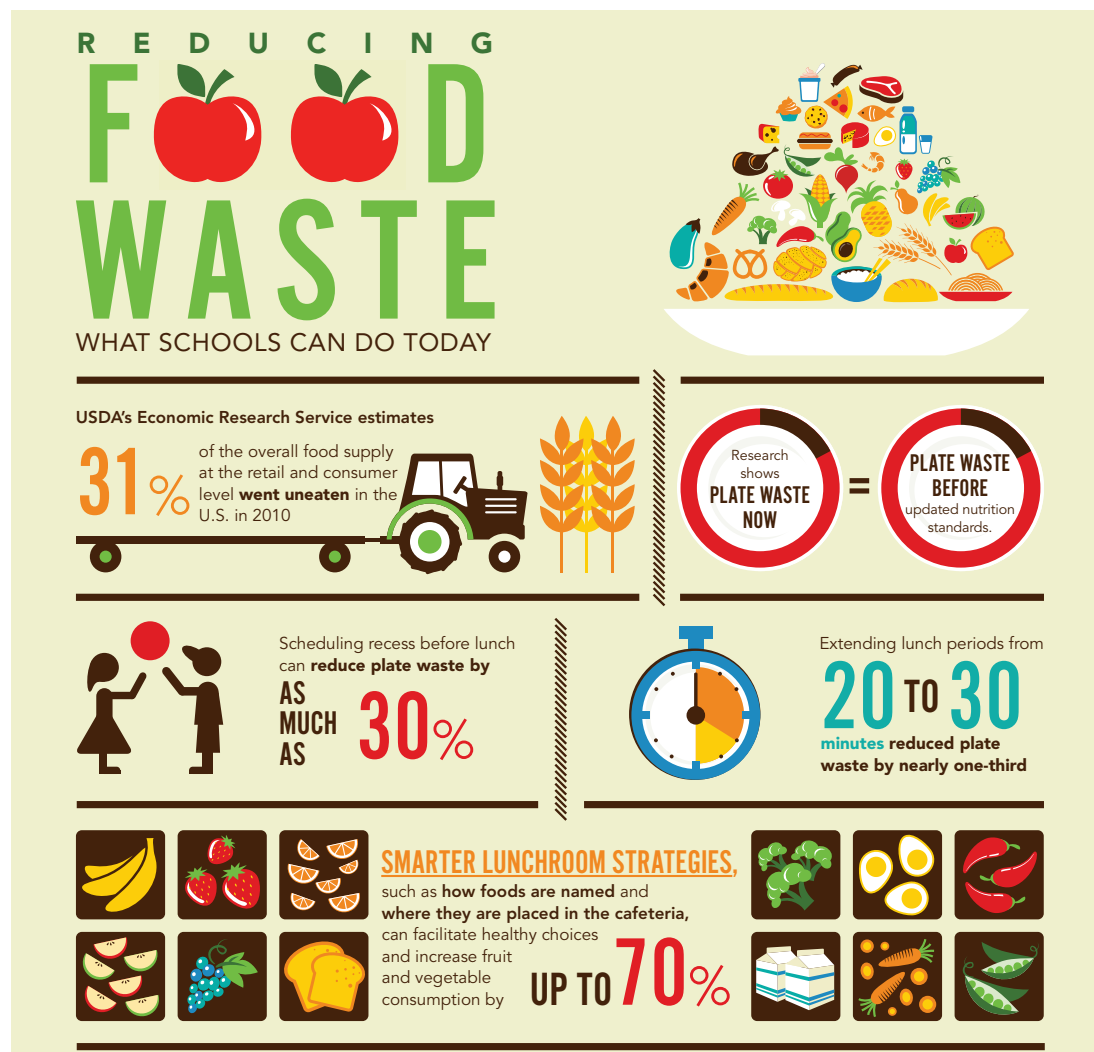
d'émissions de méthane dans l'atmosphère. Lorsque les résidus agricoles, le fumier et les déchets de transformation des aliments sont placés dans des sites d'enfouissement et des bassins de retenue, de grands volumes de méthane sont rejetés dans l'atmosphère. Toutefois, lorsqu'ils sont transformés et captés, ces déchets peuvent servir de combustibles pour la production de biogaz. Ces biogaz peuvent ensuite être brûlés pour produire de l'électricité et de la chaleur ou être transformés en gaz naturel. Les projets de production de biogaz peuvent être rentables grâce à l'atténuation des coûts énergétiques à la ferme, la vente de l'électricité produite, l'obtention de subventions en matière d'énergies renouvelables et la vente des sous-produits solides comme engrais. La production de biogaz

Figure 2.6.6 : Compostage au Canada et par province, en 1994 et 2011



Source : Statistique Canada, 2013

Figure 2.6.7 : Réduction du gaspillage alimentaire



Le Département de l'Agriculture des États-Unis contribue aux efforts visant à diminuer le gaspillage alimentaire dans les écoles. Cette affiche, qui s'adresse aux administrateurs des écoles, met l'accent sur des moyens conviviaux et des habitudes à prendre pour réduire les restes de table, une expression désignant toute la nourriture que les élèves ne mangent pas. Des modifications simples, comme planifier la récréation avant le repas du midi ou réserver une table où les élèves peuvent laisser les produits emballés qui n'ont pas été ouverts ou les aliments qui n'ont pas été consommés, peuvent réduire les restes de table et, à terme, la demande d'enfouissement de déchets et des frais de transport.

Source : USDA, 2014

est devenue un élément de base des technologies d'énergies renouvelables en Europe, mais est encore relativement nouvelle en Amérique du Nord. Les systèmes à petite échelle ont commencé à se multiplier aux États-Unis dans la dernière décennie, particulièrement dans les formes laitières (Lazarus et Rudstrom, 2007; El-Mashad et Zhang, 2010). Les déchets de porcs et de volaille servent de matières premières prometteuses pour les biogaz. Dans sa norme relative au portefeuille d'énergies renouvelables, la Caroline du Nord a prescrit des minimums de production d'énergie à partir de déchets de volaille et de porcs (Fryberger, 2014).

### 2.6.6 Persistance des problèmes liés aux produits chimiques et aux déchets

Même s'il y a eu des progrès dans la gestion des déchets et des produits chimiques en Amérique du Nord, ces progrès n'étaient pas égaux dans tous les secteurs et ils ne s'effectuaient pas à une vitesse permettant d'apporter des solutions en temps opportun aux enjeux actuels. Davantage de ressources humaines et financières sont nécessaires, ainsi qu'une capacité et une structure législative plus solide pour produire des rapports plus approfondis et effectuer un suivi des données auprès des secteurs et des administrations. À l'heure actuelle, le Canada et les États-Unis utilisent des méthodes d'établissement de rapports et des catégories de secteurs différentes, ce qui rend les comparaisons régionales ou nationales difficiles entre les deux pays.

Au Canada, entre 2002 et 2008, l'élimination municipale des déchets solides par personne a augmenté légèrement, passant de 769 kg à 777 kg par personne, tout comme le réacheminement des déchets, qui est passé de 212 kg à 254 kg (25 % en 2008). En 2012, aux États-Unis, la production de déchet par personne était plus basse, soit 727 kg, avec un taux de réacheminement de 34,5 %. Pour ce qui est des piles, les données montrent que, sur 58 % des ménages canadiens qui avaient des piles à jeter en 2009, 42 % les ont jetées à la poubelle. Par contre, aux États-Unis, le taux de récupération le plus élevé (96 %) a été enregistré pour les batteries d'accumulateurs au plomb (Statistique Canada, 2012; USEPA, 2013).

En 2009, 82 % des ménages canadiens étaient reliés à des réseaux d'égouts municipaux, alors que 13 % utilisaient des fosses septiques privées et 1 % des fosses septiques communautaires. En ce qui concerne les rejets d'eaux usées industrielles, d'eau de procédés et d'eau utilisée pour l'extraction de minerais (excluant l'extraction de pétrole et de gaz) et la production d'énergie thermoélectrique, ils s'élevaient à 29,9 milliards de mètres cubes en 2009. Les coûts de rejet et de traitement des eaux usées industrielles atteignaient 532,2 millions de dollars canadiens, soit environ 37 % des coûts liés aux eaux industrielles en 2009 (Statistique Canada, 2012).

Des initiatives de réduction de la pollution ont connu un grand succès dans certains secteurs, alors que dans d'autres secteurs, les niveaux de pollution ont augmenté. Au Canada entre 1985 et 2009, les émissions d'oxydes de soufre ont diminué de 60 %, les émissions de monoxyde de carbone de 43 % et les émissions d'oxydes d'azote de 18 %. Par ailleurs, en 2009, les émissions totales de gaz à effet de serre du Canada ont atteint 690 millions de tonnes, une augmentation de 17 % par rapport à 1990. Parallèlement, entre 2001 et 2008, la production de déchets solides provenant des activités minières au Canada a augmenté de 55 % (Statistique Canada, 2013).

## 2.7 L'Arctique en pleine mutation

### 2.7.1 Introduction

Les changements dans l'Arctique, plus particulièrement la diminution de la couverture de glace en été, ont des incidences sur les systèmes météorologiques et les phénomènes climatiques extrêmes qui s'étendent loin au sud du cercle arctique jusqu'aux continents de l'Europe et de l'Asie, ainsi qu'en Amérique du Nord (Francis et Skif, 2015).

La présente évaluation de GEO-6 de l'Amérique du Nord décrit les configurations de téléconnexion atmosphérique à l'échelle mondiale prenant naissance dans l'Arctique et ayant des répercussions sur d'autres régions et pays dans le monde. Les scientifiques du monde entier et de l'Amérique du Nord

## Messages clés : Milieux marins, côtiers et océaniques

The coastal and marine environment is under increasing threat in the region, both from harmful trends regarding some traditional environmental pressures such as nutrient loads, as well as new pressures such as ocean acidification, ocean warming, sea-level rise, and novel forms of marine debris.

- L'environnement côtier et marin de la région est de plus en plus menacé, à la fois par les tendances nuisibles de certaines pressions environnementales traditionnelles, comme les charges en éléments nutritifs, et par de nouvelles pressions comme l'acidification des océans, le réchauffement océanique, l'élévation du niveau de la mer et les nouvelles formes de débris marins.
- Malgré les importants progrès accomplis dans la lutte contre la pollution côtière provenant de sources ponctuelles en Amérique du Nord, les sources diffuses, telles que les fermes, les routes et les paysages urbains ou suburbains demeurent en grande partie incontrôlées et sont des sources importantes de pollution continue, en particulier les éléments nutritifs qui mènent à des proliférations d'algues et à l'hypoxie.
- L'utilisation historique de certains produits chimiques qui ne sont plus fabriqués en Amérique du Nord, par exemple le dichlorodiphényltrichloréthane (DDT) et les biphényles polychlorés (BPC), a laissé un héritage de contamination, bien que des politiques efficaces aient permis de diminuer les concentrations de ces produits.
- Les problèmes continus qui s'aggravent comprennent le réchauffement et l'acidification des océans, les débris marins, en particulier les plastiques et les nouveaux produits chimiques préoccupants, dont des produits pharmaceutiques.

reconnaissent maintenant l'existence de ces processus et de ces tendances, ainsi que l'utilisation grandissante de nouveaux outils de communications et de données. Certains processus, dont le recul des glaciers, l'élévation du niveau de la mer, l'acidification des océans, les modifications de la salinité des océans, ainsi que la circulation océanique, s'accroissent en Arctique en raison du réchauffement climatique mondial. La section suivante sur les changements climatiques aborde ces processus et leurs conséquences aux latitudes inférieures.

La hausse des températures a déclenché une amplification des processus de réponse naturelle dans l'Arctique. Le dégel du pergélisol progresse à une vitesse accélérée, rejetant du dioxyde de carbone et du méthane qui conduisent à un plus grand réchauffement, tandis que l'étendue de la

glace de mer polaire est réduite à des zones plus petites au cours de périodes saisonnières. Les répercussions sur les établissements humains dans l'Arctique peuvent être dévastatrices : la surface terrestre n'est plus stable et s'effondre sporadiquement sous la pression au fur et à mesure de la fonte du pergélisol; les sources de nourriture disparaissent à cause de la modification des aires de répartition de certaines espèces; l'élévation du niveau des mers et la fréquence des tempêtes accentuent l'érosion des côtes et des quais des villes et villages le long du littoral.

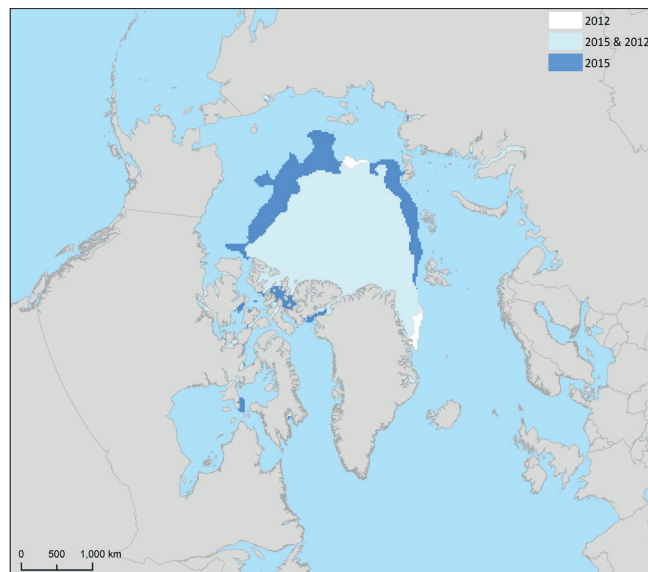
Plusieurs évaluations des effets des changements climatiques sur les régions arctiques ont été menées dans la dernière décennie, dont SWIPA (Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic) un rapport de synthèse sur la neige, l'eau, la glace et le pergélisol dans l'Arctique, les



Figure 2.7.1 : Étendue de la glace marine



Source : Adapté du NSIDC, 2015



rappports sur l'état de la côte de l'Arctique (State of the Arctic Coast), le rapport provisoire sur la résilience de l'Arctique (Arctic Resilience Interim Report) et les résultats de l'Année polaire internationale (AMAP, 2011; Krupnick *et al.*, 2011; Carlson 2011; Romanovsky *et al.*, 2010; Allison *et al.*, 2007). Ces rapports, ainsi que le cinquième et plus récent Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) révèlent un profil constant de changements environnementaux, sociétaux et économiques induits par le climat dans l'Arctique depuis la fin du XX<sup>e</sup> siècle (Stocker *et al.*, 2013).

### 2.7.2 Recul de la glace de mer

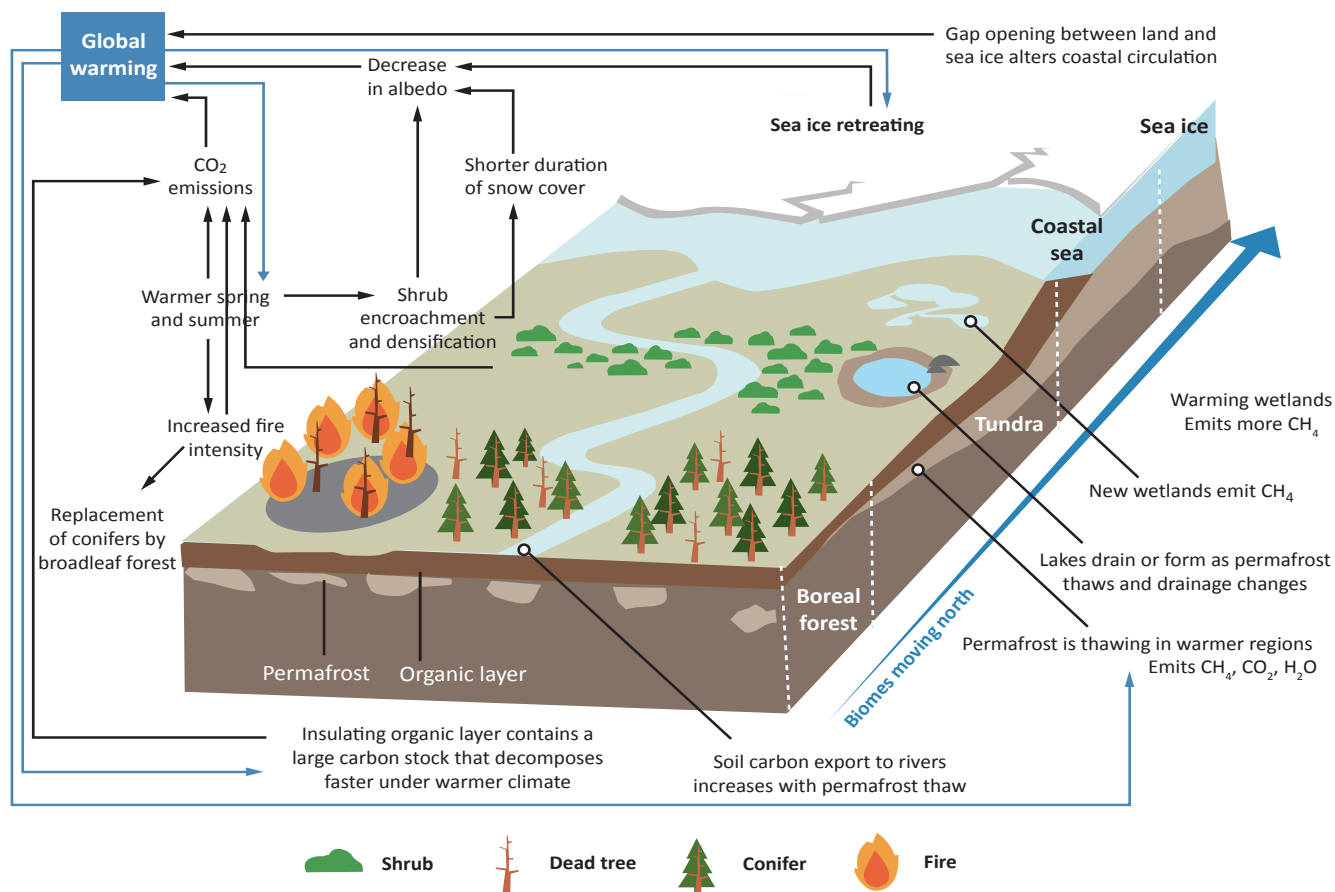
Depuis les vingt dernières années, la diminution progressive et marquée de l'étendue de la couverture des glaces de mer en été a entraîné une augmentation de la superficie d'eaux libres au cours de cette saison.

Cette situation découle d'une tendance au réchauffement général des régions terrestres et de la fonte du pergélisol qui, avec l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, renforcent une boucle de rétroaction biophysique. Plus la température augmente, plus la glace fond; plus la glace fond, plus les émissions de gaz à effet de serre augmentent et font monter la température. La modification de l'albédo due à la fonte de la neige et de la glace dans le Nord, qui absorbent la chaleur du soleil plutôt que de la refléter, aggrave les changements climatiques (NSIDC, 2015).

### 2.7.3 L'amplification expliquée

Aux latitudes élevées de l'hémisphère Nord, la surface près du sol se réchauffe à une vitesse deux fois plus grande qu'aux latitudes basses : c'est ce qu'on appelle l'amplification. Ce phénomène se produit tout au long de l'année, mais

Figure 2.7.2 : Le rôle de l'Arctique dans l'amplification des rétroactions



Source : Adapté de Stocker *et al.*, 2013

de manière plus prononcée pendant l'automne et l'hiver. Plusieurs processus contribuent à l'amplification, y compris les effets du rayonnement à l'échelle locale dus à un forçage accru des gaz à effet de serre, aux modifications de la rétroaction de l'albédo de surface induites par la diminution de la couverture de neige et de glace, aux changements de concentrations des aérosols et au dépôt de carbone noir sur les surfaces de neige et de glace, à la modification du couvert nuageux dans l'Arctique et de la teneur en vapeur d'eau, ainsi qu'au ralentissement du taux d'émission vers l'espace

du rayonnement de grande longueur d'onde dans l'Arctique (figure 2.7.2). En plus de ces facteurs locaux, les conditions de l'Arctique varient en réponse à des changements de la chaleur et de l'humidité transportées dans l'Arctique à partir de latitudes inférieures (Cohen, 2014; Stocker *et al.*, 2013).

### 2.7.3 La fonte du pergélisol et ses conséquences

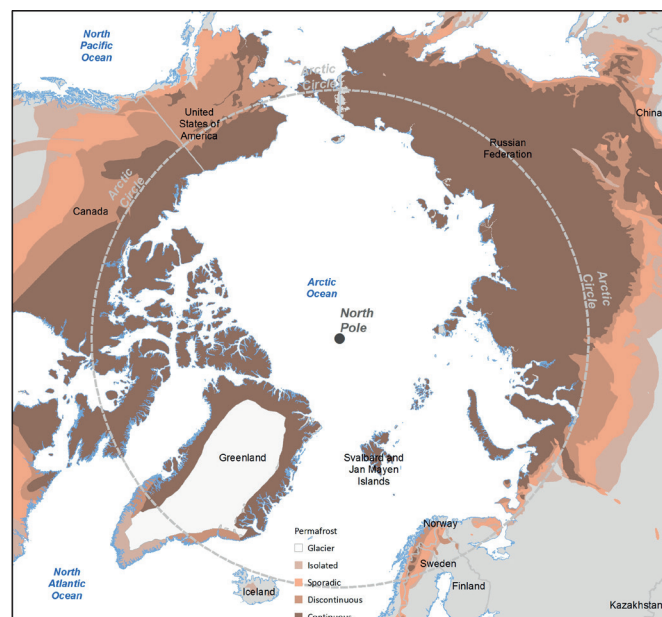
Le sol gelé de l'Arctique est un élément important, mais mal compris, à l'échelle de cette région, tout comme ses liens

avec le climat mondial. Des milliers de milliards de tonnes de carbone sont emprisonnées dans le pergélisol de l'Arctique. Pendant des millions d'années, cette accumulation de carbone n'a pas interagi avec l'atmosphère ni avec l'hydrosphère. Ce n'est plus le cas maintenant ou ce ne le sera plus bientôt, car avec la fonte du pergélisol, ce carbone a ou aura des effets sur la vitesse et l'ampleur du réchauffement planétaire (NAS, 2015). Même si le Polar Research Board de la National Academy of Science des États-Unis a conclu qu'à court terme, il est peu probable que les rejets de méthane atteignent une ampleur catastrophique (Huntington et Pfirman, 2014), on pourrait assister à un rejet lent, puis croissant de dioxyde de carbone et de méthane au fur et à mesure de la fonte du pergélisol. Cette menace réelle s'accéléralera et augmentera de façon significative la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère pendant de nombreuses décennies, voire des siècles. Des nombreux rapports, études de terrain et évaluations qui ont examiné le potentiel de rejet de méthane des sols arctiques, la plupart concluent que le taux de croissance du méthane dans l'Arctique est comparable à celui déjà observé dans l'atmosphère mondiale. La fonte du pergélisol a également d'autres conséquences, dont des répercussions sur les infrastructures construites comme les routes, les couloirs des conduites d'alimentation des services publics et les fondations des bâtiments (NAS, 2015).

Il est fort probable que la température du pergélisol ait augmenté dans la plupart des régions depuis le début des années 1980, d'après les enregistrements d'un réchauffement important du pergélisol s'élevant en moyenne à 3 °C dans des parties du nord de l'Alaska et à 2 °C dans des parties de la Russie d'Europe et une réduction générale de l'épaisseur du pergélisol et de l'étendue de sa superficie (Stocker *et al.*, 2013). La limite sud du pergélisol recule : le pergélisol continu s'est déplacé de 50 kilomètres vers le nord depuis les années 1980 et le pergélisol discontinu, de 80 km vers le nord, puis l'épaisseur de la couche active sur laquelle il repose augmente généralement (Stocker *et al.*, 2013; **figure 2.7.3**).

Le carbone présent dans le sol arctique provient des plantes qui poussent dans la couche mince du sol non gelé au-

Figure 2.7.3 : Répartition du pergélisol dans l'Arctique



Source: Adapted from NSIDC 2015

dessus du pergélisol. Lorsqu'une plante meurt dans un climat tempéré, elle se décompose, rejetant une partie de son carbone dans l'air et une partie dans le sol. Toutefois, dans l'Arctique, lorsqu'une plante meurt, elle reste au même endroit, et le carbone est emprisonné sur place où il s'accumule au fil de nombreuses saisons et de certaines d'années. Si de grandes zones de pergélisol devaient fondre, toute cette matière végétale qui était auparavant gelée se décomposerait, ce qui libérerait d'énormes quantités de carbone dans l'atmosphère sous forme de dioxyde de carbone ou de méthane. Une grande partie du carbone dans les sols de l'Arctique est emprisonné dans des cristaux de glace appelés clathrates de méthane (Schuur *et al.*, 2015). Puisque la glace et le pergélisol continuent à se détériorer et à s'effondrer, les clathrates pourraient libérer davantage de méthane dans l'atmosphère (NAS, 2015).

Bien que le dioxyde de carbone et le méthane soient tous deux des gaz à effet de serre, ils se comportent différemment dans l'atmosphère. Le dioxyde de carbone, qui demeure dans l'atmosphère pendant de nombreuses décennies, voire des siècles, est le principal facteur des changements climatiques à long terme. Sur des horizons courts, comme une décennie, le méthane est un gaz à effet de serre beaucoup plus puissant. Par conséquent, un rejet soudain d'une grande quantité de méthane pourrait causer des changements climatiques plus grands et plus rapides, mais l'ampleur de ces effets diminuerait graduellement au fur et à mesure que le méthane se décomposerait et se combinerait de nouveau avec l'oxygène dans l'atmosphère pour former du dioxyde de carbone (NAS, 2015). Que le réchauffement se produise sur des années ou des siècles, il demeure pratiquement irréversible.

### 2.7.5 Surveillance des processus dans l'Arctique, communs à l'échelle mondiale

Certains processus, dont le recul des glaciers, l'élévation du niveau de la mer, l'acidification des océans, la modification de la salinité des océans, ainsi que la circulation océanique, se sont accélérés en Arctique en raison du réchauffement climatique mondial. Bien que ces répercussions des changements climatiques soient devenues très apparentes dans l'Arctique, elles sont aussi observées partout dans le monde.

#### Recul des glaciers

Le cinquième Rapport d'évaluation du GIEC affirme avec une confiance élevée que les contributions principales à la fonte mondiale de la glace de glacier au début du XXI<sup>e</sup> siècle provenaient des glaciers de l'Alaska, de l'Arctique canadien, de la périphérie de l'inlandsis du Groenland, ainsi que des montagnes de l'Asie et du sud des Andes. Prises ensemble, ces zones représentent plus de 80 % de la perte totale des glaces (Stocker *et al.*, 2013; Field *et al.*, 2014). La perte de masse totale de tous les glaciers dans le monde, excluant ceux qui se trouvent en périphérie d'inlandsis, était d'environ 225 gigatonnes par année pour la période entre 1971 et 2009,

275 gigatonnes par année pour la période entre 1993 et 2009 et 301 gigatonnes par année entre 2005 et 2011 (Stocker *et al.*, 2013). Cette importante fonte indique une perturbation significative et mondiale des bilans massiques des glaciers, ce qui suppose que les glaciers de nombreuses régions fondront davantage, même si le climat demeure stable (Zemp *et al.*, 2015).

Les observations à long terme montrent que les glaciers reculent dans le monde entier et que leur masse diminue. Le Service de surveillance mondiale des glaciers, qui possède des séries d'ensembles de données recueillies depuis le XVII<sup>e</sup> siècle, coordonne les activités mondiales de surveillance des glaciers qui ont permis de compiler un ensemble de données inédites fondées sur l'observation terrestre, aérienne et spatiale des glaciers (Zemp *et al.*, 2009). Les études sur les glaciers sélectionnent généralement des portions précises de ces ensembles de données afin d'obtenir des évaluations optimales des données sur le bilan massique en lien avec l'impact des glaciers sur les fluctuations du niveau de la mer à l'échelle mondiale ou sur le ruissellement à l'échelle régionale. Les données suivant les variations des fronts de glaciers fournissent des preuves manifestes que le recul séculaire des glaciers est un phénomène mondial (Zemp *et al.*, 2015). Les périodes intermittentes de réavancée des glaciers à l'échelle régionale et décennale sont généralement limitées à un sous-échantillon de glaciers, lesquels n'ont jamais été près d'atteindre les positions maximales du Petit Âge glaciaire qui s'est produit du XVI<sup>e</sup> au XIX<sup>e</sup> siècle.

Les observations glaciologiques et géodésiques montrent que le taux de réduction de la masse des glaciers depuis 2000 est sans précédent à l'échelle mondiale, du moins par rapport à des siècles d'observation et probablement aussi aux données historiques enregistrées, comme l'indiquent les reconstitutions à partir de documents écrits et d'illustrations (Roer, 2008; Zemp *et al.*, 2015).

#### Élévation du niveau de la mer

Le taux moyen d'élévation du niveau de la mer à l'échelle du globe s'accélère. Environ 40 % de l'élévation mondiale des

mers est attribuable à la fonte de l'inlandsis du Groenland et d'autres glaciers terrestres aux latitudes élevées (NSIDC, 2015). L'augmentation de la fonte des glaces terrestres a des répercussions importantes sur le niveau des mers dans le monde.

Depuis le début des années 1970, la perte de masse des glaciers et la dilatation thermique des océans dues au réchauffement sont deux facteurs expliquant environ 75 % de l'élévation moyenne du niveau de la mer observée à l'échelle planétaire. Pour la période 1993-2010, l'élévation moyenne du niveau de la mer à l'échelle planétaire est, avec un degré de confiance élevé, cohérente avec la somme des contributions observées suivantes : dilatation thermique des océans due au réchauffement, ~1,1 millimètre par an; glaciers de l'Arctique, ~0,76 millimètre par an; inlandsis groenlandais, ~0,33 millimètre par an; inlandsis de l'Antarctique, ~0,27 millimètre par an; eaux terrestres, ~0,38 millimètre par an. La somme de ces contributions est égale à ~2,84 millimètres par an (Stocker *et al.*, 2013).

### Acidification des océans

L'acidification des océans s'intensifie plus rapidement dans l'océan Arctique qu'ailleurs. Cette situation n'est pas sans conséquence pour les écosystèmes marins, la pêche dans l'Arctique, la valeur des services écosystémiques de l'Arctique et la gestion marine (PSEA, 2013). Les niveaux d'acidification des mers arctiques sont généralement supérieurs à la moyenne mondiale. Le niveau de la mer de Norvège est en effet environ 200 % supérieur à la moyenne globale (PSEA, 2013), elle-même environ 30 % supérieure à celle de l'époque préindustrielle. Les niveaux prévus d'acidification des océans, provoquée par l'absorption constante de dioxyde de carbone, sont supérieurs aux niveaux observés pendant des millions d'années, d'après les estimations effectuées à partir des sédiments des fonds océaniques et des carottes de glace (PSEA, 2013; Ridgwell et Schmidt, 2010; Caldiera et Wickett, 2003).

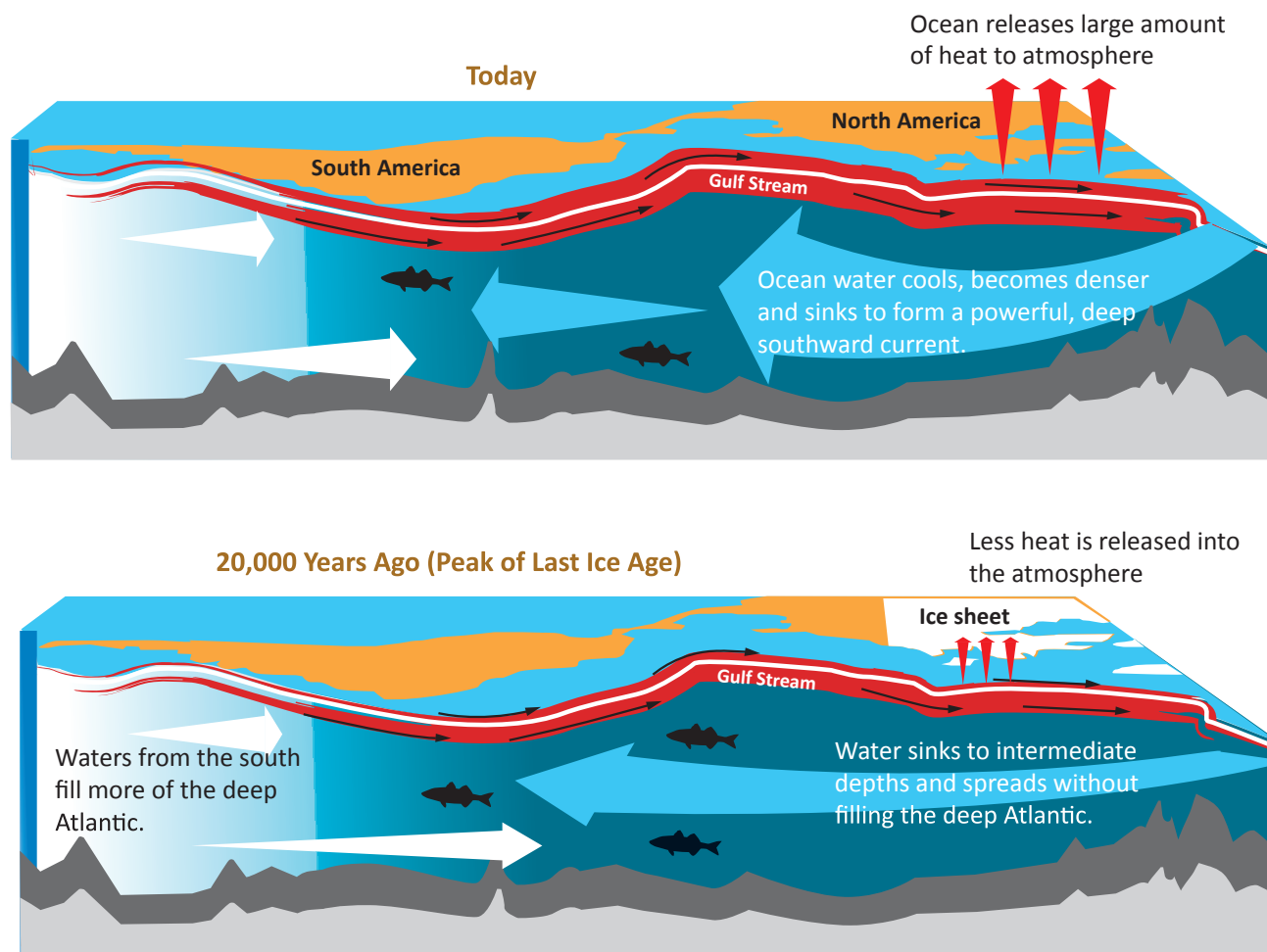


### Circulation océanique et modifications de la salinité

Au fur et à mesure que la glace de l'Arctique fond, de l'eau douce se déverse dans l'océan Arctique et l'Atlantique Nord. Selon les scientifiques, cet afflux d'eau douce aura des répercussions importantes sur la circulation de l'eau océanique à l'échelle mondiale, la circulation verticale des courants océaniques étant influencée par la salinité et la température de l'eau (**figure 2.7.4**). À son tour, la circulation océanique, aussi bien verticale qu'horizontale, est un facteur important des régimes climatiques dans l'Arctique et dans le monde (Collins *et al.*, 2010).

D'après des études récentes, la circulation méridienne de retournement de l'Atlantique, qui comprend le Gulf Stream, connaîtrait déjà un ralentissement et pourrait être à l'origine d'un refroidissement anormal dans l'Atlantique Nord entre le Groenland et l'Irlande. D'autres recherches laissent entendre qu'un ralentissement du Gulf Stream, dû à un refroidissement de l'eau douce qui se déverse dans l'Atlantique Nord en raison de la fonte de l'inlandsis du Groenland, contribue à l'augmentation des taux d'élévation du niveau de la mer mesurés le long de la côte atlantique de l'Amérique du Nord (NAS, 2015; Ezer, 2015; Rahmstorf *et al.*, 2015).

Figure 2.7.4 : Circulation océanique dans l'Atlantique Nord



La circulation méridienne de retournement de l'Atlantique (AMOC) transporte une énorme quantité de chaleur des tropiques vers le nord, réchauffant la région de l'Atlantique Nord. Lorsque l'eau de surface refroidit à des latitudes élevées, ce grand volume d'eau salée froide s'enfonce et se dirige vers le sud, remplissant le bassin profond de l'océan Atlantique et finissant par se déverser dans les profondeurs de l'océan Indien et de l'océan Pacifique. Les changements survenant dans l'Arctique peuvent influencer la circulation océanique, ce qui peut influencer sur le climat mondial.

Source : Adapté de NAS, 2015; Oberlander, 2014



## 2.7.6 Effets physiques et écologiques

La rapidité des changements qui surviennent en conséquence du réchauffement dans l'Arctique impose aux systèmes écologiques locaux de s'adapter à une évolution rapide du milieu (Maranger *et al.*, 2015). Cette situation peut avoir des répercussions pour la survie future des espèces endémiques de l'Arctique, des gros animaux au sommet de la chaîne alimentaire, comme le caribou et l'ours blanc, aux microbiotes sensibles aux variations même mineures de température (Sistla et Schimel, 2013; Johnsen, 2010).

À la suite de ces changements, certains habitats et les écosystèmes connexes se développent, tandis que d'autres diminuent rapidement. Le réchauffement de l'environnement gelé de l'Arctique limite l'aire de répartition des biotes adaptés au froid. En effet, des espèces moins spécialisées, dont les espèces exotiques envahissantes du sud, deviennent de plus en plus courantes.

Les phénomènes climatiques extrêmes, comme le dégel hivernal, surviennent plus fréquemment et peuvent accélérer les changements dans les processus et la structure des communautés écologiques. Les écosystèmes de l'Arctique étant interdépendants, les changements de l'environnement gelé modifient les liens physiques, biophysiques et biologiques. À tous ces effets d'ordre climatique vient s'ajouter le développement socioéconomique rapide du Nord, qui pose d'autres défis pour les modes de vie des Autochtones et des communautés nordiques, qui reposent sur les services écosystémiques de l'Arctique (Vincent *et al.*, 2011).

Les conséquences du réchauffement de l'Arctique à l'échelle régionale incluent la modification des bassins versants par la fonte glaciaire et la perte de grandes nappes glaciaires. Cette fonte donne lieu à l'exposition du littoral qui n'était auparavant pas touché par l'érosion côtière, situation accentuée par l'élévation du niveau de la mer et une plus grande vulnérabilité aux conditions météorologiques exceptionnelles (NRC, 2008). Cela, combiné au dégel du pergélisol, influe sur les habitudes de migration des plus gros animaux, modifiant ou empêchant leur accès à l'habitat

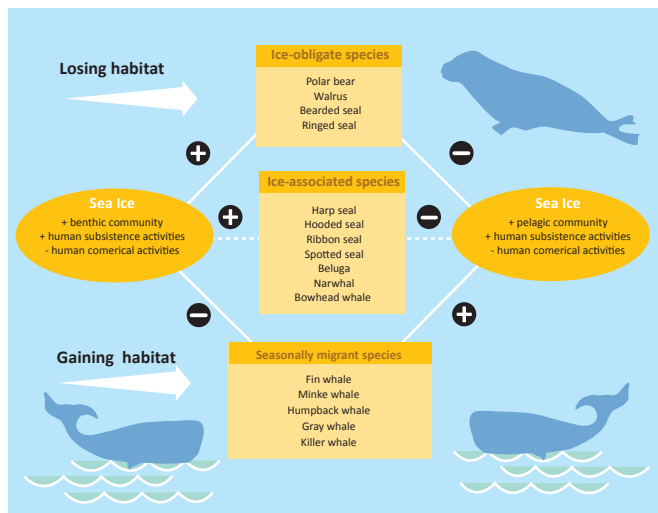
saisonnier et modifiant l'équilibre local entre prédateurs et proies (NRC, 2008).

## 2.7.7 Écosystèmes marins

La fonte de la glace de mer a créé de nouvelles étendues en eaux libres, permettant à de vastes populations de phytoplancton de proliférer et de modifier la chaîne alimentaire marine. Sur la terre ferme, les terres arbustives s'étendent à la toundra et les insectes envahissants se répandent dans les forêts. Du fait de l'augmentation de la température lors des étés arctiques et de l'allongement de la saison libre de glace, un plus grand nombre d'espèces du sud migrent vers le nord. La concurrence occasionnée par ces espèces à l'égard de la nourriture et d'autres ressources peut donner lieu à une vaste réorganisation des écosystèmes et à l'extinction d'espèces. Les écologistes de l'Arctique s'inquiètent particulièrement des « points de bascule », c'est-à-dire des seuils auxquels un changement climatique mineur peut avoir des conséquences écologiques soudaines, majeures et irréversibles (Schuur *et al.*, 2015; Everett *et al.*, 2014).

La végétation dans l'Extrême-Arctique est affectée par les augmentations continues de la température terrestre en été dues au recul de la glace de mer. Les zones en bordure de la glace de mer pérenne et les bords des grands glaciers connaîtront les changements les plus rapides au fur et à mesure de la disparition des glaces (Bhatt *et al.*, 2010). La diminution de la glace de mer a une incidence sur les mammifères marins à tous les stades clés de leur cycle de vie. Les espèces dépendant de la glace (ours blanc, morse et certains phoques) ont besoin de la glace de mer, qui leur sert de plateforme pour chasser, se reproduire et élever les jeunes. Par ailleurs, si certaines espèces de phoques se sont totalement adaptées à l'habitat de glace de mer, elles se reproduisent et se nourrissent parfois sur le rivage, et sont considérées comme des espèces associées à la glace. Les trois espèces de cétacés endémiques de l'Arctique sont également associées à la glace, et au moins cinq espèces de cétacés migrent vers les habitats arctiques et les occupent, principalement pendant la saison productive été-automne (Bhatt *et al.*, 2014; **figure 2.7.5**).

Figure 2.7.5 : Réponse des espèces de mammifères marins à la perte de glace de mer induite par leur dépendance à cet élément pour les principaux aspects de leur subsistance



Au cours de la dernière décennie, la diminution spectaculaire de l'épaisseur et de l'étendue de la glace de mer a stressé certaines populations d'espèces dépendant de la glace, mais s'est révélée avantageuse pour des espèces migratrices saisonnières.

Source : Adapté de Bhatt *et al.*, 2014

## 2.7.8 Écosystèmes terrestres

L'augmentation de la production primaire prévue et partiellement observée de la toundra arctique peut accroître les réserves de nourriture pour les ongulés de l'Arctique. Toutefois, la qualité globale du fourrage peut diminuer pendant le réchauffement, par exemple, en cas de baisse de la teneur en azote des variétés de fourrage principales pour les ongulés. En même temps, la biomasse de lichen, un fourrage d'hiver important pour les rennes, diminue dans certaines parties de la région arctique (Joly *et al.*, 2009; Turunen *et al.*, 2009).

Des épisodes plus fréquents de givrage après des chutes de pluie sur la neige et un manteau neigeux plus épais, causés par des hivers plus doux et une augmentation des

précipitations, peuvent restreindre l'accès à la végétation et avoir une influence négative profonde sur la dynamique des populations d'ongulés de l'Arctique (Hansen *et al.*, 2011). Ces dernières années, une mortalité élevée due à ces conditions a été enregistrée dans certains troupeaux de rennes semi-domestiques et chez les bœufs musqués (Bartsch *et al.*, 2010; Forbes *et al.*, 2009; Grenfell et Putkonen, 2008). Des études décrivent également que ces événements de givrage influent sur la dynamique d'une communauté résidente de vertébrés (incluant de petits mammifères, des rennes et des renards arctiques) dans l'archipel du Svalbard (Hansen *et al.*, 2013). En revanche, Tyler *et al.* (2008) et Tyler (2010) ont laissé entendre que, d'une façon générale, les hivers plus doux favorisent l'augmentation des populations de rennes.

Les disparités causées par le réchauffement entre la disponibilité et la qualité du fourrage, et le moment du vêlage peuvent jouer un rôle dans le déclin des populations de caribous et de rennes des régions circumpolaires (Post *et al.*, 2009a; b; Post et Forchhammer, 2008), bien que ces conclusions aient été contestées (Post *et al.*, 2009a; Post *et al.*, 2008). L'ajustement par plasticité phénotypique, c'est-à-dire la capacité héritée à s'adapter physiquement aux variations environnementales, comme la capacité à développer un pelage ou une robe plus fins ou plus épais, dominera probablement les réponses des vertébrés aux changements climatiques rapides survenant dans l'Arctique, et nombre de ces ajustements ont déjà été documentés (Gilg *et al.*, 2012).

## 2.7.9 L'expérience humaine

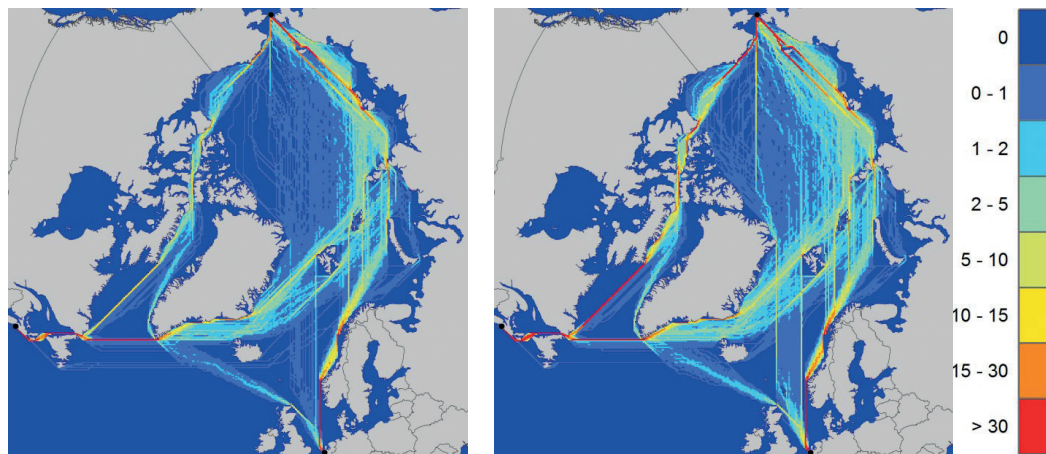
Près de 4 millions de personnes vivent dans l'Arctique, une population équivalant à celle de la Nouvelle-Zélande ou de la République d'Irlande. Environ 3,6 millions de personnes vivent dans les grandes villes et travaillent dans des entreprises ou des usines évoluant dans le secteur minier et dans le domaine de l'extraction de pétrole et de gaz. Au moins 400 000 personnes, soit la population de Malte ou des Maldives, sont des Autochtones issus de différents groupes ethniques dont les ancêtres ont vécu dans l'Arctique pendant des millénaires. Nombre de ces groupes autochtones sont

### Encadré 2.7.1 : Ouverture d'une voie maritime

La diminution de l'épaisseur de la glace de mer de l'Arctique et la réduction spectaculaire de son étendue saisonnière offrent des possibilités et créent de nouvelles difficultés liées aux nouvelles routes de navigation et routes commerciales, à l'exploitation des ressources naturelles, dont la pêche, le pétrole, le gaz et les minéraux, au tourisme, aux changements des modes de vie des communautés côtières, en particulier des peuples autochtones (North Pacific Arctic Conference, 2011-2014). Les observations par satellite indiquent que, à la mi-septembre, lorsqu'elle se trouve à son niveau minimum, l'étendue de la couverture des glaces de mer de l'Arctique a diminué de près de 10 % par décennie depuis la fin des années 1970, et ce rythme s'est récemment accéléré. Le réchauffement accéléré de l'Arctique n'a pas seulement réduit de façon spectaculaire le volume et l'étendue de la glace de mer, mais il est aussi responsable du fait que 85 % de la glace de mer est maintenant constitué de glace de première et deuxième années. L'âge de la glace de mer est un indicateur important des conditions de l'Arctique. Une perte de glace plus ancienne laisse entendre que l'Arctique perd de la glace plus rapidement qu'il n'en accumule. Des éléments probants laissent également supposer que la saison de la fonte s'est allongée; la glace commence à fondre plus tôt dans l'année et à se former plus tard. (Kattsov et al., 2010; Stocker et al., 2013).

Cette réalité réduit considérablement la nécessité de recourir à des brise-glaces haute puissance, la glace étant plus fine et éparse. L'ouverture de voies maritimes dans l'Arctique a plusieurs répercussions socioéconomiques majeures. L'intérêt pour l'exploitation des gisements de gaz et de pétrole dans l'Arctique se poursuit. L'ouverture de voies maritimes dans l'Arctique a accru l'intérêt pour le transport dans et à travers l'Arctique, en particulier pour la possibilité de navigation commerciale transarctique (Young et al., 2014; Andrew, 2014).

Figure 2.7.6 : Routes de navigation potentielles dans l'Arctique (2011-2035 et 2036-2060)



L'ouverture de voies maritimes dans l'Arctique a plusieurs répercussions socioéconomiques majeures. L'intérêt pour l'exploitation des gisements de gaz et de pétrole dans l'Arctique augmente, ce qui donne les prévisions de cette carte.

Source : CIESIN, 2015

### Encadré 2.7.2 : Problèmes relatifs à la santé et au bien-être des populations de l'Arctique, en particulier des communautés isolées et autochtones

- Insécurité alimentaire due aux changements climatiques et au développement : réduction des possibilités de chasse, de pêche et d'élevage fructueux et en toute sécurité du fait du déplacement de certaines espèces de subsistance, ainsi qu'à la perte des possibilités de conservation alimentaire traditionnelles et à la dépendance forcée aux aliments transformés, achetés dans le commerce et moins bons pour la santé (Bennett *et al.*, 2014; Larsen *et al.*, 2014; Virginia et Yalowitz, 2011; Ford et Berring-Ford, 2009; Parkinson et Evengard, 2009).
- Sécurité de l'eau et des infrastructures : dommages causés au milieu bâti et touchant des habitations déjà limitées; bris des infrastructures d'assainissement et des systèmes d'approvisionnement en eau propre; maladies causées par les eaux usées et d'autres polluants; concentration de fond des contaminants et bioamplification; maladies infectieuses; élévation du niveau de la mer et invasion d'eau salée (Larsen *et al.*, 2014; PSEA, 2011; 2009; Brubaker *et al.*, 2011; Parkinson et Evengard, 2009; Parkinson *et al.*, 2008; Revich, 2008; Berner *et al.*, 2005).
- Conditions météorologiques extrêmes : blessures, accidents et risques liés aux températures et aux phénomènes météorologiques extrêmes; déclenchement rapide de tempêtes; inondations causées par de fortes ondes de tempête; conditions non sécuritaires de chasse, de pêche, d'élevage, de déplacement et de cueillette à des fins de subsistance; dans les villages isolés, perte de services et d'approvisionnements, par exemple de nourriture, de pétrole et de télécommunications (Larsen *et al.*, 2014; Brubakeher *et al.*, 2011; Ford et Pearce, 2010; Ford et Furgal, 2009; Revich, 2008).
- Modifications de la neige, de la glace et des écosystèmes : changements des conditions de neige et de glace, entraînant des changements au niveau de l'aire de répartition des animaux et des végétaux, et des populations; nouvelles espèces; maladies infectieuses; maladies zoonotiques; changements de l'exposition aux concentrations de fond de contaminants; perte de fourrage et de nourriture; diminution du nombre d'habitats des espèces de subsistance; changements des itinéraires migratoires et des pâturages (Larsen *et al.*, 2014; Brubaker *et al.*, 2011; PSEA, 2011; Ford et Furgal, 2009; Revich, 2008; Huntington *et al.*, 2007).
- Bien-être des communautés et intégrité culturelle : menaces pesant sur la culture, les familles et les communautés du fait de leur déplacement, les villages étant endommagés par le dégel du pergélisol et l'érosion; déplacement forcé et autres changements causant des problèmes de santé mentale au sein des communautés autochtones et isolées, notamment une augmentation du nombre de suicides en particulier chez les jeunes (Brubaker *et al.*, 2011; Coyle et Susteren, 2012; Portier *et al.*, 2010; Abryutina, 2009)



Journée ensoleillée à Cambridge Bay (Iqaluktuuttiaq), Nunavut, Canada  
128 ©Sophia Granchinho

### Encadré 2.7.3 : Implication des gouvernements tribaux et des peuples autochtones au Canada et aux États-Unis

#### Consultation et coordination avec les gouvernements tribaux aux États-Unis

La stratégie du gouvernement des États-Unis consiste à consulter, au cas par cas, les gouvernements tribaux reconnus au niveau fédéral lorsque les mesures et les décisions d'une agence fédérale, telle que l'Agence américaine pour la protection de l'environnement (USEPA), risquent d'avoir une incidence sur les intérêts tribaux. La consultation est un processus de coordination et de communication efficace entre les représentants de l'agence fédérale et des gouvernements tribaux avant la prise de mesures ou la mise en œuvre de décisions susceptibles d'avoir des répercussions sur les tribus. En tant que processus, la consultation englobe plusieurs méthodes d'interaction pouvant être utilisées à différents niveaux.

La politique du gouvernement des États-Unis établit des lignes directrices nationales et des contrôles institutionnels relatifs au processus de consultation au sein du gouvernement. Dans le cas de l'USEPA, le programme et les bureaux régionaux ont, comme principale responsabilité, la consultation des tribus. L'USEPA s'est engagée auprès des gouvernements tribaux par le biais de solutions d'information innovantes telles que le réseau d'observateurs de l'environnement circumpolaire local (OECL). Sous la présidence états-uniennes du Conseil de l'Arctique (CA), les partenaires du groupe de travail du Programme d'action et de surveillance des contaminants dans l'Arctique (PASCA) du Conseil et son programme secondaire Indigenous Peoples Contaminants Action Programme (IPCAP) s'appuient sur la réussite du réseau d'observateurs de l'environnement local (OEL) pour jeter les bases d'un réseau OECL. Grâce au financement de l'USEPA et de la Commission nord-américaine de coopération environnementale, les membres de l'IPCAP et du PASCA collaborent avec les communautés de l'Ouest canadien pour établir de nouvelles communautés d'observateurs OEL et des centres régionaux et créer un réseau OECL régional nord-américain.

#### Consultation et participation des peuples autochtones au Canada

Environnement et Changement climatique Canada s'efforce de favoriser une participation significative et un dialogue constructif avec l'ensemble des Canadiens, de la société civile et des peuples autochtones. La consultation des peuples autochtones est l'une des étapes clés de la prise de décisions appropriées, valables et viables sur le plan environnemental. De plus, Environnement et Changement climatique Canada consulte les groupes autochtones pour des motifs d'ordre juridique. Le gouvernement a notamment l'obligation de consulter les Autochtones et, si nécessaire, de prendre des mesures d'adaptation lorsqu'il envisage de mettre en œuvre des mesures susceptibles d'influer de façon négative sur les droits des Autochtones et sur les droits issus des traités.

Environnement et Changement climatique Canada est tenu de consulter les groupes autochtones en vertu de ses obligations légales et contractuelles, par exemple, pour répondre aux exigences d'accords tels que les traités modernes. Le Ministère consulte également les peuples autochtones pour des motifs liés notamment à la bonne gouvernance afin de prendre des décisions éclairées et adéquates, d'instaurer et d'améliorer des relations de travail et d'aborder la question de nouveaux aménagements. Environnement et Changement climatique Canada fait participer les

peuples autochtones à la prise de décisions spécifiques sur de nombreux sujets, allant par exemple de la conservation, à la conformité et l'application de la loi, en passant par des enjeux de politique internationale tels que les changements climatiques et la biodiversité. À titre d'exemple :

- Des organisations autochtones nationales faisaient partie de la délégation canadienne lors de la 21<sup>e</sup> Conférence des Parties, à Paris, et participent à l'élaboration d'un cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques.
- La *Loi sur les espèces en péril* (LEP) définit des exigences précises en matière de consultation des conseils de gestion des ressources fauniques concernant l'inscription d'espèces proposées à la liste conformément à ses dispositions, la prise en compte des connaissances traditionnelles autochtones dans les évaluations des espèces et la coopération avec les organisations autochtones et les conseils de gestion des ressources fauniques pour l'élaboration de programmes de rétablissement.
- Environnement et Changement climatique Canada participe à des discussions avec les communautés autochtones en vue d'élaborer une politique nationale en matière d'accès et de partage des avantages pour les ressources génétiques et les connaissances traditionnelles associées à ces ressources.

associés à des terres ou à des régions spécifiques, et vivent principalement dans des zones de peuplement de petite taille et isolées (Galloway-McLean, 2010; Nakashima *et al.*, 2012; Bogoyavlenskiy et Siggner, 2004). L'environnement arctique est le fondement de leur identité, de leur bien-être et de leur culture. Leur subsistance dépend des troupeaux de rennes, de la chasse, de la chasse au phoque, de la chasse à la baleine et de la pêche (Galloway-McLean, 2010). L'avenir de ces communautés diverses et uniques de l'Arctique est incertain. De nombreux peuples autochtones sont considérés comme particulièrement vulnérables aux changements climatiques et au développement (Larsen *et al.*, 2014). Le dégel du pergélisol pose notamment des problèmes particulièrement importants et graves, des dommages provoqués par l'érosion à des bâtiments, des conduites et des infrastructures clés. Les communautés vivant dans les terres basses et les régions côtières sont devenues de plus en plus vulnérables dans l'Arctique.

La plupart des communautés humaines de l'Arctique, en particulier les peuples autochtones, sont déjà concernées par des facteurs climatiques interreliés : réduction de l'étendue et de l'épaisseur de la glace de mer, modifications de la glace saisonnière et fonte/gel des lacs et des rivières, dégel accru du pergélisol, davantage de conditions météorologiques

exceptionnelles et imprévisibles et de tempêtes violentes, variations de la température de l'eau, élévation du niveau de la mer, inondation, accroissement de l'érosion côtière et variations du moment de survenue et du type de précipitations (Bennett *et al.*, 2014; Larsen *et al.*, 2014).

Ce stress se traduit, pour les communautés, par des difficultés à maintenir leur bien-être économique, culturel et social ainsi que leur santé physique en raison de l'insécurité alimentaire, des dommages causés aux infrastructures essentielles, du manque d'accès à de l'eau propre, des blessures et des risques liés aux conditions météorologiques extrêmes, de l'accès plus difficile aux espèces de subsistance, du déplacement forcé des communautés et de la perte de la culture (Bennett *et al.*, 2014; Larsen *et al.*, 2014; Maynard, 2013; Parkinson, 2009).

Concernant ces diverses conséquences relatives au climat pour les populations de l'Arctique, il convient de garder à l'esprit que plusieurs autres facteurs de stress environnementaux les touchent de plus en plus. Il s'agit notamment des contaminants locaux et des contaminants transportés sur de longues distances comme les polluants organiques persistants, les métaux lourds et les radionucléides.



## Développement dans l'Arctique : défis et possibilités

La course à l'extraction des ressources énergétiques et minérales, les efforts mis en œuvre pour exploiter les territoires sur terre et en mer, le tourisme, la pêche et le transport maritime, ainsi que l'ouverture de voies maritimes constituent d'autres sources de pression et de répercussions en cascade pour les communautés de l'Arctique (Corell, 2013). Ces activités de développement s'accompagnent d'un afflux important de personnes, de revendications de souveraineté, de nouvelles infrastructures et d'entreprises dans l'Arctique. L'ensemble de ces éléments modifie l'environnement physique, ainsi que l'ordre social de cette région (Larsen *et al.*, 2014; Maynard, 2013).

L'exploitation pétrolière et gazière en particulier accélère d'autres développements dans l'Arctique, notamment par la construction de routes, la stimulation de l'activité économique et la création de nouvelles zones habitées. Divers corridors de développement intensif, dont Beaufort-Mackenzie-Nord et mer de Barents-bassin Pechora, auront des répercussions considérables sur l'avenir de nombreuses communautés autochtones de l'Arctique. Ces développements se traduisent par de nouvelles activités économiques et de nouveaux aménagements dans des régions et des communautés vulnérables, caractérisées essentiellement par la chasse traditionnelle ou l'élevage de rennes, et de nombreux habitats marins et côtiers sensibles (Grid-Arendal, 2015). Trouver un équilibre entre les défis et possibilités inhérents à tout développement économique et tout investissement dans l'infrastructure nécessitera les efforts concertés de toutes les parties.

En dépit de la grande capacité d'adaptation qui caractérise les populations de l'Arctique depuis des siècles, on s'inquiète de l'incidence irrévocable des profondes transformations qui s'opèrent à une vitesse effrénée dans la région (changements climatiques, mondialisation, développement économique et ouverture de voies maritimes) sur ces communautés et leurs modes de vie traditionnels (Larsen *et al.*, 2014; Corell,

2013; Maynard, 2013). Par conséquent, il est de plus en plus important de veiller à ce que les populations de l'Arctique puissent défendre leurs intérêts et jouer un rôle essentiel dans l'avenir de l'Arctique.

## Connaissances autochtones traditionnelles

Malgré ces nombreux changements, les peuples autochtones de l'Arctique se sont historiquement adaptés aux variations climatiques et environnementales, ainsi qu'à des changements technologiques et sociaux plus récents. Leur adaptabilité peut en partie être attribuée à leur vaste savoir traditionnel et à leurs réseaux sociaux flexibles (Larsen *et al.*, 2014; Williams et Hardison, 2013; West et Hovelsrud, 2010). Alors que le mode de vie des peuples autochtones subit désormais des pressions sans précédent en raison des changements climatiques et de l'exploitation de ressources pétrolières et minérales, ces peuples ont déjà mis en place certaines méthodes d'adaptation créatives, notamment par le biais d'initiatives à court terme et d'initiatives de planification à long terme plus officielles (Nakashima *et al.*, 2012; Brubaker *et al.*, 2011).

Les connaissances écologiques traditionnelles correspondent à la compréhension acquise par les peuples autochtones au fil de nombreuses générations des systèmes en place dans leur environnement (voir l'**encadré 2.7.4**). Ces connaissances se révèlent une mine d'information importante pour comprendre les effets des changements climatiques et d'autres changements, et élaborer des stratégies d'adaptation officielles (Larsen *et al.*, 2014; Nakashima *et al.*, 2012). Ces dernières années, le nombre d'occasions de collaboration entre scientifiques et experts autochtones n'a pas cessé de croître. Les connaissances traditionnelles sont venues compléter les connaissances scientifiques officielles pour créer des stratégies d'adaptation plus solides. Au Canada, la collaboration entre des experts inuits et des météorologues a permis d'expliquer les importants changements récemment observés de la vitesse et de la direction des vents (Overland *et al.*, 2012; Gearheard *et al.*, 2011).

### Encadré 2.7.4 : L'intégration des connaissances traditionnelles autochtones à la science

Les Autochtones du nord-ouest de l'Alaska dépendent considérablement du caribou de la toundra (*Rangifer tarandus*) pour répondre à leurs besoins nutritionnels et culturels. Le village indigène de Noatak, en Alaska, borde la réserve nationale Noatak, une zone historiquement et actuellement utilisée par les Inupiaqs pour la chasse de subsistance du caribou et d'autres activités traditionnelles. Un projet de recherche concertée a été entrepris par le Service des parcs nationaux, le village de Noatak et l'Université Fairbanks en Alaska pour consigner les connaissances traditionnelles autochtones (CTA) relatives aux troupeaux de caribous de l'Arctique de l'Ouest. Cette étude s'est intéressée en particulier aux changements de comportements et d'habitudes migratoires des caribous, aux incidences éventuelles sur l'animal et à la façon dont ces changements peuvent, à leur tour, influencer sur les Autochtones pratiquant une chasse de subsistance. En outre, la zone d'étude, le nord-ouest de l'Alaska, est utilisée par des habitants de l'Alaska (résidents et non résidents) venant de l'extérieur de cette zone pour y chasser le gros gibier. La présence d'exploitants commerciaux dans la région, ainsi que l'activité associée à de petits aéronefs, préoccupent grandement les chasseurs autochtones, qui dénoncent les effets des perturbations anthropiques sur le caribou. De nombreux résultats issus de cette étude montrent que les chasseurs de Noatak perçoivent les effets des changements sur le caribou et la chasse au caribou comme la conséquence directe de l'activité aérienne et de la présence de chasseurs de l'extérieur de la région. Les changements climatiques, la modification de l'habitat et la prédation ont également été identifiés comme les principales causes de l'évolution des habitudes migratoires des caribous. Les chasseurs de Noatak ont également signalé que la chasse au caribou a considérablement changé ces cinq dernières années, que le nombre de bêtes tuées a diminué et que les chasseurs doivent s'adapter à l'évolution des habitudes migratoires du caribou.



Un résident de Noatak aide les chercheurs à cartographier les territoires de chasse au caribou et les points de franchissement des rivières.  
© NPS/ Gabriela Halas

De nombreux outils ont permis de recueillir et de consigner les CTA, y compris les données quantitatives fournies par les relevés, les données qualitatives des récits obtenus au cours de rencontres et les renseignements du système d'information géographique (SIG). Un projet de film a été entrepris avec les aînés du village dans le but de produire des films pédagogiques sur l'importance du caribou pour les chasseurs autochtones. L'étude, réalisée de 2012 à 2015, a permis de consigner les connaissances traditionnelles des habitants de Noatak sur l'écologie du caribou et la chasse au caribou, fournissant ainsi l'occasion d'éclairer la science et la gestion de la faune dans le nord-ouest de l'Alaska.

### 2.7.10 Conclusion

Au cours des prochaines décennies, il est très probable que la température de l'air en surface à l'échelle de la planète augmente plus rapidement dans les régions terrestres que dans les océans à cause de l'activité humaine. En outre, il est très probable que le réchauffement anthropique dans l'Arctique en hiver soit supérieur au réchauffement moyen planétaire (Stocker *et al.*, 2013). La région de l'Arctique est en pleine mutation, et les changements surviennent à une vitesse accélérée et sont d'une ampleur sans précédent depuis au moins 800 000 ans, et peut-être même depuis des millions d'années.

La région de l'Arctique et ses habitants sont confrontés à des réalités concrètes imposées par les changements climatiques : fonte de la glace, augmentation des activités

industrielles et exploitation des ressources naturelles abondantes de la région. Au vu des nombreux impacts des changements climatiques, on peut voir les problèmes considérables auxquels les habitants de l'Arctique doivent faire face comme un signe avant-coureur des répercussions pour l'Amérique du Nord, l'hémisphère Nord et l'ensemble de la planète (Young *et al.*, 2014).

## 2.8 Changements climatiques

### 2.8.1 Introduction

En Amérique du Nord, la question des changements climatiques a toujours revêtu une dimension théorique, celle d'un événement qui se produira dans l'avenir. Les preuves

### Messages clés : Changements climatiques

Tandis que les scientifiques continuent d'affiner leurs prévisions et d'accumuler des éléments probants confirmant l'influence de l'activité humaine, les observations en Amérique du Nord et ailleurs montrent de façon incontestable que le climat est bel et bien en évolution et que le réchauffement des 50 dernières années est en grande partie attribuable aux émissions de gaz à effet de serre induites par l'activité humaine.

- Les impacts des changements climatiques se font de plus en plus sentir dans l'ensemble de la région, se répercutant sur la santé et le bien-être et, dans certains cas, sur la sécurité des personnes.
- La possibilité que ces impacts s'aggravent à court et à long terme constitue un enjeu prioritaire pour l'Amérique du Nord.
- Le Canada et les États-Unis prennent des mesures pour atténuer une situation ingérable et s'adapter aux impacts inévitables des changements climatiques dans la région et à plus grande échelle.
- Les initiatives visant à atténuer les changements climatiques par la réduction des émissions de gaz à effet de serre et l'amélioration de la séquestration du carbone commencent à donner des résultats tangibles et pourraient servir de base à des progrès potentiellement plus importants.
- Le succès des mesures d'atténuation découle de la mise en œuvre d'un large éventail de mesures aux échelons fédéral, régional et local, et au sein des secteurs public et privé : normes d'efficacité énergétique, production d'électricité à faibles émissions de carbone, plans de transport, normes et codes du bâtiment, etc.
- Des initiatives d'adaptation aux changements climatiques sont également mises en œuvre à de nombreux niveaux au sein des gouvernements, des entreprises et des collectivités d'Amérique du Nord.

qui réfutaient cette idée étaient confinées dans l'Arctique, où des transformations extrêmes dues aux températures élevées s'opèrent depuis au moins deux décennies. Au cours de la dernière décennie, toutefois, les effets des changements climatiques se sont manifestés à des latitudes inférieures : des ouragans ont en effet causé de nombreuses catastrophes humaines et matérielles dans de grandes villes, des sécheresses régionales intenses et durables se sont produites, la migration des écosystèmes et des espèces a pu perturber les modes de vie et les moyens de subsistance et l'ensemble du continent, quelle que soit la saison, a connu des températures et des épisodes de précipitations extrêmes associés à l'évolution des configurations météorologiques. Ces conditions extrêmes détruisent l'environnement bâti, portent atteinte à la sécurité alimentaire à l'échelle régionale et mondiale et menacent les moyens de subsistance et les possibilités pour les citoyens des deux pays (Horton *et al.*,

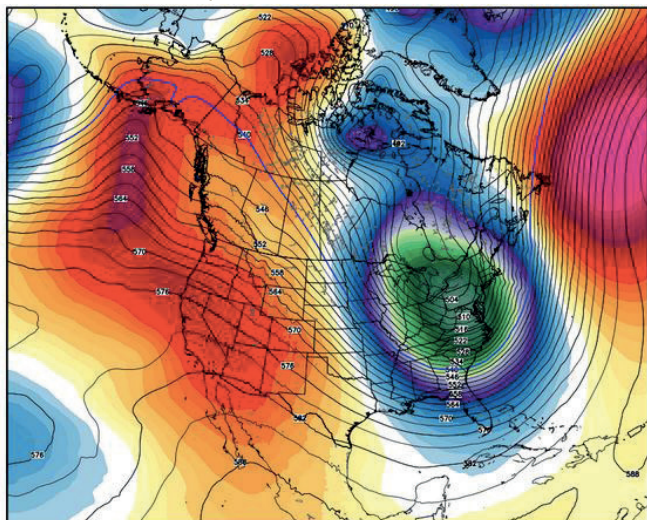
2015; Williams, 2014; Scott, *et al.*, 2015; GIEC, 2014a; AAC, 2015).

## 2.8.2 Formation de systèmes atmosphériques erratiques

L'ouest et le sud de l'Amérique du Nord ont été touchés par des sécheresses et l'ensemble du continent souffre, durant l'été, de vagues de chaleur extrême depuis au moins l'année 2000. Toutefois, des impacts imprévus sont prédominants dans la région côtière atlantique du continent. Des phénomènes tels que l'oscillation nord-atlantique et l'oscillation multidécennale de l'Atlantique influent sur les conditions météorologiques et climatiques, de la baie d'Hudson jusqu'à la péninsule d'Arabie. Ces dernières décennies, les tendances des températures mettent en évidence une zone visible de refroidissement dans l'Atlantique Nord. Ce refroidissement coïncide avec un ralentissement du courant atlantique du sud au nord, la circulation méridienne de retournement de l'Atlantique (AMOC), qui inclut le Gulf Stream, au cours du XX<sup>e</sup> siècle et plus particulièrement depuis 1970. Une partie de ce ralentissement est probablement due à l'apport d'eau douce froide issue de la fonte de l'inlandsis groenlandais. Un examen approfondi des données laisse entendre que l'affaiblissement de l'AMOC après 1975 n'a connu aucun précédent au cours du dernier millénaire. Une fonte accrue de l'inlandsis groenlandais dans les décennies à venir pourrait contribuer à un nouvel affaiblissement de cette circulation sud-nord dans l'Atlantique Nord. L'élévation rapide du niveau de la mer le long de la côte Est du continent est déjà visible et attribuée à ce ralentissement du Gulf Stream (Rahmstorf *et al.*, 2015).

Ces changements qui touchent la circulation peuvent donner des températures atmosphériques et océaniques anormalement basses et persistantes dans l'Atlantique Nord et accentuer également l'élévation du niveau de la mer le long du littoral de l'Amérique du Nord. En même temps, l'absence de glace sur la côte arctique pendant l'été peut constituer un autre facteur complexe contribuant aux changements climatiques très visibles sur le continent nord-américain, (Francis et Skific, 2015; Rahmstorf *et al.*, 2015).

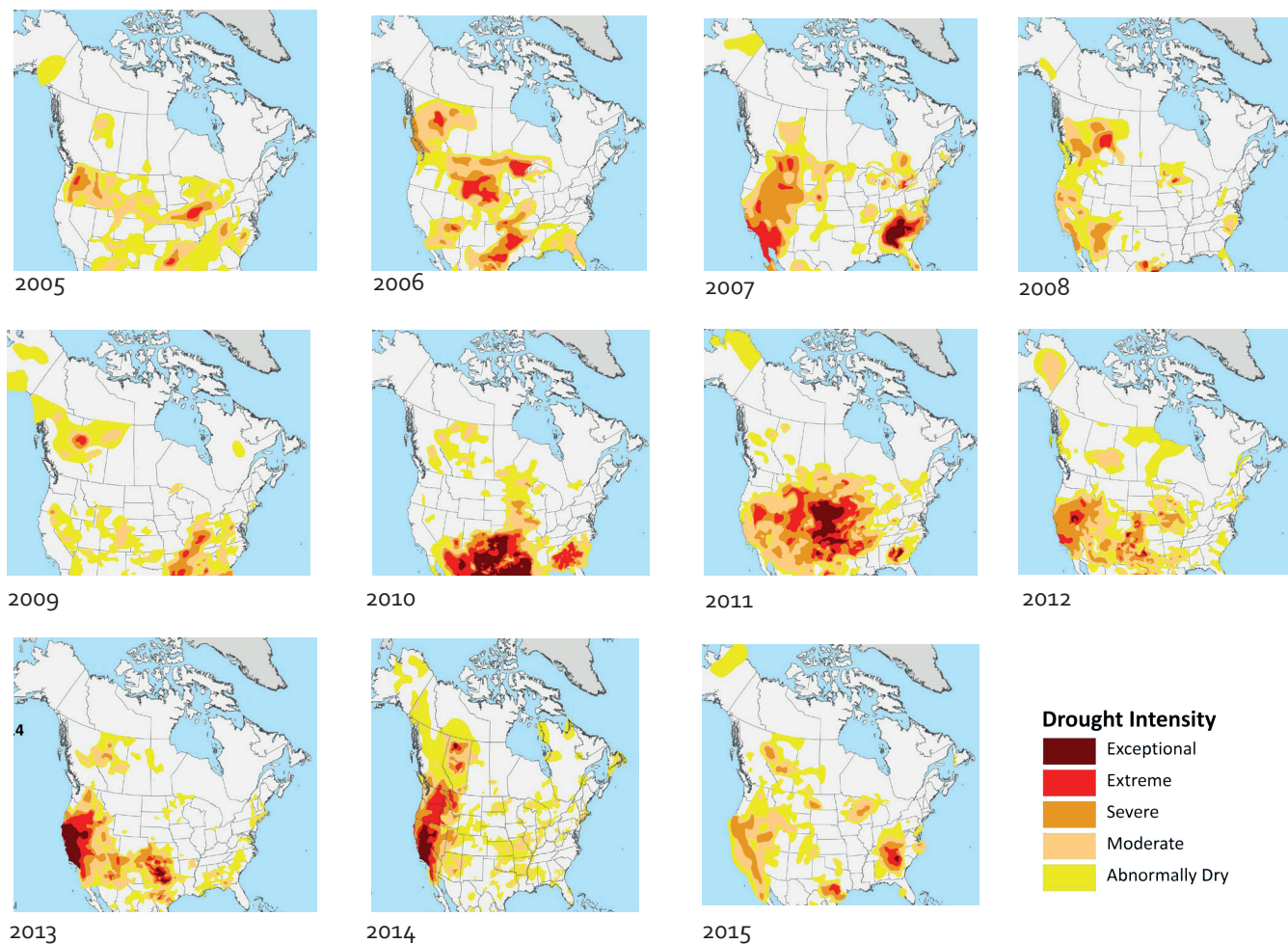
Figure 2.8.1 : Analyse de la pression atmosphérique au-dessus de l'Amérique du Nord



La figure ci-dessus présente une analyse de la pression au-dessus de l'Amérique du Nord le 20 février 2015. On y voit une forte crête de haute pression sur l'ouest des États-Unis et l'Alaska et un creux profond sur l'est, permettant le déplacement d'une masse d'air polaire vers le sud.  
Source : Adapté de Weather Bell, 2015



Figure 2.8.2 : Suivi de la sécheresse en Amérique du Nord, octobre 2005-2015

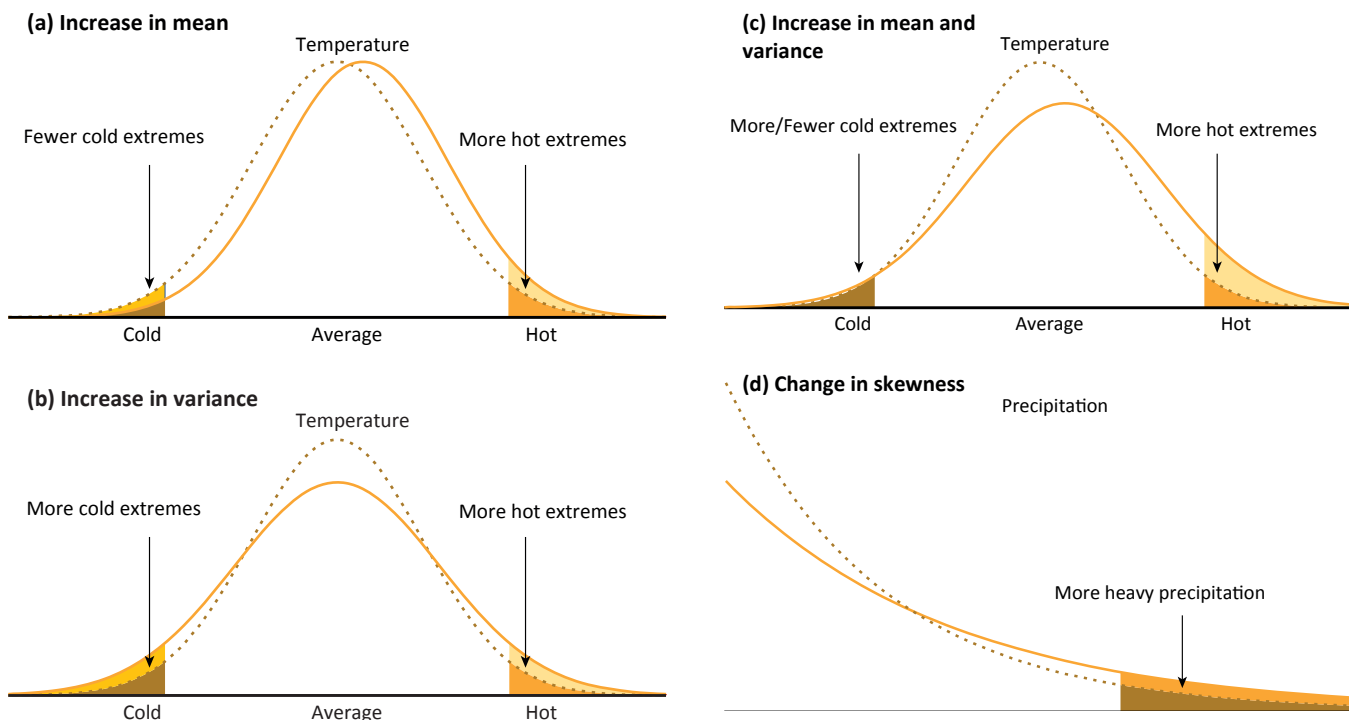


Source : NOAA, 2015

De nouvelles études laissent entendre que le réchauffement disproportionné de l'Arctique et la baisse conséquente des gradients de température prévue de l'équateur au pôle obligent la circulation dans l'hémisphère Nord à adopter une amplitude nord-sud plus accentuée, mais non uniforme. De même, des éléments probants indiquent

que ces configurations de courant-jet d'une amplitude accentuée surviennent plus fréquemment. En outre, ces conditions donneront probablement lieu à des phénomènes météorologiques extrêmes (Francis et Skific, 2015; NOAA, 2015a).

Figure 2.8.3. Effets des changements de la distribution des températures sur les valeurs extrêmes



Différents changements de la distribution des températures entre le climat actuel et futur, et leurs effets sur les valeurs extrêmes des distributions : (a) effets d'un simple décalage de l'ensemble de la distribution vers un climat plus chaud; (b) effets d'une hausse de la variabilité de la température, sans décalage de la moyenne; (c) effets d'une forme modifiée de la distribution, cet exemple montre une asymétrie accrue vers la partie la plus chaude de la distribution; (d) changement de l'étalement.

Source : Adapté de Stocker *et al.*, 2013

### 2.8.3 Sécheresses persistantes, écosystèmes perturbés

En Amérique du Nord, la principale menace relative aux changements climatiques est la sécheresse récurrente, en particulier dans le sud et l'ouest de la région. Une sécheresse ayant sévi entre 2000 et 2004 dans l'ouest de l'Amérique du Nord a été décrite comme « *la sécheresse la plus grave des 800 dernières années, ayant réduit considérablement le*

*modeste puits de carbone normalement présent dans cette région* » (Schwalm *et al.*, 2012).

Les projections indiquent que, du moins pendant tout le reste du XXI<sup>e</sup> siècle, des épisodes de sécheresse de cette durée et gravité seront devenus courants. Des projections plus dérangeantes laissent également entrevoir que, d'ici 2099, la sécheresse survenue de 2000 à 2004 sera considérée comme la portion finale humide d'une période de sécheresse.



### Encadré 2.8.1. Complexe urbain dans l'œil d'une tempête

Les exemples de solutions stratégiques aux problèmes des changements climatiques sont trop souvent pris au hasard, plutôt que choisis délibérément : un exemple bien connu est l'empreinte carbone et climatique constamment faible des citoyens de New York, par rapport aux autres citoyens des États-Unis. Cette réussite est due à une planification responsable, mais elle est aussi rendue possible grâce à la valeur continuellement élevée des propriétés et aux limites imposées par la superficie de l'île de Manhattan. La densité élevée des habitations, la dépendance par défaut aux transports en commun et le nombre relativement bas de propriétaires d'automobiles se traduisent par des systèmes de transport, de chauffage et de refroidissement très performants, ce qui diminue la consommation moyenne de combustibles fossiles (Kelly *et al.* 2015). Cette efficacité n'était pas un choix intentionnel, mais depuis la fin des années 1990, elle a servi de modèle et a été renforcée dans le cadre de campagnes municipales et communautaires. D'autres villes et agglomérations s'inspirent de ce modèle de bonnes pratiques pour élaborer des mesures d'adaptation et appliquer des solutions intelligentes face aux changements climatiques.

Les zones de faible altitude de la ville de New York comptent une population nombreuse, des infrastructures essentielles ainsi que des ressources culturelles, économiques et naturelles emblématiques. Ces zones sont actuellement exposées à des inondations côtières causées par des tempêtes tropicales pendant la saison chaude, comme l'ouragan Sandy, et par des tempêtes provenant du nord-est pendant la saison froide. La montée du niveau de la mer accroît la fréquence et l'intensité des inondations côtières : par exemple, la hausse de 30 cm du niveau de la mer au large de la ville de New York depuis 1900 a vraisemblablement étendu la zone d'inondation de l'ouragan Sandy d'environ 65 km<sup>2</sup>, inondant les résidences de plus de 80 000 autres personnes à New York et au New Jersey uniquement (Patrick *et al.*, 2015)

Figure 2.8.4. New York, ville vulnérable



Sources : Adapté des données de l'Agence fédérale de gestion des urgences (FEMA), 2015; TerraMetric, 2015

L'ouragan Sandy a causé la mort d'environ 150 personnes et entraîné des pertes de près de 70 milliards de dollars américains (Buss, 2013; Horton *et al.*, 2015). Environ la moitié de ces décès sont survenus dans les Caraïbes, et l'autre moitié aux États-Unis, dont 44 à New York. L'onde de tempête de 39 cm au-dessus du niveau moyen de la mer causée par l'ouragan Sandy a établi un record enregistré par des marégraphes officiels. Plusieurs facteurs ont contribué à cette onde de tempête extrême. La pression minimale de Sandy a été la plus faible jamais enregistrée lorsqu'elle a touché terre au nord de Cape Hatteras, en Caroline du Nord. Accompagnée d'un champ de vent de la force d'une tempête tropicale de plus de 1 600 km de diamètre, Sandy figure parmi les plus fortes tempêtes observées dans la région. Sa trajectoire inhabituelle courbant vers l'ouest a aussi concentré l'onde, le vent et les vagues dans la région métropolitaine de New York. Un autre facteur ayant contribué à l'importante inondation côtière est la simultanéité du pic de la tempête et de la marée haute (Horton *et al.*, 2015; Sweet *et al.*, 2013).

À part quelques brefs épisodes sporadiques de précipitations abondantes, on prévoit des conditions de sécheresse pour tout le XXI<sup>e</sup> siècle. Des diminutions de la production agricole, de la production primaire nette, du ruissellement des grands bassins et de l'absorption du dioxyde de carbone par la surface terrestre (comme il est documenté pour la sécheresse de 2000 à 2004) pourraient devenir la nouvelle norme, c'est-à-dire des

conditions de sécheresse intense tout au long du XXI<sup>e</sup> siècle (Schwalm *et al.*, 2012; Williams *et al.*, 2014; Scott *et al.*, 2015).

Au Texas, une importante sécheresse de cinq ans s'est terminée au printemps 2015 par des inondations dévastatrices. Les conditions de sécheresse persistantes ont migré vers le nord et l'ouest jusqu'en Californie, d'où provient une grande partie de la production alimentaire des États-Unis. Depuis janvier 2014, le gouverneur de la Californie a publié une série de déclarations concernant les urgences, la sécheresse et les incendies de forêt; des restrictions en matière d'utilisation de l'eau; et des transferts d'eau (CDWR, 2015).

Malgré des décennies de recherche, la complexité des influences dominantes sur les dimensions entre les conditions météorologiques et climatiques représente toujours un sérieux défi pour les scientifiques. Même si les scientifiques connaissent les principales caractéristiques de l'oscillation australe El Niño (ENSO) survenue en 1998-1999, qui a donné plusieurs phénomènes météorologiques extrêmes et des configurations météorologiques inhabituelles partout sur la planète, ils n'ont pas pu en prédire l'ampleur complètement jusqu'à six mois avant l'événement (Trenberth, 2013). De grandes améliorations des systèmes d'observation, de pair avec des apprentissages en matière de sciences et d'expérimentations, ont permis de mieux comprendre les liens entre la région tropicale du Pacifique et le reste du monde, puisque la configuration de l'ENSO devient de plus en plus facile à reconnaître. Ces apprentissages se répètent dans le cadre de l'étude des répercussions de la phase 2015-2016 d'El Niño.

#### 2.8.4 Sécurité alimentaire et changements climatiques en Amérique du Nord : écarts accrus

Une convergence des facteurs a fait de la sécurité alimentaire un important enjeu mondial, de même qu'en Amérique du Nord. Une population croissante veut un régime alimentaire plus varié, mais essaie de cultiver plus de nourriture sur une superficie plus petite, avec un accès limité à l'eau, tout en gérant les défis liés à la hausse des coûts de l'engrais, du carburant, de l'entreposage et du transport (PNUE, 2012). Les effets cumulatifs des changements climatiques augmentent les incertitudes. Des cas plus fréquents de sécheresse, d'inondation, de températures en dehors des normales saisonnières et des conditions saisonnières irrégulières affectent la sécurité des aliments et leur approvisionnement. Alors que se poursuivent les sécheresses et que des millions d'hectares de régions moins arides ne sont pas cultivés en raison d'humidité excessive ou d'inondations, on craint que les changements climatiques fragilisent le système alimentaire et agricole en Amérique du Nord (AAC, 2015).

De récentes études montrent qu'entre la moitié et les deux tiers des répercussions de la température sur les conditions de sécheresse en Californie de 2012 à 2014 peuvent être attribuées à une tendance au réchauffement, selon les ensembles de données climatiques prises en considération (Williams *et al.*, 2015). La sécheresse est surtout attribuable à la variabilité naturelle du climat, mais les résultats indiquent que les changements climatiques ont exacerbé la situation dans environ 15 à 20 % des cas. La probabilité que la Californie connaisse d'autres périodes sèches à l'avenir, comme celle ayant commencé en 2012, a presque doublé au cours du dernier siècle (Gillis, 2015).

Les baisses projetées de la productivité agricole mondiale, surtout en Amérique du Nord, ont des répercussions sur la sécurité alimentaire (GIEC, 2014a; Ray *et al.*, 2015). L'Amérique du Nord étant un exportateur de premier plan, des variations régionales de la productivité agricole auraient

## Encadré 2.8.2. Infestations par le dendroctone du pin ponderosa : sélection naturelle pour s'adapter aux changements climatiques?

La gravité et l'étendue des infestations d'insectes augmentent partout dans le monde en raison des changements climatiques (Allen *et al.*, 2010; Bentz *et al.*, 2010). En Amérique du Nord, l'infestation actuelle par le dendroctone du pin ponderosa (*Dendroctonus ponderosae*) atteint une ampleur supérieure à toute autre infestation par des scolytes survenue par le passé (Mitton et Ferrenberg, 2012; Raffa *et al.*, 2008). Les infestations ont joué un rôle important dans l'évolution des écosystèmes des forêts de conifères, car les scolytes s'attaquent aux arbres hôtes stressés, en train de mourir ou morts depuis peu. De plus, les populations d'insectes diminuent généralement au fur et à mesure que ces arbres disparaissent (Schowalter, 2014). Par le passé, les infestations de scolytes prenaient fin avec l'arrivée du temps froid, à des moments cruciaux de la dynamique d'invasion possible d'une population (Six *et al.*, 2014). Les infestations ne débutent que lorsque plusieurs seuils (température, défenses des arbres et abondance de la ponte) sont dépassés, ce qui déclenche une série de réactions croissantes à plusieurs échelles (Raffa *et al.*, 2008). Le développement d'une infestation est complexe, mais les principaux éléments qui y contribuent sont une abondance d'hôtes appropriés et la présence d'un élément déclencheur (Bentz *et al.*, 2010).

Le réchauffement du climat en Amérique du Nord ainsi que les conditions de sécheresse intenses dans les régions de l'ouest et du nord-ouest ont été propices au développement et au déclenchement de l'infestation de dendroctones du pin ponderosa (Allen *et al.*, 2015). D'abord, les conditions chaudes et sèches stressent les arbres et les rendent vulnérables à l'infestation; ensuite, le temps très chaud tout au long de l'année favorise une saison de reproduction plus longue et un élargissement du territoire de reproduction (Showalter, 2015; Mitton et Ferrenberg, 2012). En 2010, des chercheurs ont examiné une progression vers l'est jusqu'en Alberta d'une infestation sans précédent du pin gris (*Pinus banksiana*), l'espèce dominante de la forêt boréale en Amérique du Nord (Cullingham *et al.*, 2011). Cette progression vers l'est donne à penser que ces insectes nuisibles pourraient envahir la forêt boréale du nord du continent, puis les forêts de l'est (Ressources naturelles Canada, 2015; Cullingham *et al.*, 2011; Carroll *et al.*, 2004; voir la **figure 2.8.5**).

Depuis le début de l'infestation dans les années 1990, des pratiques de gestion normalisées impliquant diverses méthodes d'abattage des arbres ont été appliquées pour isoler les peuplements infestés ou les éclaircir. Un certain nombre d'études récentes sur les arbres ayant survécu à une infestation de dendroctones cherchaient à déterminer si la forêt s'en sortait mieux avec des mesures de gestion ou sans intervention (Kayes et Tinker, 2012; Diskin *et al.*, 2011). Ces études ont mis en évidence des résultats imprécis, mais étonnants, qui surviennent après une infestation de dendroctones : une infestation tue rarement tous les arbres matures et peut agir à titre d'agent naturel d'éclaircissement d'un peuplement d'arbres. Ces résultats peuvent représenter une partie importante du rôle écologique joué par les dendroctones dans les forêts de pin de l'ouest (Hansen, 2014). Les arbres ayant résisté à une infestation dans les zones non gérées survivent grâce à leur résilience intrinsèque, résultant généralement de la variation génétique. En revanche, les arbres qui survivent dans les zones gérées le doivent aux forestiers qui ont sélectionné les arbres à abattre. Il est donc possible que les peuplements qui survivent à des infestations de dendroctones constituent une variété résistante à ces infestations et à un climat plus chaud (Six *et al.*, 2014; Millar *et al.*, 2012).





des répercussions sur la sécurité alimentaire mondiale, y compris sur les coûts des aliments, la nutrition, voire la santé humaine (FAO, 2009; Schlenker et Roberts, 2009). L'approvisionnement alimentaire du Canada et des États-Unis est relativement sécuritaire, mais les ménages vivant près ou en dessous du seuil de pauvreté demeurent vulnérables (GIEC, 2014a).

Des phénomènes météorologiques de plus en plus fréquents et intenses, aggravés par la variabilité climatique au cours d'une saison ou d'une saison à l'autre, exercent des pressions sur les systèmes agricoles et alimentaires (Thornton *et al.*, 2014). Ces systèmes dynamiques et complexes, qui survivent et prospèrent en fonction d'une gamme de déterminants, sont maintenant confrontés à une variabilité du climat bien supérieure. En Amérique du Nord, cette variabilité s'est récemment traduite par des vagues de chaleur hâtives et des vagues de froid tardives au printemps, et probablement l'inverse en automne. Les hivers 2013-2014 et 2014-2015 ont été froids et bien enneigés dans tout l'est de la région, tandis que les étés ont été extrêmement chauds. Les températures moyennes n'ont pas changé, mais les extrêmes se sont intensifiés.

Les types d'événements extrêmes susceptibles d'augmenter sont la fréquence et l'intensité des vagues de chaleur, la fréquence des épisodes de précipitations fortes et les inondations connexes, l'intensité des cyclones tropicaux, ainsi qu'une élévation importante des niveaux de la mer à laquelle s'ajoutent des ondes de tempête. Des périodes sèches plus longues pourraient aussi se produire dans certaines régions et la superficie touchée par les sécheresses pourrait s'agrandir. Toutefois, à court terme, la hausse de la variabilité du climat a un effet plus important que le changement à plus long terme des valeurs moyennes, et les mesures d'adaptation appropriées sont centrées sur la gestion du risque climatique. Il faudra continuer d'axer les efforts sur la gestion du risque climatique même s'il deviendra important de se pencher sur la variation des valeurs moyennes à plus à long terme (SREX, 2012).

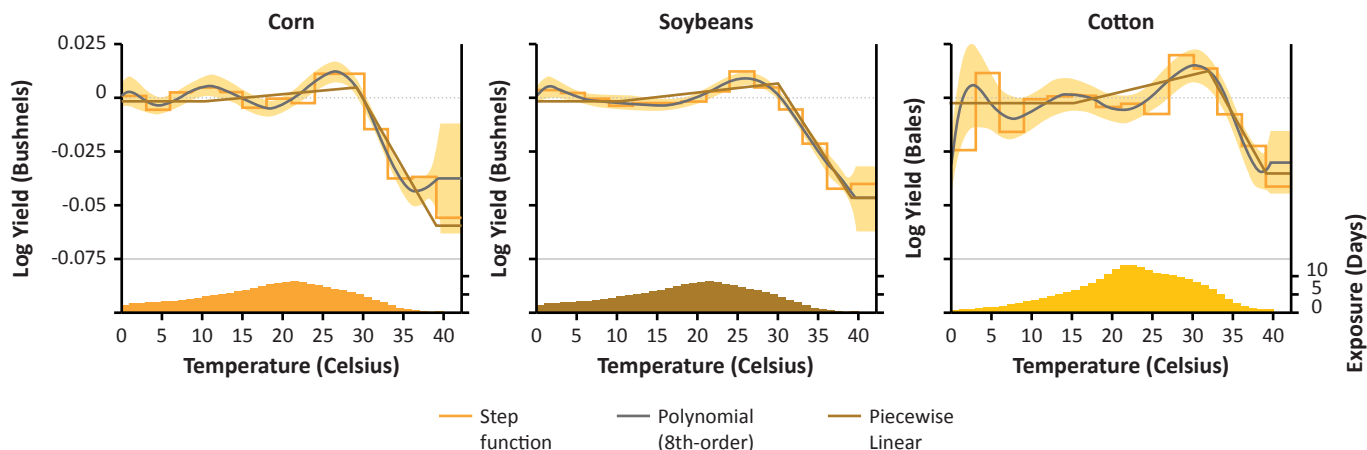
Compte tenu de la répartition des vagues de chaleur et de froid se produisant au cours d'une saison et en dehors de la saison dans l'ensemble de la région, alors que la moyenne des températures n'augmente que très peu, la variance des températures semble à la hausse. Depuis 1999, on observe dans toute l'Amérique du Nord une augmentation marquée des pertes de récoltes attribuables à des événements climatiques comme la sécheresse, la chaleur extrême et des tempêtes, causant des pertes économiques importantes (Hatfield *et al.*, 2013). On a donc associé, au fil du temps, les fluctuations du rendement régional à la variabilité du climat (Cabas *et al.*, 2010; Ray *et al.*, 2015).

Les hausses historiques du rendement sont attribuées en partie aux températures plus élevées au Canada et aux précipitations plus abondantes aux États-Unis, mais de nombreux facteurs non climatiques influent aussi sur les taux de production historiques (McKenney *et al.*, 2014; Nadler et Bullock, 2011). Dans de nombreuses régions nord-américaines, les températures optimales ont été atteintes pour les cultures principales, mais on croit que le réchauffement régional continu diminuera les rendements, plutôt que de les augmenter (Schenkler et Roberts, 2009; voir la **figure 2.8.6**).

Les ouvrages scientifiques examinant les effets des changements climatiques sur l'agriculture sont davantage centrés sur l'évaluation des changements de températures, du régime des précipitations et des concentrations accrues de dioxyde de carbone qui ont des effets sur le rendement des cultures. Une moins grande attention a été portée aux conséquences des phénomènes météorologiques extrêmes ou aux mesures d'adaptation prises par les producteurs, et encore moins aux conséquences dans l'ensemble du système alimentaire (Miller *et al.*, 2013; Rupp *et al.*, 2012).

Les stratégies visant à améliorer la résilience du système d'exploitation agricole dans le contexte des fluctuations climatiques attendues dépendent en partie d'une plus large diversité spatiale et temporelle des profils de plantation.

Figure 2.8.6. Relation non linéaire entre la température et le rendement



Les graphiques ci-dessus illustrent les variations du rendement lorsque la culture est exposée au cours d'une journée à un intervalle précis de température de 1 °C. Les fractions d'une journée pendant laquelle la température atteint chaque intervalle sont cumulées. La bande de confiance de 95 %, après ajustement pour tenir compte de la corrélation spatiale, a été ajoutée pour la régression polynomiale. Elle est représentée en jaune pâle. Les courbes sont centrées, de sorte que l'impact pondéré de l'exposition est nul. Les histogrammes au bas de chaque graphique illustrent l'exposition à la température moyenne pour l'ensemble des comtés représentés dans les données.

Source : Schenkler et Roberts, 2009

Plus particulièrement, il existe plusieurs possibilités de stratégies d'adaptation pour la production agricole (Miller *et al.*, 2013). Les petites fermes en sont un bon exemple, car sur le plan économique elles sont plus vulnérables aux changements climatiques en raison de leurs minces marges de profit, qui limitent leur capacité à réagir face au risque. Par contre, les décisions des petites fermes sont souvent prises à court terme, de sorte que la capacité adaptative du producteur et de la culture est meilleure (DEFRA, 2013).

### 2.8.5 Compréhension actuelle des incidences sur la production agricole régionale

De nombreuses organisations internationales s'intéressent aux nouvelles relations entre les changements climatiques et les systèmes d'exploitation agricole (Porter *et al.*, 2014). En Amérique du Nord, Ressources naturelles Canada a examiné la production alimentaire dans le cadre de son évaluation

de 2014, et le Programme de recherche sur les changements à l'échelle mondiale des États-Unis a produit sa propre évaluation nationale du climat en 2014, qui comptait l'agriculture parmi ses thèmes principaux (RNCAN, 2014; Melillo *et al.*, 2014).

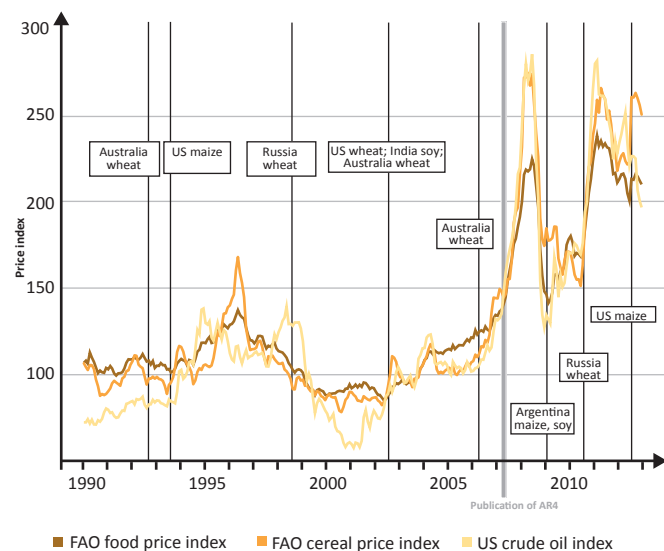
Malgré les vastes efforts de recherche en cours présentement en Amérique du Nord portant sur les systèmes d'exploitation agricole et les changements climatiques aux échelles régionale et sous-régionale, la recherche à l'échelle régionale sur les répercussions potentielles des phénomènes extrêmes et des agents de stress biotiques induits par le climat sur l'agriculture et la production alimentaire dans le contexte des biorégions reste limitée. Il est aussi nécessaire pour les scientifiques de mieux comprendre l'impact du climat sur la vulnérabilité et la capacité d'adaptation biorégionale de la production alimentaire et des chaînes d'approvisionnement alimentaire (Miller *et al.*, 2013). Par exemple, la sécheresse



de 2012 dans le Midwest américain a entraîné une baisse du niveau d'eau dans le fleuve Mississippi, la principale voie de transport des produits agricoles de la région. La circulation des barges a été ralentie, et il a fallu alléger les charges, ce qui a entraîné une réduction des échanges commerciaux aux États-Unis et ailleurs.

Depuis la publication du quatrième Rapport d'évaluation (RE4) du GIEC en 2007, le prix des produits alimentaires à l'échelle internationale a renversé la tendance historique à la baisse. La **figure 2.8.7** illustre l'historique des indices des prix des produits alimentaires et des céréales de la FAO par rapport à l'indice du pétrole brut, selon le suivi réalisé par l'organisme américain Energy Information Agency. Les lignes verticales noires correspondent à des situations où un grand producteur ou exportateur agricole a obtenu un rendement d'au moins 25 % inférieur à la ligne de la tendance, au même moment où s'est produit un événement climatique saisonnier extrême.

Figure 2.8.7. Indice des prix des aliments



Source : Stocker *et al.*, 2013

Ces dernières années, les prix sont peut-être devenus plus sensibles aux pénuries dans l'approvisionnement causées par des conditions météorologiques. En parallèle, les prix des produits alimentaires sont de plus en plus associés au prix du pétrole brut, d'où la difficulté d'attribuer la variation des prix au climat. Il apparaît donc évident, depuis le RE4, que les prix peuvent monter rapidement, mais la part de ces hausses attribuable aux conditions météorologiques demeure incertaine. Cependant, des décisions stratégiques prises à des niveaux supérieurs des gouvernements peuvent avoir une forte incidence sur les prix des produits agricoles : la flambée des prix des produits alimentaires, surtout des céréales et du pétrole, survenue en 2008, coïncidait avec la mise en œuvre des mandats de production de biocarburants en lien avec les politiques énergétiques des États-Unis et de l'Union européenne, qui ont par la suite été assouplies (Banque mondiale, 2012; Porter *et al.*, 2014).

## 2.8.6 Passer à l'adaptation transformationnelle

Les récents ouvrages scientifiques sur les solutions aux changements climatiques adoptent une approche fondée sur des principes de gestion et une théorie sur le changement en catégorisant les mesures d'adaptation selon leur nature progressive ou transformationnelle, et en explorant les nuances, les dimensions, les contradictions et les synergies de ces catégories (McNamara *et al.*, 2011).

Il est question d'adaptation progressive lorsqu'une modification individuelle ou autonome est apportée en réaction à un changement des conditions, au moyen des connaissances et des technologies déjà disponibles et bien comprises (Smith *et al.*, 2011; Howden *et al.*, 2010). On trouve de nombreuses options d'adaptation à l'échelle locale qui peuvent s'appuyer avec succès sur les expériences antérieures en matière de gestion du risque lié au climat : considérées comme des mesures d'adaptation aux changements climatiques, elles peuvent être vues comme une adaptation pratique, car le climat continuera d'évoluer au fil des siècles. L'adaptation doit donc devenir un mode de vie.

Une adaptation significative à long terme nécessitera des changements dans les ententes et les politiques organisationnelles, des approches qui favorisent la conception, l'exploration et l'adoption de mesures sans précédent. Une adaptation transformationnelle efficace doit comprendre un investissement social et financier dans l'inconnu : de nouvelles technologies, des partenariats créatifs, des infrastructures différentes et des processus novateurs de participation (Porter *et al.*, 2014; Adger *et al.*, 2009; Nelson *et al.*, 2008).

La vitesse nécessaire pour atténuer les causes des changements climatiques ayant été irrégulière et les efforts consentis inadéquats, les collectivités de chaque continent, de chaque ville et à toutes les échelles devront s'adapter aux impacts des changements climatiques. Dans un premier temps, l'adaptation progressive pourrait suffire, car elle a permis par le passé de s'adapter à la variabilité du climat, mais les impacts inévitables, continus et sans doute croissants des changements climatiques nécessiteront une adaptation transformationnelle, et le plus tôt sera le mieux (Porter *et al.*, 2014; Bierbaum *et al.*, 2013; Kates *et al.*, 2012; Vermeulen *et al.*, 2012).

Selon un examen de l'approche réalisé en 2012, l'adaptation transformationnelle est essentielle dans au moins trois situations : lorsque la portée d'une mesure d'adaptation doit être grandement élargie, lorsque la mesure est appliquée à une nouvelle région ou à un nouveau système de ressources et lorsque la mesure entraînera la transformation d'un lieu ou le déplacement d'un lieu d'activités (Kates *et al.*, 2012). Deux conditions précises justifient l'adoption de mesures d'adaptation transformationnelle face aux changements climatiques : une grande vulnérabilité de certaines régions, populations ou systèmes de ressources; et de graves impacts qui atteignent même les systèmes anthropiques les plus solides.

## 2.9 La transition énergétique

### 2.9.1 Introduction

L'Amérique du Nord est à la croisée des chemins où les politiques, les infrastructures et les innovations peuvent accélérer la transition vers un système énergétique plus propre et à faibles émissions de carbone. À l'échelle internationale, l'Objectif de développement durable 7 et l'Accord de Paris envoient un signal clair que l'économie mondiale se dirige vers un système énergétique sobre en carbone. Cependant, la mise en œuvre de ces accords internationaux importants nécessitera la participation des intervenants ainsi que la prise de mesures en dehors des accords par les gouvernements infranationaux, les entreprises, les innovateurs et les entrepreneurs (La Maison-Blanche, 2015; Trudeau, 2015).

Même s'il existe des incertitudes quant aux prévisions de marché en général, le statu quo entraînera probablement une exploitation accrue de sources non classiques de combustibles fossiles, comme ceux extraits par fracturation hydraulique des roches qui les retiennent (US EIA, 2016g). L'utilisation de combustibles fossiles par le passé a grandement contribué aux hausses historiques des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (GIEC, 2011). L'Amérique du Nord, avec ses abondantes ressources d'énergie renouvelable, sa culture de l'innovation, ses solides institutions financières et sa main-d'œuvre très compétente est en excellente position pour mener la transition vers un système énergétique durable (IRENA, 2015). Le choix d'une voie énergétique est important et aura une incidence sur le climat mondial, la santé humaine et la durabilité à l'avenir.

Le secteur de l'énergie en Amérique du Nord a déjà amorcé cette transition, et les tendances changeantes de l'offre et de la demande se reflètent sur les compartiments de l'air, des sols et des ressources en eau. Les développements technologiques ont réduit les coûts et augmenté l'efficacité des sources d'énergie solaire, éolienne et autres énergies renouvelables, accroissant ainsi leur utilisation (AIE, 2015). D'autres avancées technologiques ont permis l'exploitation de combustibles fossiles non classiques. La baisse des

## Principaux messages : La transition énergétique

Le système énergétique en Amérique du Nord subit des changements rapides, qui amènent leur lot de défis et de possibilités.

- Les défis sont liés à des facteurs externes négatifs associés aux méthodes agressives d'extraction des hydrocarbures. Ces facteurs externes comprennent notamment le potentiel d'augmentation des émissions atmosphériques, de l'utilisation de l'eau et des séismes.
- Le secteur de l'énergie compte sur plusieurs possibilités, régies par les tendances continues en matière d'énergie renouvelable, d'efficacité accrue et de technologies de stockage de l'énergie. Ces tendances vers une énergie propre démontrent qu'il est possible d'obtenir un système énergétique durable.
- Les changements continus de la consommation et de la production d'énergie en Amérique du Nord ont touché autant les villes que les régions rurales, favorisant ainsi la formation d'alliances afin de promouvoir le développement énergétique et d'en supprimer certaines formes.
- Il est nécessaire de mettre en place une planification intégrée et une solide gouvernance pour examiner les possibilités en matière d'énergie dans un monde confronté à des changements climatiques et des risques systématiques croissants.

coûts, la volatilité des prix du pétrole et du gaz naturel, la stabilisation de la demande des consommateurs, le changement des priorités stratégiques et le désir du consommateur de pouvoir choisir sont tous des facteurs qui régissent ces changements. Les données montrent que la modification du paysage énergétique de l'Amérique du Nord a une incidence sur les voies et les profils des émissions, sur les emplacements choisis pour l'aménagement des terres et sur l'utilisation de l'eau en lien avec la production et l'utilisation de l'énergie. Tout cela a des conséquences sur les écosystèmes et la santé humaine. Cette section examine la transformation de l'énergie primaire et secondaire, ainsi que les profils changeants de la demande en énergie.

### 2.9.2 Sources d'énergie primaire

Les ressources d'énergie primaire sont bien réparties au Canada et aux États-Unis. Le Canada dispose d'importantes

ressources pétrolières et exploite actuellement des gisements de sables bitumineux. Les États-Unis renfermaient de vastes ressources pétrolières classiques, qui ont été exploitées de façon accélérée de 1920 à 1985 (National Energy Technology Laboratory, 2014), mais ces ressources sont aujourd'hui en déclin, et le pays possède également des ressources comme le gaz et l'huile de schiste, qui connaissent un développement sans cesse croissant. Le Canada possède aussi des formations de schiste, mais l'exploitation de ces ressources n'atteint pas la même ampleur qu'aux États-Unis (ONÉ, 2009).

Puisque les réserves de pétrole et de gaz les plus faciles à atteindre ont été extraites en premier, il faut dorénavant prévoir des activités plus complexes pour extraire les combustibles fossiles, comme la fracturation hydraulique, l'exploitation des sables bitumineux et le forage à des endroits plus difficiles d'accès. Ces nouvelles pratiques sont plus complexes que les méthodes classiques et peuvent

se traduire par une plus grande utilisation de l'eau, une contamination de l'eau, des émissions de gaz à effet de serre, des impacts sur les terres et la production de déchets, mais l'ampleur de ces effets continue d'être étudiée (Nicot et Scanlon, 2012; Webb, 2015; Jackson, 2014; USEPA, 2014; Jordaan, 2012; Brandt, 2012). Entretemps, d'autres filières d'énergie renouvelable, comme l'éolien et le solaire, rivalisent maintenant sur le plan économique avec l'électricité produite par des combustibles fossiles (Wiser, 2015). Il a toujours été possible de choisir entre diverses filières énergétiques, mais aujourd'hui, les options sont de loin plus compétitives sur le plan économique, car elles ont des effets lourds de conséquences sur l'économie, le climat, l'écologie et la société.

Les 40 dernières années ont été marquées par une évolution des tendances de la consommation de pétrole, de gaz et d'électricité en Amérique du Nord. Les économies du Canada et des États-Unis ont dissocié l'utilisation d'énergie du PIB et pris d'autres mesures pour favoriser la croissance économique (EIA, 2015a; ECCC, 2011a). Cette dissociation comprend également une réduction de la consommation de pétrole, surtout en raison de la meilleure efficacité des transports (USEPA, 2014). L'industrie des combustibles fossiles a récemment connu plusieurs baisses importantes des prix de ses produits, compte tenu des prévisions d'une plus grande production de pétrole, de l'influence des projets internationaux d'exploitation de pétrole et de gaz et de l'absence d'une hausse connexe de la demande en Amérique du Nord.

Depuis 2012, le prix de l'essence aux États-Unis a chuté tandis que la production de pétrole a augmenté depuis 2010, en raison du forage horizontal, de l'exploitation par fracturation du gaz de schiste ou du schiste compact et de l'utilisation de meilleures techniques d'exploitation avec les méthodes classiques (EIA, 2015a; EIA, 2015b; EIA, 2015c). Le Canada exporte beaucoup plus de pétrole qu'il n'en consomme, et cette tendance devrait se maintenir, même si la production augmente et que la croissance nord-américaine de la demande en pétrole diminue (EIA, 2015). Malgré la part croissante du pétrole canadien dans les importations états-

uniennes, ces tendances remettent en question la viabilité économique à long terme de la production pétrolière en Amérique du Nord.

Les technologies d'extraction appuyant l'essor du secteur pétrolier et gazier en Amérique du Nord requièrent l'utilisation d'une plus grande quantité d'eau que celle utilisée pour l'extraction par les méthodes classiques (Gallegos *et al.*, 2015) (voir la section 2.4.2). Ces technologies consomment aussi plus d'énergie pour la production et, dans le cas des sables bitumineux au Canada, pour le raffinage. Par conséquent, une partie du pétrole extrait des sables bitumineux a un plus grand impact sur les gaz à effet de serre par baril que le pétrole provenant d'autres sources sur la planète (Institut international canadien des océans, 2015; Schneising *et al.*, 2014; California Air Resources Board, 2014). Malgré les émissions élevées de gaz à effet de serre, le gouvernement canadien n'a mis en place aucun règlement national sur les gaz à effet de serre associés aux sables bitumineux (McCarthy, 2014, 2015; ECCC, 2013); toutefois, l'Alberta a annoncé l'instauration d'une taxe sur le carbone dans l'ensemble de l'économie, un plafonnement des émissions produites par l'exploitation des sables bitumineux et une cible de réduction des émissions de méthane (voir la section 3.2.6).

La hausse de la production pétrolière et gazière aux États-Unis dans les 30 dernières années est attribuable à l'utilisation répandue en Amérique du Nord de la technique de fracturation (PEA, 2015). Certes, la fracturation n'est pas une nouvelle technologie, mais son utilisation conjointement avec le forage dirigé l'est. Des gisements auparavant inatteignables deviennent accessibles par un procédé d'injection sous haute pression d'une boue liquide composée d'eau douce, de sable et de produits chimiques dans des formations de schiste, de pétrole ou de gaz.

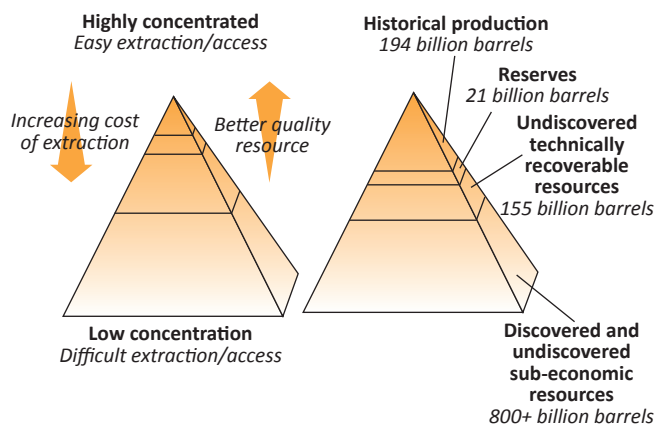
Même si cette technique réduit considérablement les importations de pétrole en Amérique du Nord, la fracturation a suscité de nouveaux conflits politiques en matière d'utilisation des terres, d'élimination des déchets, de changements climatiques, ainsi que des préoccupations

## Encadré 2.9.1. Concept de pyramide des ressources

La distribution et la concentration des ressources pétrolières, gazières et autres ne sont pas uniformes sur le plan géographique. Les plus grandes concentrations de ressources facilement accessibles sont les plus lucratives et généralement exploitées en premier. Les concentrations plus faibles de ressources sont exploitées par la suite; toutefois, même si ces ressources sont plus répandues, elles sont plus difficiles et coûteuses à extraire, et elles peuvent nécessiter de nouvelles technologies. Sur le plan conceptuel, ces ressources peuvent être illustrées dans une pyramide : les plus grandes concentrations de ressources facilement accessibles et moins répandues se trouvent au sommet, et les concentrations plus faibles de ressources et plus répandues se retrouvent au bas de la pyramide (Whitney *et al.*, 2009).

En Amérique du Nord, la majorité des ressources de combustibles fossiles au sommet de la pyramide, comme le pétrole et le gaz de gisements terrestres de faible profondeur, ont déjà été extraites et consommées. Si la demande pour le pétrole se maintient, l'exploration et la production continueront de descendre vers le bas de la pyramide en fonction du prix et de la disponibilité des technologies permettant d'accéder à ces ressources. En descendant vers le bas de la pyramide, les techniques utilisées pour exploiter les ressources moins concentrées, comme la fracturation, l'exploitation des sables bitumineux et les techniques minières par déplacement de sommet, peuvent aussi faire augmenter les coûts environnementaux (Whitney *et al.*, 2009).

Figure 2.9.1. Concept de pyramide des ressources

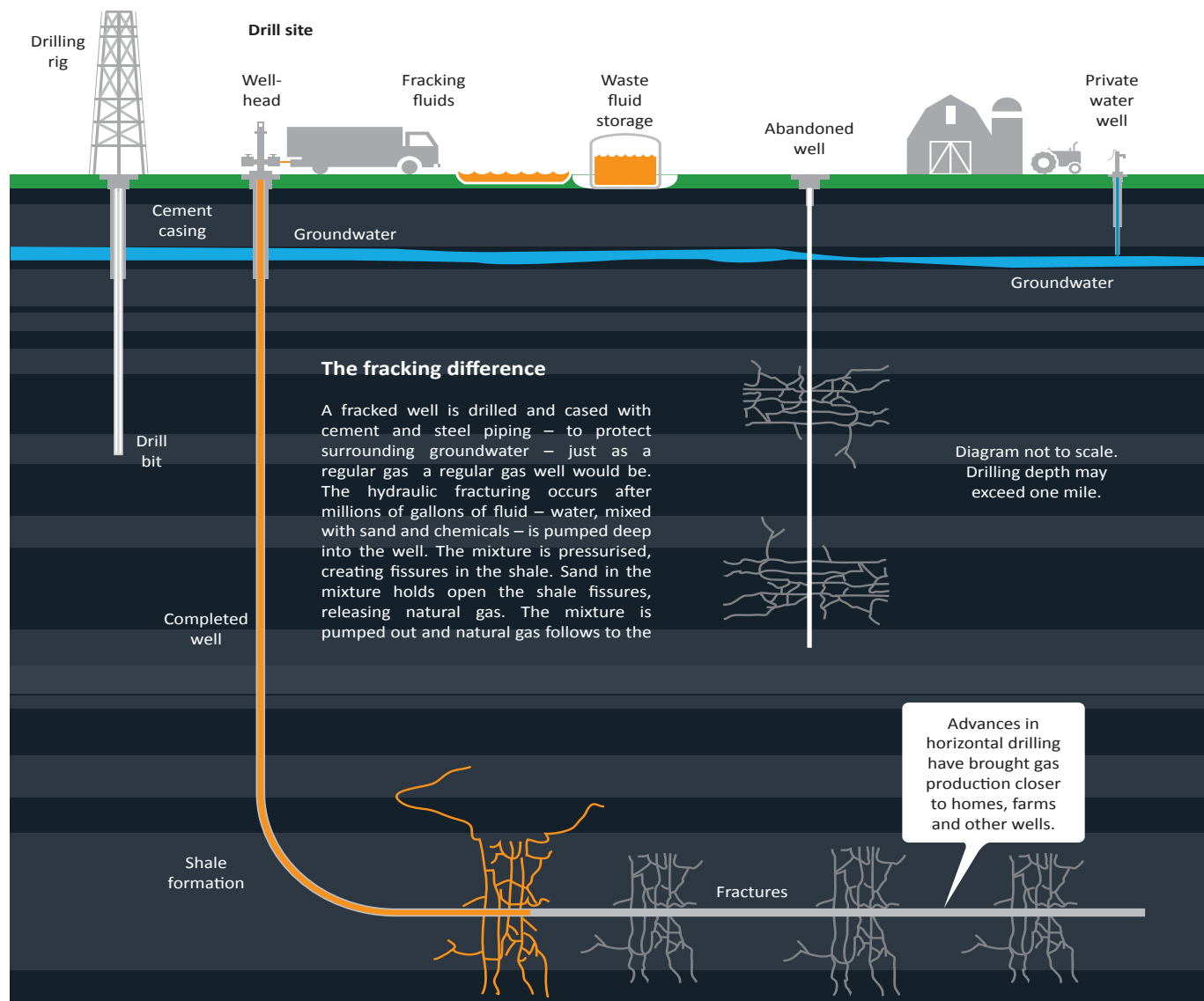


Source : Adapté de Whitney *et al.*, 2009



©B. Christopher

Figure 2.9.2. Effets possibles du forage gazier sur l'environnement



L'USEPA a entrepris une étude de trois ans sur les impacts de la fracturation hydraulique sur l'eau potable à la suite de plaintes sur la contamination de l'eau. Certains dirigeants de l'industrie insistent sur l'absence de cas d'eau contaminée par la fracturation, mais plusieurs États ont commencé à exiger des entreprises qu'elles surveillent la qualité de l'eau souterraine à proximité de leurs puits de pétrole et de gaz.

Source : USEPA, 2014; Bloomberg Research, 2015



## Encadré 2.9.2 : Exploitation des ressources de combustibles fossiles de l'Arctique

- Les États-Unis contribuent désormais le plus aux approvisionnements en énergie liquide à l'échelle mondiale et l'utilisation plus importante des techniques de fracturation a accru les réserves de pétrole et conduit, en partie, à une diminution des prix du pétrole et du gaz naturel (US Bureau of Labor Statistics, 2013; US EIA, 2016; Barbé, 2015; Baumeister et Kilian, 2015). Ces diminutions récentes des prix ont donné lieu à une réévaluation des zones où les coûts de l'exploration minière sont élevés par rapport à ceux des régions terrestres où l'on extrait de l'huile et du gaz de schiste. La Commission géologique des États-Unis (USGS) estime que la région de l'Arctique renferme environ 30 % du gaz naturel non découvert dans le monde ainsi que 13 % de pétrole, et que 85 % de ces ressources sont situées en mer (Wilson Center, 2013). Cette région devenant de plus en plus accessible, les analystes ont estimé qu'un investissement de plus de 100 milliards de dollars américains pourrait être fait au cours de la prochaine décennie (Emmerson et Lahn, 2012).
- Les ressources nord-américaines de l'Arctique sont situées sur le versant nord de l'Alaska, dans les mers de Beaufort et des Tchoukches, et dans le delta du Mackenzie. Aux États-Unis, le gouvernement a rendu public un plan quinquennal pour la période 2012-2017 qui adopte une approche prudente à l'égard de l'acquisition de concessions à moyen terme et se prépare en prévision de ventes éventuelles de concessions. Toutefois, le Département de l'Intérieur a récemment annulé deux ventes possibles de concessions extracôtières dans l'Arctique en vertu du programme de 2012-2017 et a refusé des demandes de suspension de concession qui auraient prolongé la date d'expiration de concessions existantes. Le Département de l'Intérieur a invoqué les récents résultats de l'exploration dans la zone et les conditions actuelles du marché pour justifier ces annulations (Département de l'Intérieur des États-Unis, 2015).
- Au Canada, des concessions ont été accordées dans la mer de Beaufort, après un examen de la sécurité et des impacts environnementaux potentiels du forage au large des côtes de l'Arctique effectué après la catastrophe de Deepwater Horizon (Wilson Center, 2013; Office national de l'énergie, 2015; Affaires autochtones et du Nord Canada, 2015). Toutefois, comme pour les États-Unis, plusieurs entreprises d'exploration ont également récemment suspendu des programmes d'exploration dans l'Arctique (Davidson, 2015), et un moratoire fondé sur des politiques a été décrété sur l'exploitation pétrolière au large de la côte Ouest du Canada (Fletcher-Johnson, 2015). De plus, le Canada révisé actuellement la *Loi fédérale sur les hydrocarbures*, qui autorise l'exploration et l'exploitation sur les terres domaniales (Affaires autochtones et du Nord Canada, 2015).
- La difficulté d'accéder à ces ressources entraîne des coûts relativement élevés et semble contribuer à la suspension de certaines activités d'exploitation au large de l'Arctique, conjointement avec les diminutions récentes du prix des combustibles fossiles et les changements dans les politiques. Une analyse récente met en évidence la nécessité de ne pas exploiter les ressources de l'Arctique si l'on veut atteindre l'objectif convenu à l'échelle mondiale de limiter le réchauffement à moins de 2 °C (McGlade et Ekins, 2015). Ainsi, la pause actuelle pourrait être l'occasion d'évaluer la nécessité d'exploiter les ressources dans le contexte des engagements pris à l'égard du climat et à la lumière des récents résultats scientifiques.

### Encadré 2.9.3 : Exploitation de sables bitumineux en Amérique du Nord

- Le Canada détient environ 15 % des réserves mondiales prouvées de pétrole, en deuxième position après l'Arabie Saoudite, avec 98 % sous la forme de sables bitumineux (RNCAN, 2014). En Alberta, des paysages ont été transformés pour extraire, traiter et transporter du bitume, qui est plus épais que le pétrole brut et naturellement mélangé au sable.
- Le bitume peut être extrait de deux manières. La première est une exploitation minière à ciel ouvert qui consiste à extraire les forêts et les tourbières de la surface, à récupérer un mélange de bitume et de sable à l'aide d'une machinerie lourde et à séparer le bitume du sable. La seconde consiste à injecter de la vapeur à haute pression à de grandes profondeurs dans le sol afin de séparer le sable du bitume sous la surface. Quelle que soit la méthode, l'extraction du bitume est un processus exigeant en matière d'énergie et d'eau.
- L'exploitation des sables bitumineux est associée à divers impacts environnementaux. Outre les émissions de gaz à effet de serre produites par l'extraction, le raffinage et le transport du bitume, la méthode d'exploitation minière à ciel ouvert entraîne des changements importants dans la couverture terrestre, bien que les règlements exigent de l'industrie qu'elle remette les terres perturbées dans un état productif sur le plan biologique. La contamination de l'eau (Frank *et al.*, 2014) suscite des préoccupations sur le plan de la santé, en particulier pour les collectivités autochtones situées en aval. La pollution atmosphérique est également une préoccupation : l'exploitation minière et la valorisation du bitume rejettent plus de dioxyde de soufre que les incendies de forêt chaque année au Canada. La part des émissions de dioxyde de soufre du Canada produites par l'industrie pétrolière et gazière, y compris celle de l'exploitation minière et de la valorisation du bitume, s'élève à 25 % (Howell *et al.*, 2014; Environnement et Changement climatique Canada, 2016).
- L'exploitation des sables bitumineux s'est heurtée à une certaine résistance de la part des groupes autochtones, des défenseurs de l'environnement et d'autres personnes. Outre les activités de production de pétrole et les activités connexes à la production, le prolongement de pipelines a suscité une certaine controverse. Des opposants aux pipelines se sont regroupés en réseaux dans toute l'Amérique du Nord suivant une configuration spatiale semblable à celle de l'infrastructure des pipelines elle-même dans la région (Veltmeyer et Bowles, 2014). Cette résistance est justifiée par des préoccupations relatives à des droits fonciers, à la fragmentation de l'habitat, aux graves risques associés à des déversements et à une exposition à long terme à des polluants près des raffineries, ainsi que par la solidarité envers les peuples autochtones directement touchés par l'extraction du bitume à sa source (Grant, 2014; Scott, 2013). Certaines collectivités touchées ont réagi à l'exploitation des sables bitumineux et de l'infrastructure connexe en organisant des visites pour présenter leur point de vue sur les impacts de cette exploitation à l'échelle locale (Dinshaw, 2015).
- L'industrie de l'énergie des États-Unis étant la principale source d'importation et de raffinage de pétrole du Canada, elle est inextricablement liée au Canada par les pipelines et les trains. Étant donné le volume de bitume disponible au Canada, et à l'échelle mondiale, les gouvernements d'Amérique du Nord sont confrontés à des décisions politiques visant à déterminer s'il faut accorder en priorité un soutien à l'exploitation du pétrole ou au développement d'énergies renouvelables et aux gains d'efficacité. Une étude récente a conclu que la plupart des sables bitumineux doivent rester inexploités si l'on veut limiter le réchauffement planétaire à 2 °C (McGlade et Elkins, 2015).

liées aux possibles impacts sur la santé humaine et le développement économique (EIA, 2015d; Boudet *et al.*, 2014; Davis, 2014; Warner et Shapiro, 2013; Fry *et al.*, 2012). Tout comme la production de pétrole plus classique, la fracturation produit de nombreuses tonnes de saumure, qui doivent être gérées. De plus, toute l'eau douce utilisée pour fracturer la roche est contaminée par des produits chimiques et doit être éliminée ou réutilisée. Souvent, on fait pénétrer ces déchets sous pression dans des formations rocheuses poreuses par des puits d'injection profonds. Dans certains cas, la réutilisation de l'eau contaminée peut diminuer la quantité d'eau douce servant à la fracturation, mais la quantité utilisée demeure considérable (Nicot et Scanlon, 2012). Enfin, certains produits chimiques de fracturation (comme le diesel) contiennent des substances cancérigènes et des toxines (Loh et Loh, 2016; USEPA, 2015). Devant l'utilisation accrue de la technique de fracturation, des villes, des comtés et des États partout aux États-Unis, de même que certaines provinces du Canada, ont demandé que les entreprises divulguent la liste des produits chimiques présents dans les fluides de fracturation, ou ont limité le recours à ce procédé, voire imposé un moratoire sur la fracturation hydraulique (Jackson, 2014; Howarth *et al.*, 2011).

La fracturation suscite une autre préoccupation : l'élimination des eaux usées provenant de l'extraction de pétrole et de gaz, au moyen de puits d'injection. Il appert que l'élimination de cette saumure de fracturation augmente l'activité sismique dans certaines régions (Farahbod *et al.*, 2015; Weingarten *et al.*, 2015; Folger et Tiemann, 2014). En Oklahoma, l'intensité sismique a récemment atteint plus de 5,1 sur l'échelle de Richter (USGS, 2016; voir la **figure 2.9.3**). Un lien a été établi entre l'augmentation du volume des fluides de fracturation injectés et de la pression d'injection et l'augmentation des activités sismiques dans les régions où sont éliminés ces fluides (Keranen *et al.*, 2013; Holland, 2013; Keranen *et al.*, 2014; Weingarten *et al.*, 2015). Par exemple, en Oklahoma, le nombre de séismes de 2010 à 2013 était cinq fois plus élevé que le nombre enregistré de 1970 à 2000 (USGS, 2016). Dans certains cas, ces séismes ont provoqué des dommages aux structures. Dans l'Ouest canadien, de récentes études montrent qu'il pourrait exister aussi une corrélation directe



Les routes et les plateformes d'exploitation de gaz naturel croisent le champ de gaz de Pinedale Anticline, situé juste à l'extérieur de la ville de Pinedale, dans le Wyoming (États-Unis).  
© Rogers, 2015

entre la technique de fracturation et ces séismes plutôt qu'une sismicité induite par l'élimination des eaux usées (Atkinson *et al.*, 2016). Récemment, la Commission du pétrole et du gaz de la Colombie-Britannique a associé directement à la fracturation hydraulique un séisme d'une magnitude de 4,4 sur l'échelle de Richter (Trumpener, 2015; Atkinson *et al.*, 2016).

On se préoccupe aussi du fait que les techniques de fracturation puissent augmenter les émissions de méthane du secteur pétrolier et gazier (USEPA, 2014). Une étude récente affirme que des fuites de méthane provenant de la production et du transport de gaz naturel peuvent annuler les avantages liés à la réduction de gaz à effet de serre obtenus grâce à la production d'électricité à partir de gaz naturel au lieu de charbon, quoique les émissions de GES associées au gaz naturel soient plus faibles (Howarth *et al.*,

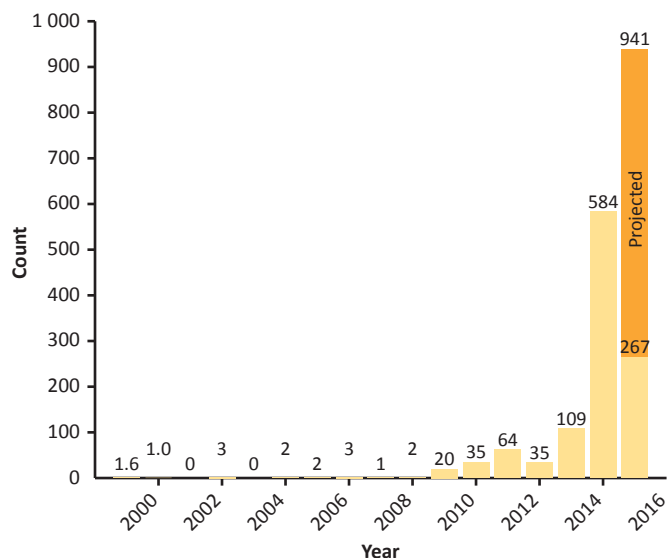
2011; Miller *et al.*, 2013; De Gouw *et al.*, 2014; Petron, *et al.*, 2014; Brandt *et al.*, 2014). L'intégrité de certains puits de pétrole et de gaz qui ne sont plus en service a également été remise en question, ces derniers pouvant être la source de rejets de méthane instables (Jackson, 2014). Une autre recherche indique que, pour certaines régions des États-Unis, l'ampleur de l'augmentation des émissions de méthane découlant d'une exploitation non classique peut atteindre entre 6,2 et 10,1 % (Schneising *et al.*, 2014). Aux États-Unis, des règlements provisoires récemment élaborés exigent la surveillance et la réduction de ces émissions (USEPA, 2015).

### 2.9.3 Ressources secondaires

Aux États-Unis, les combustibles servant à produire de l'électricité provenaient habituellement des dépôts houillers, mais la production et l'utilisation du charbon sont désormais à la baisse. La production d'électricité à partir du gaz naturel et de sources d'énergie renouvelable a augmenté aux États-

Unis pour pallier le manque créé par une production au charbon décroissante (US EIA, 2016a). En 2014, environ 38 % de l'électricité était produite au charbon, 27 % au gaz naturel, 19 % à partir de l'énergie nucléaire et 13 % de sources d'énergie renouvelable (US EIA, 2016g). En revanche, le Canada produit plus de 60 % de son électricité nationale à partir de ressources hydroélectriques renouvelables. Les ressources nucléaires comptent pour environ 13 %, la vapeur classique 14 %, les turbines à combustion 7 % et le reste provient de ressources renouvelables (Statistique Canada, 2012). Ainsi, le secteur canadien de l'électricité est largement décarbonisé. Malgré des différences dans l'approvisionnement, certaines tendances sont communes aux deux pays : la production d'électricité à partir de sources renouvelables et du gaz naturel augmente. Des investissements importants ont été effectués dans le secteur de la production de gaz naturel lorsque la croissance de la demande en énergie électrique a ralenti à l'échelle des pays développés et lorsque la production à partir de sources renouvelables a augmenté (US EIA, 2015).

Figure 2.9.3 : Tremblements de terre au fil des années en Oklahoma (États-Unis)



Source : USGS, 2015

Aux États-Unis, les deux formes traditionnelles de production d'électricité qui n'émettent pas de gaz à effet de serre (l'hydroélectricité et le nucléaire) ont une production relativement stable depuis 2001 (EIA des États-Unis, 2016b; 2016d). De grands changements se sont présentés sous deux formes : le charbon et le gaz naturel. La production de charbon a chuté d'environ 25 % (EIA des États-Unis, 2016c), tandis que la production de gaz naturel a augmenté de plus de 50 % (EIA des États-Unis, 2016e). Même si la production hydroélectrique et nucléaire est demeurée stable, la part du charbon et du gaz naturel dans la composition du mélange énergétique est importante. La production alimentée au gaz naturel émet moins d'émissions de GES par unité d'électricité que la production au charbon. Par conséquent, le passage du charbon au gaz naturel aux États-Unis ainsi qu'une utilisation accrue de ressources renouvelables et une meilleure efficacité ont contribué à faire baisser les émissions de GES issues de la production d'électricité (EIA des États-Unis, 2014). Au Canada, la production d'électricité à partir de l'énergie nucléaire et hydroélectrique a augmenté de 22 % et de 6 % respectivement entre 2000 et 2012 (EIA des États-

Unis, 2016f). La production totale d'électricité alimentée aux carburants fossiles pendant cette période a légèrement baissé, d'environ 16 % (EIA des États-Unis, 2016f).

L'avancement des technologies d'énergies renouvelables est tel que ces technologies peuvent être désormais déployées à très grande échelle à prix compétitif en Amérique du Nord (Wiser, 2015; GIEC, 2014b). La baisse récente des prix de l'énergie éolienne et solaire illustre cette tendance : les prix de l'énergie éolienne ont atteint un creux historique, favorisé en partie par les améliorations apportées aux technologies et l'augmentation de la production (Wiser, 2015), les prix de l'énergie solaire ont également chuté, les prix des modules photovoltaïques en 2014 étaient inférieurs de 75 % environ à ce qu'ils étaient à la fin de 2009. Entre 2010 et 2014, les coûts totaux des systèmes photovoltaïques raccordés à un réseau électrique ont diminué de 29 à 65 %, selon l'emplacement en Amérique du Nord (IRENA, 2015).

D'autres technologies d'énergies renouvelables connaissent une situation semblable à celle des filières éolienne et solaire, avec des coûts de production d'électricité concurrentiels dans de nombreux cas. La biomasse, la géothermie et l'hydroélectricité fournissent de l'électricité en rivalisant sur le plan des prix par rapport à la production d'énergie électrique alimentée aux carburants fossiles (**figure 2.9.4**). Ces tendances renforcent les prévisions d'une augmentation du déploiement des énergies renouvelables et d'une diminution de la production d'électricité à partir de carburants fossiles (IRENA, 2015; BNEF, 2015).

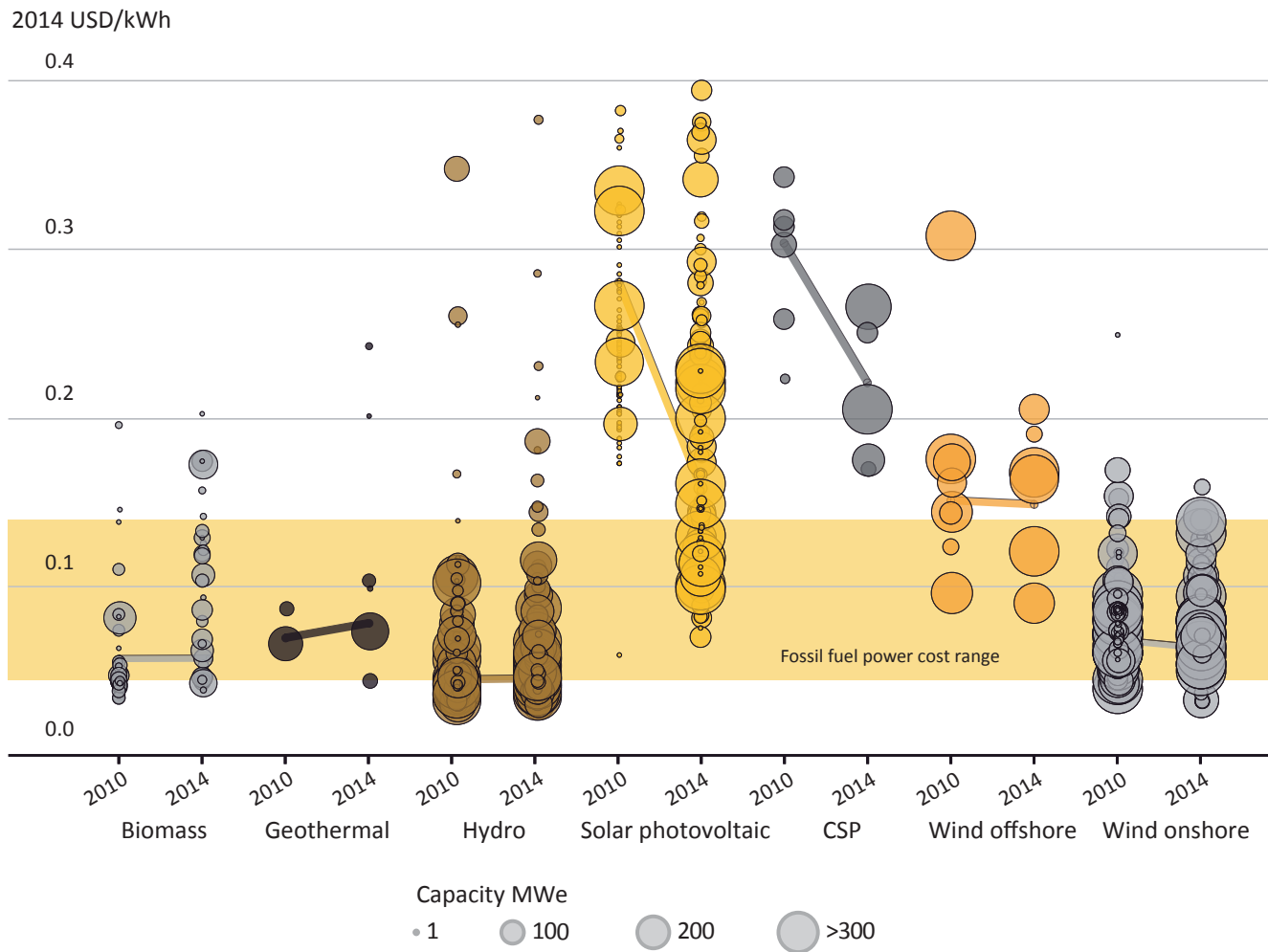
La transition amorcée vers une plus grande utilisation d'énergies renouvelables est impressionnante aux États-Unis, où l'énergie éolienne répond maintenant à environ 5 % de la demande d'électricité totale et alimente plus de 17,5 millions de foyers (EIA, 2015a). Toutefois, les changements les plus marquants s'observent dans le prix de l'électricité produite par le vent qui a atteint un creux historique, étant inférieur au prix de gros de l'électricité dans plusieurs régions des États-Unis (Wiser, 2015).

L'utilisation de l'énergie éolienne a également fortement augmenté au Canada. Avec une capacité installée de plus de 10 gigawatts, la filière éolienne au Canada peut maintenant fournir 4 % de la consommation d'électricité nationale et alimente environ 2 millions de foyers (CanWEA, 2015). Dans de nombreux cas, la résistance opposée par les collectivités en raison des risques perçus pour la santé humaine a constitué un obstacle à l'exploitation plus poussée de l'énergie éolienne, au Canada, mais aussi aux États-Unis (Songsore et Buzzelli, 2014; Walker *et al.*, 2014).

L'utilisation grandissante de l'énergie éolienne est favorisée par une combinaison de politiques de soutien, d'améliorations technologiques et, de plus en plus, par le choix des consommateurs. Les améliorations technologiques et les rendements d'échelle croissants contribuent à la chute des prix de cette source d'énergie, ce qui explique pourquoi les entreprises de technologies demandent précisément à ce que les centres de données soient alimentés par l'énergie éolienne. La mise en place d'éoliennes plus imposantes et plus hautes s'est révélée une amélioration technologique importante. Puisqu'une plus grande quantité d'énergie éolienne est disponible à des vitesses de vent plus élevées et que des pales plus larges capturent plus d'énergie à des vitesses de vent moins élevées, les éoliennes produisent plus d'énergie à des coûts réduits. Grâce à ces améliorations technologiques, l'énergie éolienne représente un tiers de la nouvelle capacité de production d'électricité installée depuis 2007 aux États-Unis (EIA, 2015a).

L'utilisation de l'énergie solaire a également augmenté de façon marquée et représentait une part de 40 % du marché de la nouvelle capacité de production d'électricité aux États-Unis au cours de la première moitié de 2015. Au deuxième trimestre de 2015 seulement, la capacité de production d'énergie solaire aux États-Unis s'élevait à 1 393 mégawatts et elle atteint maintenant 22,7 gigawatts à l'échelle du pays. L'énergie solaire alimente maintenant 4,6 millions de foyers, et on voit de plus en plus d'installations de panneaux photovoltaïques par des propriétaires de résidence et

Figure 2.9.4 : Coût moyen actualisé de l'électricité produite par des technologies renouvelables raccordées à un réseau d'électricité, 2010 et 2014



Source : Adapté de IRENA, 2015





Shutterstock/Joseph Sohm

d'installations raccordées à des réseaux d'électricité. (SEIA, 2015; EIA, 2015).

Les États-Unis doivent moderniser leur réseau électrique pour mieux équilibrer la charge en tenant compte des ressources en énergie renouvelable afin d'optimiser l'efficacité du réseau et d'en réduire les coûts. Les énergies éolienne et solaire étant des ressources variables, un équilibrage de la charge doit être effectué en utilisant d'autres sources de production, en stockant l'énergie ou au moyen d'un portefeuille très diversifié de ressources renouvelables pour maintenir l'approvisionnement. Des recherches montrent que l'offre et la demande en électricité peuvent être équilibrées avec près de 80 % de ressources renouvelables, y compris 50 % provenant de ressources variables, comme l'énergie éolienne et solaire (Mai *et al.*, 2012). Pour atteindre de tels degrés de pénétration, il faut effectuer des investissements supplémentaires dans des lignes de transport d'énergie et augmenter la flexibilité du réseau (Mai *et al.*, 2012). Les efforts de modernisation doivent également inclure l'installation d'un réseau de stockage de l'énergie raccordé au

réseau d'électricité grâce à des systèmes de batteries et des centrales hydroélectriques d'accumulation par pompage. En 2013, les États-Unis disposaient d'une capacité de stockage raccordée au réseau d'environ 24,6 gigawatts (soit 2,3%), dont 95 % était constitué de centrales hydroélectriques d'accumulation par pompage (DOE, 2015; Sandia National Laboratories, 2013).

En 2014, les États-Unis ont augmenté la capacité de stockage des batteries, la faisant passer à 62 mégawatts, mais les deux tiers de l'ensemble des batteries avaient été installées dans une seule zone d'équilibrage individuel. L'essor rapide du déploiement de cette technologie dans cette zone en particulier découle d'une restructuration qui a ouvert un marché pour des ressources offrant une réponse rapide permettant d'équilibrer le réseau (Xiao *et al.*, 2014). L'utilisation d'incitatifs de marchés intelligents a favorisé la croissance de la capacité de stockage et l'amélioration de la stabilité du réseau. En outre, l'utilisation intelligente du stockage a permis de réduire le volume total d'électricité achetée en période de pointe, abaissant ainsi les coûts pour

les consommateurs (Lueken et Apt, 2014). Par conséquent, l'établissement de systèmes pour réseaux électriques intelligents, de lignes de transport additionnelles et d'une capacité de stockage devrait permettre un plus grand déploiement de ressources renouvelables, de même qu'une diminution des émissions de gaz à effet de serre et de l'utilisation de l'eau dans la production d'électricité.

#### 2.9.4 Conservation de l'énergie (« négawatts »)

La conservation de l'énergie est passée à une vitesse supérieure. L'augmentation des mesures de conservation est soutenue par des technologies, des exigences réglementaires, des partenariats publics-privés et des changements dans les habitudes des consommateurs. Cette approche multidimensionnelle est très prometteuse compte tenu de l'augmentation de l'efficacité énergétique dans de multiples secteurs. La conservation réduit la demande et permet alors une plus grande production par unité d'énergie et diminue le besoin en sources d'énergie supplémentaires. Cela permet aux consommateurs de faire des économies et de réduire les émissions de gaz à effet de serre par unité de production.

La mise en place de transports efficaces a découlé d'exigences réglementaires qui ont entraîné des changements technologiques. Les nouveaux véhicules légers affichent une augmentation importante de l'économie de carburant moyenne, soit une hausse de plus de 25 % entre 2005 et 2014 (USEPA, 2014). Les cibles établies par les organismes de réglementation américains et canadiens pour les véhicules légers devraient favoriser le maintien de cette tendance et, par le fait même, diminuer la consommation de pétrole (Salisbury *et al.*, 2015). Dans ce cas précis, les exigences réglementaires ont permis d'améliorer considérablement le parc de véhicules.

Des réductions ont été possibles aussi bien pour les véhicules légers que pour les camions lourds. Aux États-Unis, les camions lourds représentent 26 % de la consommation de carburant sur route et leur contribution aux émissions de gaz à effet de serre du parc de véhicules est donc importante (Wiser et Bolinger, 2015). Le Département de l'énergie des

États-Unis, en association avec des partenaires privés, a établi un objectif visant à accroître de 50 % l'efficacité de ces gros véhicules entre 2009 et 2015. Ce partenariat public/privé a non seulement atteint sa cible, mais il est aussi parvenu à réaliser une amélioration de 115 %. Le Canada a harmonisé ses règlements sur les émissions des automobiles et des camions avec ceux des États-Unis.

De nouvelles technologies commencent à transformer la manière dont les bâtiments utilisent l'énergie et répondent à diverses tendances d'occupation. Les technologies de construction intelligentes, telles que les thermostats intelligents et les compteurs électriques intelligents, augmentent le confort tout en permettant des économies d'énergie. Ces nouveaux dispositifs sont souvent autoconfigurables, capables de communiquer et de suivre les profils d'utilisation d'une pièce ou d'un étage à l'autre afin d'optimiser l'utilisation de l'énergie. Les entreprises reconnaissent que l'installation de ces dispositifs intelligents permet de réaliser des économies importantes, soit des économies moyennes de 55 % par unité, ce qui permet des rendements d'investissement à court terme et des économies à long terme. Dans de nombreux cas, ces dispositifs intelligents permettent aux exploitants de réseau électrique de réduire la quantité d'électricité sortante, d'ajuster le volume d'électricité de pointe et de réévaluer le besoin de recourir à des centrales électriques supplémentaires (Wiser et Bolinger, 2015).

En Californie, les normes d'efficacité énergétique de l'Energy Commission pour les bâtiments se sont également traduites par des économies d'énergie pour les consommateurs. Ces normes ont permis d'économiser plus de 74 milliards de dollars américains sur les coûts d'électricité depuis 1977. Ces économies s'accumulent 154 avec le temps, car de nouveaux bâtiments plus efficaces remplacent les vieux bâtiments et un équipement et des appareils électriques plus efficaces remplacent ceux qui sont plus vieux et moins efficaces. En Californie, l'utilisation de l'électricité par personne est restée stable au cours des 40 dernières années, et cette situation est souvent attribuable à ces normes (Levinson, 2014; Californie Energy Commission, 2014).

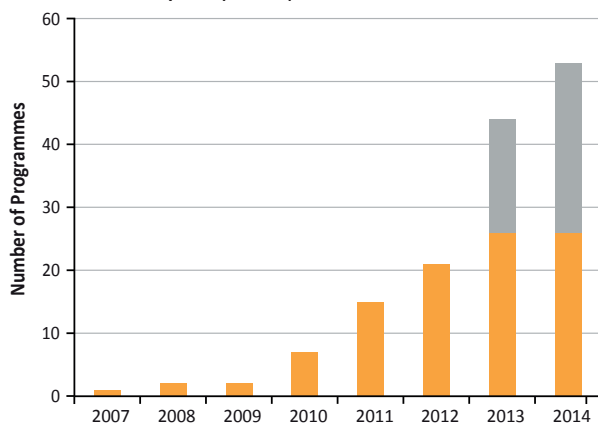
### Encadré 2.9.4 : Changements générationnels dans l'utilisation de l'énergie

Dans les villes canadiennes et états-uniennes, la génération Y, ou les personnes qui ont atteint l'âge de maturité au début des années 2000, se tourne de plus en plus vers l'utilisation du vélo, la vie en milieu urbain et les transports publics comme solutions de rechange écologiques. Les premières recherches effectuées dans ce domaine indiquent des changements de styles de vie, de caractéristiques démographiques et macro-économiques et de préférences concernant le marché du logement (Moos, 2015).

Les habitudes de transport changent, comme l'illustrent clairement les programmes de partage de vélos mis en place aux États-Unis depuis 2007. Ces programmes englobent deux aspects d'un avenir durable pour les villes : une option de transport écologique et une économie de partage. Dans le cadre de ces programmes, les bicyclettes sont disponibles à des endroits stratégiques d'une ville et peuvent être louées à l'aide d'une carte de paiement. Les cyclistes peuvent utiliser ces bicyclettes pendant une certaine période et les laisser à la station la plus proche de leur destination. De cette façon, les utilisateurs n'ont pas besoin de s'occuper de l'entretien des bicyclettes et celles-ci sont disponibles pour une utilisation occasionnelle d'un point de destination à un autre. Ces programmes s'étendent également à l'échelle du Canada et montrent des résultats prometteurs (Shaheen, 2014). Le partage des bicyclettes a permis de réduire l'utilisation des véhicules personnels de 50 % pour les membres d'un programme tout en diminuant les émissions de carbone dans les villes grâce à ces programmes (Shaheen, 2014).

Les navetteurs n'utilisent pas seulement des bicyclettes, mais, dans le cas des navetteurs plus jeunes, ils se rendent souvent au travail à pied. En fait, les travailleurs âgés de 16 à 24 ans présentent le taux le plus élevé de personnes se rendant au travail à pied – 6,8 % aux États-Unis (McKenzie, 2014). Des mesures prises par des administrations municipales et des organismes gouvernementaux locaux pour encourager les gens à opter pour des déplacements écologiques sont en partie responsables de l'augmentation du nombre de personnes qui se déplacent à pied et à bicyclette. Ces mesures n'incluent pas uniquement des programmes de partage de vélos, mais aussi des changements de l'infrastructure et des options de déplacement. Ainsi, les taux de participation au programme incitant les gens à se rendre au travail à bicyclette ont presque doublé aux États-Unis de 2008 à 2012 (McKenzie, 2014).

Figure 2.9.5 : Programmes de partage des vélos aux États-Unis, 2007-2014



Source : Adapté de Earth Policy Institute, 2015



©Rob Crandall

L'État de la Californie est à l'avant-scène de l'intendance environnementale en Amérique du Nord et à l'échelle mondiale (p. ex. cet État est co-initiateur du Protocole d'accord sur le leadership climatique infranational mondial) – et représente une collectivité de plus de 572 millions de personnes. En 2007, l'État a fixé un objectif ambitieux à atteindre d'ici 2020 pour les bâtiments résidentiels et d'ici 2030 pour la construction commerciale, à savoir zéro émission nette. Cet objectif sera atteint par une combinaison de codes du bâtiment intégrant des mesures d'efficacité énergétique et une capacité de production d'énergie renouvelable sur place. En 2015, la Californie a adopté des lois visant à mettre à jour les codes du bâtiment, ce qui permettra une réduction de 28 % de la consommation d'énergie résidentielle (Levinson, 2014; California Energy Commission, 2014). La California Energy Commission estime que les émissions de CO<sub>2</sub> seront réduites de 160 000 tonnes par an.

Les changements dans la consommation et la production de l'énergie ont incité les villes et les municipalités rurales touchées à réagir en créant des d'alliances afin de promouvoir le développement énergétique et d'en supprimer certaines formes. Ces partenariats ont mis en évidence les compromis, les obstacles et les répercussions qui découlent de l'exploitation des ressources énergétiques. Il est nécessaire de mettre en place une planification intégrée et une solide gouvernance pour examiner les choix à faire dans un monde de plus en plus confronté à des changements climatiques et à des risques systémiques.

[Voir les liens du chapitre 2.](#)

[Voir les références du chapitre 2.](#)









## CHAPITRE 4.3

# Politiques, buts et objectifs : examen des réponses et des options stratégiques



## Messages clés

Les conditions environnementales en Amérique du Nord se sont considérablement améliorées au fil des ans, grâce aux investissements dans les politiques, les institutions, la collecte et l'évaluation de données et l'établissement de cadres réglementaires.

- La qualité de l'air, la qualité de l'eau, la protection de la biodiversité et la gestion des déchets sont quatre domaines dans lesquels des progrès considérables ont été accomplis. Ce ne sont toutefois pas toutes les régions et collectivités qui ont profité pleinement des progrès globaux réalisés dans chacun de ces domaines.
- Les nouveaux défis environnementaux émergents se révèlent plus difficiles à gérer à l'intérieur des cadres réglementaires existants. Et ces défis, qui sont le résultat d'interactions entre des systèmes complexes exposés à de multiples pressions, présentent des risques nouveaux, tant par leur forme que par leur amplitude, pour le bien-être des humains et pour les écosystèmes.
- Les changements climatiques, les nouveaux contaminants préoccupants, les polluants issus de sources diffuses et la transformation de la filière énergétique sont quelques exemples d'enjeux devenus plus difficiles à gérer avec les instruments stratégiques classiques.
- Les changements environnementaux dans l'Arctique sont l'un de ces problèmes où l'effet combiné d'éléments difficiles à gérer et de pressions rapides et multiples s'exerçant à l'intérieur d'une seule région crée d'importants défis sur le plan des politiques.
- La mise en œuvre de nouvelles approches de gestion visant à réduire les risques systémiques et à favoriser des transformations durables a permis de recueillir des données sur l'efficacité de ces approches face à ces nouveaux défis.
- La comptabilisation du capital naturel est l'une des approches qui suscitent un intérêt croissant et dont la faisabilité et l'acceptation progressent. En fournissant des mesures quantitatives de la valeur des actifs environnementaux et des services écosystémiques, la comptabilisation du capital naturel permet d'améliorer considérablement la conservation et la gestion.
- La consommation et la production durables sont les bases d'un autre cadre stratégique de plus en plus utilisé, qui a démontré sa capacité à réduire les pressions exercées sur l'environnement en favorisant des changements dans les processus d'approvisionnement et les procédés de fabrication.
- L'Amérique du Nord fait figure de chef de file en matière d'amélioration environnementale, en adoptant l'innovation guidée par les données et en utilisant l'informatique, l'analyse et les données environnementales pour transformer les comportements et les résultats. Grâce aux progrès réalisés dans les architectures de données ouvertes, la technologie des capteurs, les normes d'interopérabilité et les outils de modélisation et de visualisation, l'information est aujourd'hui plus accessible à un plus grand nombre de personnes.
- Il a été démontré que les approches multiples de gouvernance adaptative peuvent aider les collectivités à s'attaquer aux problèmes difficiles et complexes et produire des résultats impressionnants. Ces approches utilisent des méthodes pluralistes pour définir les problèmes et les solutions et accordent une grande importance à la prise de décision fondée sur des données probantes, à la gestion fondée sur les résultats, ainsi qu'aux processus souples et itératifs visant à maximiser l'apprentissage.
- Des villes d'Amérique du Nord font l'essai de nouvelles approches pour gérer les défis liés au développement durable et témoignent, dans bien des cas, d'un degré d'innovation et d'intégration supérieur à celui observé au sein de l'administration fédérale.

### 3.1 Introduction

Les responsables des politiques environnementales en Amérique du Nord font actuellement face à de nombreux défis. Bien que l'Accord de Paris et les contributions prévues déterminées au niveau national donnent des raisons d'être optimistes, les changements climatiques demeurent une menace redoutable dont la gravité des effets ne cesse d'augmenter. De plus, de nouveaux enjeux, tels que les nouveaux contaminants préoccupants, viennent s'ajouter au programme d'action sans que l'on ait une idée précise des moyens à prendre pour les gérer efficacement. D'autres enjeux, comme la fracturation hydraulique, suscitent une polarisation et des désaccords. Le Canada et les États-Unis traversent, chacun à leur manière, une période de transition en ce qui a trait à l'élaboration de politiques environnementales.

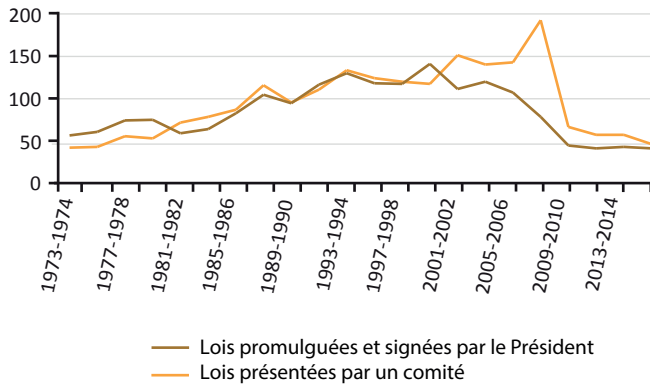
Les États-Unis constatent toutefois que les points forts de leurs politiques historiques pourraient aujourd'hui ne plus suffire. Au fil des ans, ce pays a adopté une série de lois phares qui ont défini le schéma directeur de la

réglementation fédérale en matière d'environnement. Ainsi, l'adoption du *Clean Air Act* (1963), du *Clean Water Act* (1972), de l'*Endangered Species Act* (1973) et du *Safe Drinking Water Act* (1974), ainsi que la création de l'Agence américaine pour la protection de l'environnement (USEPA) en 1970, ont servi de modèles à l'élaboration de lois au niveau national et infranational partout dans le monde.

Cette infrastructure législative et stratégique est à l'origine des décennies de progrès réalisés en vue d'assurer la durabilité de l'environnement, la protection des écosystèmes et l'amélioration de la santé publique.

Certains signes laissent toutefois croire que les politiques environnementales ont fait l'objet d'une polarisation accrue au cours des dernières décennies. Aux États-Unis, après une période où, durant les années 1990, démocrates et républicains appuyaient les dépenses publiques en environnement, un important fossé a commencé à se creuser entre les partisans de ces deux partis (McCright *et al.*, 2014).

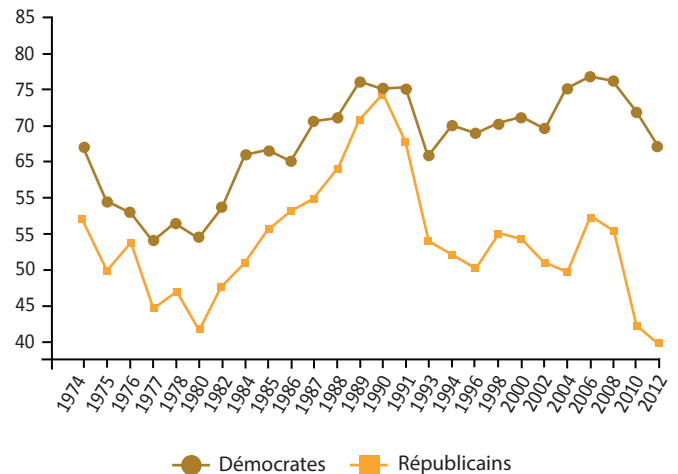
Figure 3.1.1 : Lois nationales sur l'environnement adoptées aux États-Unis, de 1973 à 2015 (nombre de projets de loi du Congrès)



Le nombre de lois environnementales nationales promulguées aux États-Unis a diminué, passant d'une moyenne de 71 par année durant les années 1980 et 1990 à une seule par année depuis 2009.

Source : govtrack.us 2015

Figure 3.1.2 : Pourcentages de démocrates et de républicains aux États-Unis ayant déclaré que les dépenses nationales consacrées à l'environnement avaient été « trop faibles », de 1974 à 2012



Source : McCright *et al.*, 2014

Une cassure marquée par rapport au style habituel de politiques environnementales a aussi été observée au Canada. Un rapport de 2014 de la vérificatrice générale a ainsi relevé plusieurs domaines dans lesquels les politiques environnementales devenaient moins efficaces, notamment la réglementation des émissions de gaz à effet de serre, la surveillance des sables bitumineux et le respect des exigences relatives aux évaluations environnementales (CEDD, 2014).

Malgré ces facteurs, la réponse dans l'ensemble de l'Amérique du Nord a continué de progresser, témoignant d'un grand enthousiasme et de beaucoup d'innovation. Il en a résulté un paysage complexe d'interventions tirant profit de la gouvernance adaptative, des nouvelles utilisations des données et de l'innovation axée sur les villes. Les infrastructures matérielles et les cadres juridiques appartenant à une époque révolue ont été remaniés pour satisfaire aux nouveaux objectifs et permettre l'atteinte de nouveaux résultats. Les gouvernements des provinces et des États, les entreprises, les municipalités et les comtés, les organismes communautaires et les institutions religieuses ont tous pris les devants en élaborant de nouveaux projets et de nouvelles initiatives et lois qui poursuivent souvent de multiples objectifs liés à l'environnement. Des coalitions réunissant des partenaires improbables se sont formées au gré des projets, dont des projets menés avec l'appui d'agriculteurs, d'environnementalistes et de militaires visant le développement des énergies renouvelables et la préservation des terres agricoles.

## 3.2 Politique : état et tendances

Cette section présente un vaste survol des politiques élaborées au Canada et aux États-Unis sur les questions exposées dans la présente évaluation et le présent examen des tendances.

### 3.2.1 Air

Le Canada et États-Unis ont mis en œuvre des stratégies efficaces et joué des rôles importants dans la gestion de la qualité de l'air à l'échelle locale, régionale et nationale,

ainsi que dans le cadre d'accords bilatéraux tels que l'Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'air. Le Canada et les États-Unis ont utilisé avec succès un éventail d'approches réglementaires et non réglementaires pour l'élaboration de politiques visant à réduire sensiblement les émissions produites par diverses sources de pollution. Ils ont également fait la démonstration que la protection de la santé publique et le développement économique peuvent aller de pair. Cependant, malgré ces mesures, certains problèmes liés à la qualité de l'air persistent.

### Principaux polluants atmosphériques

Le Canada et les États-Unis ont mis en place des systèmes pour la gestion des principaux polluants atmosphériques, dont l'ozone troposphérique et les matières particulaires fines, dans le cadre desquels les provinces et les États élaborent des programmes de réglementation pour assurer l'application de normes nationales uniformes relatives à la qualité de l'air ambiant. Les efforts des provinces et des États sont appuyés par une réglementation et des lignes directrices établies à l'échelle nationale. Aux États-Unis, cette approche fédérée est prescrite par le *Clean Air Act* de 1970 et les modifications qui y ont été apportées en 1977 et 1990, qui accordent à l'administration nationale le pouvoir de fixer les normes nationales relatives à la qualité de l'air ambiant (NAAQS) et qui obligent les États à élaborer des plans pour atteindre ces normes. Au Canada, les Normes nationales de qualité de l'air ambiant (NNQAA), établies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* de 1999, sont mises en œuvre dans le cadre du Système de gestion de la qualité de l'air élaboré par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME, 2012).

Le Canada et les États-Unis ont imposé des réductions substantielles des émissions produites par les véhicules automobiles neufs et les moteurs hors route — comme ceux utilisés dans le secteur de la construction, en agriculture, dans l'industrie et dans les navires maritimes — en établissant des normes harmonisées à l'échelle de l'industrie exigeant l'utilisation de technologies de moteurs et de carburants plus propres. Le Canada et les États-Unis ont également

collaboré à l'établissement d'une zone nord-américaine de contrôle des émissions pour les navires maritimes relevant de l'autorité de l'Organisation maritime internationale (OMI), en fixant les limites d'émission et les exigences relatives au carburant pour les navires naviguant près des côtes de l'Amérique du Nord (OMI, 2010).

Les approches réglementaires dans la région sont axées sur l'intégration des meilleures technologies antipollution dans les nouvelles installations industrielles. Grâce à la construction d'installations plus propres, l'assise industrielle globale de la région devient elle aussi plus propre, ce qui contribue à la protection de la santé publique tout en favorisant la croissance économique. En vertu du *Clean Air Act* (États-Unis), les grandes usines et installations nouvelles et modifiées doivent utiliser la meilleure technologie disponible compte tenu du coût et doivent également éviter de causer une importante dégradation de la qualité de l'air ou de la visibilité dans les régions où les normes NAAQS sont respectées. Dans les régions où elles ne sont pas respectées, le taux d'émission de la source nouvelle ou modifiée doit être le plus bas possible, ce qui constitue une norme plus rigoureuse. Pour favoriser le respect de cette exigence, les installations peuvent se procurer des crédits compensatoires d'émissions auprès d'autres sources dont les émissions sont inférieures à la limite qui leur est imposée. Les pouvoirs relatifs à la délivrance de ces permis sont délégués aux États ou aux administrations locales, tribales ou nationales, selon le cas.

Les États-Unis continuent de faire un grand usage d'instruments économiques pour atteindre leurs objectifs en matière de qualité de l'air. Ainsi, la *Cross-State Air Pollution Rule* (CSAPR) de 2011 établit un cadre mis à jour pour la mise en œuvre de permis échangeables d'émission de dioxyde de soufre, instaurés en vertu des *Clean Air Act Amendments* de 1990, et prévoit des dispositions comparables qui s'appliquent aux oxydes d'azote. À l'issue d'une série de contestations judiciaires ayant mené à la décision rendue en octobre 2014 par la Cour de circuit du district fédéral de Columbia, l'USEPA a entrepris la mise en œuvre de la CSAPR en 2015 (USEPA, 2016a).

L'élaboration de solides systèmes de réglementation des sources de pollution atmosphérique a favorisé le développement d'innovations technologiques qui réduisent les émissions et contrôlent les coûts. En voici quelques exemples (USEPA, 2010) :

- système de réduction catalytique sélective et brûleurs à très faible émission d'oxydes d'azote pour réduire les émissions d'oxydes d'azote;
- épurateurs permettant de contrôler dans une proportion d'au moins 95 % les émissions de dioxyde de soufre des chaudières;
- nouveaux joints d'étanchéité perfectionnés de soupape et d'appareils de détection des fuites pour les raffineries et les usines de produits chimiques;
- peintures, produits de consommation et procédés de nettoyage libérant peu ou pas de composés organiques volatils (COV);
- climatiseurs, réfrigérateurs, aérosols et solvants de nettoyage exempts de chlorofluorocarbures et d'hydrofluorocarbures;
- enduits à base d'eau et de poudre, en remplacement des peintures liquides, dans les préparations à base de pétrole;
- véhicules beaucoup plus propres que ce que l'on croyait possible à la fin des années 1980, grâce à l'amélioration des systèmes de récupération des vapeurs d'essence, de la conception des catalyseurs et des régulateurs de carburant sur les véhicules légers;
- dispositifs de traitement et technologies de mise à niveau pour les moteurs de grosse cylindrée;
- technologies de réduction de la marche au ralenti pour les moteurs, avec projets d'électrification dans les relais routiers;
- percée sur le marché des véhicules hybrides essence-électricité et des carburants propres;
- utilisation systématique de technologies de surveillance continue qui produisent des données plus rapidement;
- utilisation de systèmes de surveillance de nombreux polluants qui aident à mieux comprendre la nature complexe de la pollution atmosphérique.

## Autres polluants atmosphériques toxiques

Le Canada et les États-Unis ont tous deux élaboré des politiques visant à réduire les émissions, non seulement d'ozone et de matières particulaires fines, mais aussi d'autres polluants atmosphériques qui présentent des risques aigus ou chroniques pour la santé. En vertu des *Clean Air Act Amendments* de 1990, les États-Unis ont établi des normes d'émission fondées sur la technologie pour 174 catégories de sources majeures et 68 catégories de petites sources ponctuelles, qui représentent 90 % des émissions des 30 principaux polluants en milieu urbain. L'USEPA a également réalisé de nombreuses évaluations des risques résiduels et examens de la technologie pour déterminer s'il y avait lieu d'établir des normes plus restrictives et elle les a mises à jour, lorsqu'il y avait lieu. D'autres évaluations des risques résiduels et examens de la technologie sont en cours.

En vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*, le Canada a mis en œuvre des standards pancanadiens relatifs aux émissions de dioxines et furanes provenant de l'incinération des déchets (déchets solides municipaux, déchets dangereux, boues d'épuration et déchets médicaux), des chaudières de pâtes et papiers, du frittage du fer, ainsi que des fours électriques à arc dédiés à la fabrication d'acier. Le Canada et les États-Unis ont également mis en œuvre des lois et des règlements réduisant ou éliminant la teneur en plomb, en soufre et en benzène des carburants et établissant de rigoureuses normes d'émission pour les véhicules à diesel et à essence, diminuant de ce fait considérablement les émissions de polluants atmosphériques toxiques produites par des sources mobiles.

En 2006, le Canada a adopté les standards pancanadiens pour les émissions de mercure provenant des centrales électriques alimentées au charbon. Déjà, en 2010, la mise en œuvre de ces standards avait permis de réduire les émissions de mercure provenant des centrales alimentées au charbon d'environ 70 % par rapport aux niveaux de 2003 (CCME, 2014). En 2012, les États-Unis ont adopté des mesures semblables sous la forme des Mercury and Air Toxics Standards (MATS) pour les centrales électriques. Ces normes exigent l'application de mesures de contrôle visant à

réduire les risques associés aux polluants toxiques tels que le mercure, l'arsenic, le chrome, le nickel et les gaz acides.

## Défis persistants liés à la pollution atmosphérique

Malgré les progrès importants qui ont été réalisés, des défis persistent et d'autres innovations technologiques et stratégiques seront nécessaires pour surmonter les défis toujours présents en ce qui a trait à la qualité de l'air en Amérique du Nord, notamment les mesures suivantes :

**S'adapter aux changements climatiques et à l'évolution des émissions à l'échelle mondiale.** Il est probable que les changements climatiques exacerberont les problèmes de pollution atmosphérique, en augmentant certaines sources d'émission comme les incendies de forêt, ainsi que la fréquence des épisodes de températures élevées persistantes qui sont responsables des épisodes de smog durant l'été. Il est probable également que les efforts visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre auront d'autres avantages, notamment en réduisant les émissions d'autres polluants atmosphériques. Cependant, ce ne sont pas toutes les stratégies d'atténuation des changements climatiques qui réduisent sensiblement les polluants atmosphériques classiques. Enfin, le développement observé ailleurs qu'en Amérique du Nord, et les émissions qui en résultent, contribuent de plus en plus à la pollution de l'atmosphère en Amérique du Nord.

**Favoriser une gestion intégrée de multiples polluants.** En général, les règlements sur la pollution de l'air ne s'appliquent qu'à un seul polluant à la fois, une approche qui peut se révéler inefficace sur le plan économique. Dans leur planification des mesures visant à atténuer la pollution atmosphérique et les gaz à effet de serre, les gestionnaires de la qualité de l'air étudient donc actuellement des approches axées sur de multiples polluants, mais la tâche reste complexe. De plus, comme les mesures de contrôle au point de rejet présentent des limites à la fois économiques et technologiques, les responsables des politiques doivent chercher à prévenir les comportements qui sont à l'origine même de la pollution de l'air, en veillant à ce que les effets sur la qualité de l'air soient



pris en compte dans des secteurs d'activités plus vastes, notamment l'utilisation des terres, le transport, l'énergie et le développement économique.

### **S'attaquer aux sources d'exposition élevée chez des sous-populations sensibles, vulnérables ou défavorisées.**

Malgré les progrès réalisés à l'échelle nationale, les habitants de certaines régions d'Amérique du Nord sont exposés à de hauts niveaux de pollution. Ces expositions peuvent se produire à proximité d'installations industrielles, en milieu urbain, près de grandes routes ou d'installations de transport ou encore en régions éloignées, par exemple en Arctique, où les collectivités dépendent de l'utilisation de moteurs diesel fixes pour leur alimentation en électricité. Les sources intérieures de polluants atmosphériques ont souvent pour effet d'accroître l'exposition cumulative, voire d'en être le principal responsable. Dans bien des cas, les régions de forte exposition sont également des régions de faible statut socioéconomique, où la difficulté d'accès aux soins de santé et les piètres conditions sanitaires de base augmentent la vulnérabilité des populations. La détermination des points névralgiques, des facteurs influant sur la variabilité de l'exposition et sur la sensibilité à l'exposition, ainsi que des mesures d'atténuation appropriées est donc devenue une priorité pour les gestionnaires de la qualité de l'air (Fann *et al.*, 2011).

**Protéger les écosystèmes des impacts cumulatifs.** À l'exception de l'Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'air de 1991 relatif aux dépôts acides et des règlements connexes, la plupart des règlements sur la qualité de l'air en Amérique du Nord sont axés principalement sur la protection de la santé humaine. Bien que le *Clean Air Act* des États-Unis établisse une norme secondaire de qualité de l'air ambiant pour protéger le bien-être, y compris pour éviter les effets néfastes sur les écosystèmes, l'Agence américaine pour la protection de l'environnement n'a promulgué que deux normes secondaires nationales de qualité de l'air ambiant (NAAQS), soit l'une portant sur le dioxyde de soufre et l'autre sur les particules fines (PM<sub>2,5</sub>), qui sont distinctes des normes primaires axées sur la santé. Aux États-Unis, la réglementation sur la prévention d'une détérioration importante limite l'augmentation de

la pollution créée par les nouvelles sources de pollution atmosphérique construites dans les régions où les NAAQS sont déjà respectées. Ce programme ne tient toutefois pas compte des effets cumulatifs de multiples nouvelles sources de pollution sur un écosystème donné. Le Canada fait face à des défis comparables en ce qui a trait à la protection des écosystèmes et a inclus les principes d'amélioration continue et de « protection des régions non polluées » dans son Système de gestion de la qualité de l'air (CCME, 2012). Le Canada et l'Alberta ont amélioré la surveillance environnementale des sables bitumineux dans un effort visant à évaluer les impacts cumulatifs sur l'environnement découlant de l'exploitation des ressources dans cette région (Canada-Alberta, 2012). Un domaine de préoccupation commune pour les deux pays est celui des impacts potentiels du développement dans l'Arctique.

### **Gérer les plus petites sources d'émissions plus diffuses.**

Comme on arrive aujourd'hui à contrôler les émissions des grandes centrales électriques et installations industrielles, ainsi que des véhicules automobiles, l'importance relative des sources plus petites et plus diffuses a augmenté. Ces sources incluent les sites d'extraction de pétrole et de gaz, les groupes électrogènes diesel fixes, les poêles à bois et les solvants contenus dans les produits de consommation. Ces sources sont toutefois plus difficiles à quantifier, à contrôler et à surveiller, ce qui complique l'application des approches classiques basées sur la délivrance de permis et l'exécution des lois.

### **Gaz à effet de serre**

Bien que le Canada et les États-Unis investissent tous deux depuis longtemps dans la recherche et le développement d'énergies propres à l'échelle nationale, l'élaboration de politiques précises visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à atténuer les changements climatiques en Amérique du Nord a débuté principalement à l'échelle des provinces et des États. En 2003, un groupe d'États du nord-est des États-Unis et certaines provinces de l'est du Canada ont lancé l'Initiative régionale sur les gaz à effet de serre (RGGI), un système de plafonnement et d'échange de crédits visant

à réduire les émissions de dioxyde de carbone provenant des centrales électriques. À l'heure actuelle, neuf États du nord-est collaborent à cette initiative et plusieurs autres États et provinces y participent à titre d'observateurs (RGGI, 2016). Un effort comparable, la Western Climate Initiative, a été lancé en 2007 par des États de l'ouest des États-Unis et certaines provinces canadiennes. À l'heure actuelle, sept États américains et quatre provinces canadiennes collaborent à cette initiative, et six autres États américains, deux autres provinces canadiennes et six États du Mexique y participent à titre d'observateurs (Western Climate Initiative, 2014).

En 2007, l'Alberta a mis en place des contrôles obligatoires visant à réglementer les émissions de gaz à effet de serre, par l'adoption de son règlement sur les émetteurs de gaz désignés, le premier du genre en Amérique du Nord. Le tableau 3.2.1 présente une comparaison des différents instruments de politique sur le climat mis en œuvre dans certaines provinces canadiennes; certaines de ces mesures sont toutefois trop récentes pour que l'on puisse juger de leur efficacité. La Californie a adopté la position la plus énergique pour atténuer les changements climatiques, en établissant une série de lois visant à réduire, d'ici 2030, les émissions de gaz à effet de serre à un niveau de 40 % inférieur à celui de 1990. En 2013, l'Ontario, dont la majeure partie de l'électricité provient de l'hydroélectricité, a adopté la *Loi sur l'abandon du charbon pour un air plus propre* qui interdit aux installations nouvelles et existantes d'utiliser du charbon aux seules fins de produire de l'électricité.

L'Ontario a fermé sa dernière centrale thermique alimentée au charbon en 2015. La fermeture de toutes les centrales électriques alimentées au charbon en Ontario a permis d'éliminer plus de 30 mégatonnes d'émissions annuelles de gaz à effet de serre, soit l'équivalent du retrait de sept millions de véhicules automobiles de la circulation (CCEMO, 2015). Bien que les programmes mis en œuvre à l'échelle locale, régionale ou des États aient servi de laboratoires utiles pour élaborer des approches de gestion, un tel ensemble disparate de programmes ne peut être aussi efficace qu'une approche nationale stratégique et systémique.

Aux États-Unis, une poursuite intentée par une coalition formée de 12 États et de plusieurs villes contre l'administration fédérale, pour avoir omis de réglementer les gaz à effet de serre, en particulier dans le secteur automobile, est à l'origine de changements apportés au cadre stratégique national sur les changements climatiques (USEPA, 2016). La décision rendue par la Cour suprême en 2007 a ainsi ouvert la voie à la réglementation des gaz à effet de serre en vertu du *Clean Air Act*. Depuis 2009, l'USEPA a présenté une série de constatations et adopté divers règlements ayant pour effet d'assujettir les gaz à effet de serre aux diverses dispositions du *Clean Air Act* concernant la production de rapports et la délivrance de permis, et a établi de nouvelles normes d'émission applicables aux véhicules automobiles, aux raffineries de pétrole et aux centrales électriques. En 2014, l'Agence a annoncé son intention de réglementer les émissions de gaz à effet de serre en vertu des dispositions du *Clean Air Act*. Ce changement a permis au gouvernement de fixer des cibles obligatoires d'émissions de gaz à effet de serre sans que le Congrès ait à adopter d'autres mesures législatives et a aussi permis le recours à un vaste éventail de mécanismes de mise en œuvre et d'application de la loi liés au *Clean Air Act*, y compris l'échange de droits d'émissions.

En 2010, l'USEPA et la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) ont établi des normes nationales relatives aux émissions de gaz à effet de serre et à l'économie de carburant pour les véhicules légers, lesquelles s'appliquent aux voitures et aux camions légers. Ainsi, depuis l'année modèle 2012, les fabricants automobiles doivent respecter des normes relatives aux émissions de méthane et d'oxyde nitreux au point d'échappement, ainsi que des normes de plus en plus sévères concernant les émissions de dioxyde de carbone applicables aux flottes jusqu'à l'année modèle 2016 (USEPA, 2016b). Ces normes ont été étendues aux années modèles 2017 à 2025. L'USEPA et la NHTSA ont aussi récemment adopté le premier règlement sur les gaz à effet de serre applicables aux moteurs de cylindrées moyennes et grosses ainsi qu'aux véhicules moyens et lourds, ce qui aura pour effet de réduire considérablement la pollution par le carbone en diminuant les émissions de gaz à effet de serre d'environ un milliard de tonnes métriques (USEPA, 2015a).

Tableau 3.2.1 : Principaux éléments des instruments de politique visant à réduire les émissions de GES dans certaines provinces canadiennes

	Taxe sur le carbone (Colombie-Britannique)	Règlement sur les émetteurs de gaz désignés (SGER), modèle hybride (Alberta)	Système de plafonnement et d'échange de droits d'émission (Québec)	Mesures de compensation (Colombie-Britannique)
<b>Champ d'application (secteurs et niveaux d'émission)</b>	<p>Vise toutes les sources de combustion de carbone (combustibles fossiles). S'applique à l'achat ou à l'utilisation de carburants dans la province.</p> <p>Exclut les sources non liées à la combustion, comme les émissions de méthane produites par le traitement et le transport du gaz naturel.</p>	<p>Les installations émettant plus de 100 000 tonnes d'équivalents de dioxyde de carbone par année doivent réduire leur intensité d'émissions de gaz à effet de serre de 12 % par unité de production.</p>	<p>Cette mesure s'applique aux installations qui émettent plus de 25 000 tonnes d'équivalents de dioxyde de carbone par année (par exemple, le secteur industriel et le secteur de l'électricité).</p> <p>Tous les distributeurs de combustibles fossiles.</p>	<p>S'applique aux institutions publiques, y compris aux organismes gouvernementaux, aux écoles et aux hôpitaux.</p>
<b>Mesures de limitation des coûts (par exemple, crédits ou compensations)</b>	<p>En Colombie-Britannique, le crédit pour la taxe sur les mesures climatiques aux résidents à faible revenu aide à compenser l'impact des taxes sur le carbone payées par les personnes ou les familles à faible revenu.</p> <p>La province offre également une réduction de l'impôt des sociétés pour compenser les coûts de cette taxe.</p>	<p>Crédits compensatoires vérifiés.</p> <p>Paiements versés dans le Climate Change and Emissions Management Fund (actuellement : 15 \$ CA/tonne, augmentant à 20 \$ CA en 2016 et à 30 \$ CA en 2017).</p> <p>Aucune limite sur l'utilisation de ces montants en vertu de l'obligation de conformité.</p>	<p>Répartition gratuite de droits d'émission aux secteurs tributaires du commerce.</p> <p>Le nombre d'unités allouées diminuera de 12 % par année.</p> <p>Crédits compensatoires (jusqu'à 8 % de l'obligation de conformité)</p> <p>Le Québec maintient une réserve stratégique de droits d'émission à utiliser en cas de hausse marquée des prix, pour réduire les impacts sur l'industrie.</p>	<p>Aucune</p>
<b>Frais généraux administratifs</b>	<p>La taxe sur le carbone est appliquée et perçue de la même manière que les taxes sur les carburants (à l'exception de la taxe sur le gaz naturel qui est perçue des distributeurs). Cela réduit au minimum les frais d'administration et d'application.</p>	<p>Les frais d'administration du SGER sont comparativement élevés; ce système se compare à un système d'échange, car il requiert les mêmes mesures. Cependant, l'administration de la Climate Change Emissions Management Corporation (CCEMC) crée un échelon administratif supplémentaire.</p>	<p>Fardeau administratif comparativement élevé; cependant, la collaboration entre les administrations pourrait offrir la possibilité de partager les fonctions administratives, de réduire les coûts de fonctionnement du programme et d'améliorer l'uniformité entre les diverses administrations.</p>	<p>Assez bas, bien que cette mesure requiert l'établissement d'un système de crédits compensatoires.</p>

Source : IDD et Université d'Ottawa (sous presse)

En 2015, après une vaste campagne de sensibilisation et de mobilisation du public, les États-Unis ont adopté une série d'exigences visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre produites par les centrales électriques existantes. Le Clean Power Plan (plan sur l'énergie propre) fixe les objectifs de réduction pour chaque État en fonction de leurs sources d'énergie existantes et propose aux États une série de mécanismes pour atteindre ces objectifs, notamment la mise en place d'un système de plafonnement et d'échange de crédits.

Le Clean Power Plan est l'un des éléments clés du plan d'action sur le climat des États-Unis (ainsi que des contributions déterminées au niveau national pour les États-Unis dans le cadre de l'Accord de Paris), avec les normes pour les véhicules automobiles et la stratégie visant à réduire les émissions de méthane produites par l'industrie du pétrole et du gaz et les décharges municipales. Le Clean Power Plan fait actuellement l'objet d'un litige (Herzog, 2016).

En 2012, le gouvernement du Canada publiait le *Règlement sur la réduction des émissions de dioxyde de carbone – secteur de l'électricité thermique au charbon*, qui est entré en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 2015. Ce règlement interdit efficacement la construction de nouvelles centrales au charbon classiques, fournit un calendrier accéléré d'élimination progressive des centrales existantes et établit le gaz naturel à haut rendement comme norme pour les nouvelles centrales. Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux ont aussi pris des mesures pour accroître l'efficacité du secteur des transports et réduire les émissions de gaz à effet de serre qu'il produit. Les normes fédérales d'émissions de GES pour les véhicules routiers, les moteurs et les navires sont des éléments clés de ces efforts. Parmi les autres mesures, mentionnons notamment les ententes volontaires de réduction des émissions des aéronefs et des locomotives, des mesures liées aux biocombustibles, des cadres de planification du transport en commun, ainsi que des politiques visant à encourager l'électrification des véhicules.

Le gouvernement du Canada a aussi adopté le *Règlement sur les carburants renouvelables* s'appliquant au carburant diesel, tandis que plusieurs provinces et territoires se sont dotés de programmes incitatifs et de règlements visant les combustibles renouvelables, notamment la Colombie-Britannique, l'Alberta, la Saskatchewan, le Manitoba et l'Ontario. Cependant, le Rapport de la commissaire à l'environnement et au développement durable de l'automne 2014 a souligné les progrès insatisfaisants réalisés par le gouvernement fédéral pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, ainsi que l'absence d'approche coordonnée avec les provinces et les territoires pour atteindre les cibles nationales de réduction des émissions (Bureau du vérificateur général du Canada, 2014). Dans la Déclaration de Vancouver sur la croissance propre et les changements climatiques (3 mars 2016), le premier ministre du Canada et les premiers ministres des provinces et territoires se sont engagés à élaborer un cadre pancanadien en matière de croissance propre et de changement climatique et à le mettre en œuvre d'ici le début de 2017.

À l'échelle internationale, le Canada et les États-Unis ont été des chefs de file en dirigeant les efforts ayant pour but de réduire les émissions de polluants climatiques de courte durée de vie, dont le méthane, l'ozone troposphérique, le carbone noir et les hydrofluorocarbures. Ils sont les cofondateurs de 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 et de l'Initiative mondiale sur le méthane. Les deux pays ont accordé la priorité à l'atténuation des polluants climatiques de courte durée de vie durant leur présidence respective du Conseil de l'Arctique et ont milité en faveur de l'adoption d'une modification du Protocole de Montréal pour contrôler les émissions d'hydrofluorocarbures. Le Canada et les États-Unis participent également activement aux travaux menés dans le cadre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) sur le transport à longue distance des principaux polluants atmosphériques.

### 3.2.2 Terres

Il existe un riche réseau d'aires protégées bien gérées qui contribue à la conservation de la diversité biologique. Les perturbations à grande échelle de l'utilisation des terres et de la couverture terrestre sont en grande partie évitées grâce à des politiques de gouvernance et à des règlements efficaces. Dans certaines régions, toutefois, les paysages naturels sont de plus en plus fragmentés sous l'effet à la fois des phénomènes naturels, comme les incendies de forêt et les infestations de ravageurs, et des décisions prises en matière de gestion et d'aménagement des terres, en particulier à l'intersection des secteurs des forêts, de l'agriculture et de l'énergie.

#### Changements apportés aux politiques foncières du Canada

Il existe une longue tradition de coopération entre les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux en ce qui concerne les enjeux liés à la foresterie. Le Conseil canadien des ministres des forêts (CCMF) a été créé en 1985 pour offrir aux quatorze gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux une importante tribune pour échanger de l'information, travailler en collaboration, assurer une direction et favoriser l'adoption de mesures sur les enjeux liés à la foresterie qui présentent un intérêt pour tous les Canadiens et allant au-delà du travail effectué par chacun de ces gouvernements individuellement. Le Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada assure les services de secrétariat pour le Conseil.

Dans son rapport *Une vision pour les forêts du Canada : 2008 et au-delà* (CCMF, 2008), le CCMF énonce deux enjeux qui requièrent une attention immédiate dans le contexte général d'une gestion durable des forêts; il s'agit de la gestion des impacts des changements climatiques et de la transformation du secteur forestier.

#### Changements climatiques

Le CCMF a créé le Groupe de travail sur les changements climatiques (GTCC) afin d'élaborer des approches face

à l'évolution du climat. Durant la phase 1, le Groupe de travail a évalué la vulnérabilité des essences d'arbre du Canada aux changements climatiques, a énoncé diverses options d'adaptation et a défini un cadre pour les protocoles d'attribution de crédits compensatoires en aménagement forestier.

En 2010, le CCMF a publié deux rapports intitulés *Vulnérabilité des arbres du Canada aux changements climatiques et propositions de mesures visant leur adaptation* et *Cadre pour les protocoles de quantification des crédits compensatoires en aménagement forestier*. Durant la phase 2, qui s'est terminée en mars 2015, le Groupe de travail a examiné l'adaptation au niveau des écosystèmes forestiers et du secteur forestier. Le but premier de cette phase était de fournir aux membres du secteur forestier des outils de pointe et de nouvelles connaissances qui leur permettront d'évaluer les vulnérabilités, les risques et les possibilités associés aux changements climatiques. Durant la phase 3, amorcée en 2015, le Groupe de travail cherchera à approfondir les discussions intergouvernementales visant à intégrer les changements climatiques aux critères et indicateurs nationaux de l'aménagement durable des forêts, à améliorer l'intégration des facteurs liés aux changements climatiques aux travaux du groupe de travail du CCMF sur les incendies et les ravageurs, ainsi qu'à poursuivre le réseautage sur l'adaptation forestière grâce au soutien du site de la Communauté de pratique en adaptation forestière (CdPAF). Les travaux du CCMF visent à catalyser et à accélérer la transformation des politiques, de la planification et des pratiques en matière d'aménagement forestier durable, en fonction des besoins des divers organismes canadiens d'aménagement forestier.

Il y a un intérêt croissant pour les compensations de carbone comme un moyen de changer les activités liées aux forêts pour contribuer à l'atténuation des changements climatiques. Un certain nombre de provinces appuient l'élaboration de projets de crédits compensatoires de carbone forestier. En 2011, le gouvernement de la Colombie-Britannique a élaboré un protocole de crédits compensatoires de carbone forestier (PCCCF) pour guider la conception, le développement,



### Encadré 3.2.1 : Coalition pour le climat et l'air pur

Le succès de la Coalition pour le climat et l'air pur témoigne du pouvoir potentiel des partenariats volontaires public-privé pour réduire les polluants climatiques de courte durée de vie (PCDV). La Coalition pour le climat et l'air pur cherche principalement à faciliter l'atténuation des émissions de méthane, de carbone noir et d'hydrofluorocarbures, afin de compléter, mais non de remplacer, les actions mondiales visant à réduire les émissions de dioxyde de carbone, en particulier celles menées au titre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Lancée en 2012 par les États-Unis, le Canada, le Mexique, le Bangladesh, le Ghana, la Suède et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), cette initiative a rapidement progressé pour inclure 50 pays, 16 organismes intergouvernementaux et 43 organisations non gouvernementales.

La Coalition concentre ses efforts sur la mise en œuvre de mesures pratiques dans 11 secteurs clés choisis pour assurer l'obtention rapide d'avantages sur le plan du climat et de l'air propre. Les initiatives visent à promouvoir des réductions à court terme des émissions de PCDV à une échelle mondiale considérable, ainsi qu'à mobiliser des intervenants de haut niveau. Sept initiatives ciblent les activités d'un secteur unique, soit l'agriculture, la production de briques, les fours de cuisson, le diesel, les hydrofluorocarbures, le pétrole et le gaz, et les déchets. Les quatre autres initiatives touchent une variété de secteurs, dont les finances, la santé, les évaluations régionales et le soutien des plans d'action nationaux.

L'objectif de la Coalition est de réduire les émissions de polluants climatiques de courte durée de vie :

- en sensibilisant le public aux effets des polluants climatiques de courte durée de vie et aux stratégies d'atténuation;
- en améliorant et en créant de nouvelles actions nationales et régionales, y compris par la détermination et l'élimination des obstacles, le renforcement des capacités et la mobilisation du soutien;
- en faisant la promotion des meilleures pratiques et en mettant en valeur les succès remportés;
- en améliorant la compréhension scientifique des effets des polluants climatiques de courte durée de vie et des stratégies d'atténuation.

la quantification et la vérification des compensations de carbone liées au boisement, à l'amélioration de l'aménagement des forêts et à la déforestation évitée. Ce protocole est actuellement mis à jour. Toujours en 2011, le gouvernement de l'Alberta a rendu accessible un protocole de crédits compensatoires approuvé qui porte sur la réduction des émissions résultant des changements dans les pratiques d'exploitation forestière. Plus récemment, dans le cadre de leurs systèmes de plafonnement et d'échange et de leur participation à la Western Climate Initiative,

les provinces de l'Ontario et du Québec ont annoncé leur intention de travailler ensemble pour élaborer un système de crédits compensatoires du carbone qui sera lié à celui de la Californie et qui comprendrait des projets de crédits compensatoires associés aux forêts.

Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux ont collaboré à la création de la Stratégie canadienne en matière de feux de forêt (SCFF). La SCFF cherchera à équilibrer les aspects sociaux, écologiques et économiques des feux de

forêt pour faire face aux causes profondes et aux symptômes des problèmes de gestion des incendies actuels et potentiels.

### Programme d'innovation forestière

Le Programme d'innovation forestière (PIF) a été établi pour financer les activités de recherche, de développement et de transfert de la technologie dans le secteur forestier canadien. Ensemble, ces activités aideront le secteur à poursuivre sa transformation en cours grâce à l'adoption de nouvelles technologies.

Le PIF finance directement le Programme des technologies transformatrices (PTT) et les travaux du Centre canadien sur la fibre de bois (CCFB). Le PTT finance les activités de recherche et développement précommerciales ainsi que de transfert de la technologie et des processus novateurs au secteur forestier. Ces recherches, qui sont réalisées par FPIInnovations, l'institut de recherche forestière sans but lucratif du Canada, sont axées sur quatre domaines clés : 1) les systèmes de construction de nouvelle génération, 2) le développement de produits biologiques, 3) l'optimisation de la valeur intégrée et 4) le déploiement de l'innovation.

Le CCFB collabore avec FPIInnovations pour accroître le rendement économique des ressources forestières du Canada en assurant l'adoption d'une stratégie coordonnée et axée sur la transformation pour réaliser des activités de recherche et d'innovation dans toute la chaîne de valeur forestière (c.-à-d. de la plantation des semis à la création de produits de grande consommation à valeur ajoutée). Les travaux de recherche du CCFB en foresterie et sur la fibre de bois sont axés sur deux grands domaines :

- **Caractérisation des ressources** : des activités de recherche axées sur le développement de l'inventaire forestier ainsi que d'outils et de techniques d'évaluation qui permettent de quantifier, d'évaluer et de comprendre les principaux attributs de la fibre des forêts du Canada d'une manière plus précise.
- **Production des ressources** : des activités de recherche axées sur le développement et l'utilisation de méthodes

génétiques, génomiques, biotechnologiques et sylvicoles pour ajouter de la valeur aux futures forêts.

### Programme Forêts en tête

Forêts en tête est un programme collaboratif de connaissance et de défense du marché mis en œuvre par le Conseil canadien des ministres des forêts (CCMF), et soutenu par les missions canadiennes à l'étranger dans le but de faire du Canada un chef de file mondial en matière d'aménagement forestier durable et d'intendance environnementale afin de protéger et d'accroître l'accès aux marchés des produits forestiers canadiens.

### Abrogation de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale de 1992

En 2012, le gouvernement du Canada a abrogé la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE) qui a été promulguée en 1992 pour évaluer et atténuer les effets environnementaux négatifs causés par les projets industriels. La loi avait servi de modèle pour les normes d'évaluation environnementale et les lois connexes dans le monde entier. Après son abrogation, une nouvelle loi a soumis un bien plus petit nombre de projets à l'évaluation, a élargi le pouvoir discrétionnaire ministériel et a réduit la portée des évaluations (Doelle, 2012). Environ 95 % des projets qui auraient exigé une évaluation aux termes de l'ancienne LCEE sont désormais exemptés et 3 000 évaluations en cours ont été annulées immédiatement après le changement (Kirchhoff et Tsuji, 2014).

Parmi les types de projets qui ne sont plus évalués figurent ceux liés au captage d'eau souterraine, au traitement du pétrole lourd et des sables bitumineux, à l'exploitation minière industrielle de sel, de graphite, de gypse, de magnésite, de calcaire, d'argile et d'amiante, à la fabrication de pâtes et papiers, au traitement de l'acier, à la production de textiles, à la fusion de métaux, au tannage du cuir et à la fabrication de produits chimiques, de produits pharmaceutiques, du bois traité sous pression, d'explosifs chimiques et de batteries

d'accumulateurs au plomb. Bien que l'extraction à ciel ouvert du bitume soit soumise à une évaluation, l'extraction *in situ* qui injecte de la vapeur dans le sol ne l'est pas (Gibson, 2012). En plus des activités du secteur privé, presque tous les projets du gouvernement fédéral sont désormais exemptés de la procédure d'évaluation, et aucun mécanisme n'est en place pour tenir compte des effets cumulatifs de plusieurs projets (Gibson, 2012). Le nouveau gouvernement Trudeau a promis d'examiner ces changements de la législation environnementale et de restaurer les « mesures de protection perdues » et la crédibilité des évaluations environnementales, et de veiller à ce que les décisions soient fondées sur des données scientifiques, des faits et des preuves et servent l'intérêt du public. Dans le cadre de l'examen, le plan devra moderniser l'Office national de l'énergie et rétablir la confiance envers cet organisme, ce qui consistera à bâtir une vaste représentation régionale et une expertise suffisante dans des domaines comme les sciences de l'environnement, les connaissances traditionnelles autochtones et le développement communautaire (Parti libéral du Canada, 2015).

## Changements apportés aux politiques foncières des États-Unis

### **Agricultural Act de 2014**

L'*Agricultural Act* de 2014, communément appelée « Farm Bill », a été promulguée le 7 février 2014. Elle a donné lieu à des changements importants dans les programmes de produits agricoles, a ajouté de nouvelles options d'assurance-récolte, a rationalisé les programmes de conservation, a modifié certains aspects des programmes d'aide alimentaire et a élargi les programmes de cultures spécialisées, d'agriculture biologique, de production de matières premières bioénergétiques, de développement rural et d'aide aux agriculteurs et éleveurs débutants (Claassen, 2015).

Les programmes de conservation sont axés sur les fermes, les ranchs et les forêts en exploitation. Il y a un plafond en ce qui concerne le nombre d'acres couverts par le Conservation Reserve Program, qui diminuera progressivement sur cinq

ans, passant de 12,9 à 9,7 millions d'hectares. La zone inscrite a diminué au cours des cinq dernières années, donc l'incidence de la réduction du plafond devrait être modeste. Le véritable changement au sein du programme a été de passer de l'inscription de champs entiers à l'inscription de certaines parties des champs seulement, comme les zones tampons riveraines, les bandes filtrantes au pourtour des champs, les voies d'eau gazonnées et les milieux humides. Ce sont des zones où les avantages de la conservation sont élevés et les coûts par acre sont également plus élevés que pour des champs entiers. Cependant, en n'inscrivant que les parties critiques et sensibles des champs, la production agricole est soutenue. Le nouveau projet de loi encourage les changements en cours. Le projet de loi a également relié les subventions pour les primes d'assurance-récolte au respect de la conservation – protégeant ainsi les terres et les milieux humides fortement soumis à l'érosion – pour la première fois depuis 1996. Les aspects de la conservation dans le projet de loi comprennent également ce qui suit (Claassen, 2015) :

- Un financement a été prévu pour les servitudes à long terme visant la restauration et la protection des milieux humides à la ferme et pour protéger les terres agricoles admissibles contre la conversion à des fins non agricoles.
- Le programme d'incitation à la protection de la qualité de l'environnement, Environmental Quality Incentives Program (EQIP), continuera à aider les producteurs à mettre en œuvre et à maintenir des pratiques de conservation sur les terres agricoles et forestières admissibles. Le projet de loi transfère également les fonctions et le financement d'un autre programme d'encouragement, à savoir le Wildlife Habitat Incentives Program, à l'EQIP et exige qu'au moins 5 % des fonds de ce dernier ciblent les pratiques propices aux habitats fauniques.
- Le projet de loi continue de financer le programme d'intendance en matière de conservation, Conservation Stewardship Programme, pour aider les producteurs qui répondent aux exigences en matière de gérance des terres agricoles et forestières. L'inscription annuelle est plafonnée à 4 millions d'hectares, soit une baisse par rapport à 5,2 millions d'hectares pour les cinq années précédentes.

Le projet de loi a créé deux grandes initiatives de recherche visant les fermes et les forêts :

L'initiative de recherche sur l'utilisation avancée des produits forestiers, *Forestry Products Advanced Utilization Research Initiative*, dont le budget autorisé est de 7 millions de dollars américains par an, pour l'amélioration de la qualité du bois, la création de nouveaux produits et de nouvelles énergies renouvelables, l'amélioration de la gestion des terres forestières (les forêts où le bois est récolté) et la création de « produits écologiques » provenant des produits forestiers, comme les bâtiments à plusieurs étages utilisant de nouveaux éléments structuraux en bois lamellé.

Une fondation pour la recherche alimentaire et agricole, la *Foundation for Food and Agriculture Research*, a été créée. Cette fondation dispose d'un budget autorisé de 200 millions de dollars américains au cours de la première année. Elle coordonnera des projets issus d'institutions publiques et privées, et recherchera d'autres fonds de contrepartie auprès de particuliers, de sociétés, de fondations caritatives et d'autres sources. Le public bénéficiera d'études à long terme, d'équipes multidisciplinaires et d'installations de recherche spécialisées.

### **Amélioration des normes de certification des forêts**

La fondation des forêts américaines, *American Forest Foundation*, a publié des « normes de durabilité pour la certification des forêts » améliorées, le 6 janvier 2015. Les améliorations ont découlé d'un processus multipartite rigoureux et fondé sur des lignes directrices internationales pour la gestion et la conservation durables des forêts. Les principales révisions comprenaient l'élargissement des pratiques de gestion exemplaires de façon à englober l'eau, l'air et le sol, et la clarification de la gestion nécessaire pour protéger les espèces et les forêts dont l'importance est reconnue et qui sont menacées et en voie de disparition (ATFS, 2016).

La fondation gère le programme des fermes forestières américaines, *American Tree Farm System* (ATFS), un

programme visant à maintenir une bonne gestion des forêts familiales et à assurer un accès à de l'eau propre, un air pur, des habitats fauniques, des produits du bois et des possibilités de loisirs. ATFS est le plus grand programme certifié de forêts familiales du monde (ATFS, 2016).

### **Nouvelle règle de planification des forêts nationales**

Le Service forestier des États-Unis, *US Forest Service*, a adopté une nouvelle règle (règlement) de planification des forêts nationales le 9 avril 2012. Ce nouveau règlement a réorienté l'objectif de la planification sur la durabilité écologique et a mis l'accent sur l'utilisation de la science pour comprendre les liens entre les activités de gestion et les résultats sur le plan de la santé et de la productivité des forêts. La nouvelle règle, qui remplace un règlement de 30 ans, a été conçue pour offrir des réponses souples, rapides et efficaces à une série de défis croissants (USDA, 2012). La nouvelle règle prévoit un cadre de planification qui fournit un processus plus efficace et plus adaptatif à la planification de la gestion des terres, ce qui permet aux gestionnaires forestiers nationaux de répondre plus facilement aux conditions changeantes. Il comporte des dispositions visant à maintenir et restaurer les services écosystémiques, assurer de nombreux usages et prévoir la participation du public à la planification.

La nouvelle règle n'a pas été accueillie avec les mêmes éloges. Bien que certaines organisations non gouvernementales importantes aient bien accueilli la nouvelle règle, un certain nombre de groupes d'intérêt ont intenté des poursuites afin de suspendre sa mise en œuvre ou de l'invalider complètement. Mais jusqu'à présent, la nouvelle règle de 2012 a résisté aux contestations judiciaires.

### **Approches pour contrer la fragmentation des terres**

Les responsabilités en matière de gouvernance en ce qui concerne l'utilisation des terres aux États-Unis et au Canada relèvent principalement des administrations locales (les comtés, les villes et les villages) ou des assemblées législatives ou organismes provinciaux, territoriaux ou étatiques, ou des gouvernements tribaux ou des Premières

### Encadré 3.2.2 : Groupe de travail du Processus de Montréal

Dans le monde d'aujourd'hui où l'utilisation des terres se transforme rapidement, un cadre commun et partagé fondé sur des critères et des indicateurs convenus à l'échelle internationale aide les scientifiques, les gestionnaires et les décideurs à évaluer les renseignements pertinents lorsqu'ils prennent des décisions sur la gestion durable des forêts à l'échelle locale, régionale, nationale et mondiale. Le Groupe de travail du Processus de Montréal (GTPM) a été formé en 1995 pour vérifier l'hypothèse selon laquelle un processus volontaire et juridiquement non contraignant permettrait de faire davantage de progrès, et plus rapidement vers la gestion durable des forêts, qu'une convention juridiquement contraignante.

En 2015, cette initiative a fêté 20 ans d'adhésion continue de l'ensemble des 12 pays membres qui ont, ensemble, 49 % des forêts du monde et 31 % de la population mondiale. Au cours de ses deux premières décennies, la collaboration entre les pays membres du Processus de Montréal et l'engagement envers d'autres processus liés aux forêts ont conduit à des améliorations importantes des inventaires forestiers nationaux et à trois cycles de rapports nationaux comportant des données qui sont crédibles et solides, plus utiles pour les nombreuses exigences d'information, plus accessibles à un public plus large et plus rigoureuses pour l'amélioration des pratiques de gestion et le traitement des questions politiques émergentes. Les résultats et les recommandations des rapports nationaux ont conduit à des décisions administratives et stratégiques qui ont manifestement amélioré la gestion durable des forêts, avec des résultats documentés au cours des cycles suivants de l'inventaire forestier et des rapports nationaux.

Aujourd'hui, le cadre des critères et des indicateurs du Processus de Montréal :

- est intégré dans les processus nationaux d'établissement de rapports;
- éclaire l'élaboration des politiques et des programmes nationaux;
- est cité dans la législation nationale et le droit forestier de nombreux pays membres;
- est aligné sur les programmes d'inventaire forestier nationaux;
- éclaire l'élaboration des normes forestières nationales.

Pour obtenir de plus amples renseignements, voir la rubrique Processus de Montréal.

nations. Les gouvernements fédéraux jouent des rôles plus petits et plus indirects. Aux États-Unis, les rôles fédéraux comprennent l'ajustement des politiques fiscales fédérales pour encourager une meilleure gestion, l'établissement de normes relatives à l'eau ou à la qualité de l'air et l'octroi de fonds pour l'assistance technique et les incitatifs financiers.

La dépendance en Amérique du Nord à l'égard des gouvernements locaux et étatiques ou provinciaux pour adopter des lois, réglementer les secteurs et collaborer avec les propriétaires fonciers locaux crée un contexte politique

différent de celui qu'on trouve dans de nombreux autres pays. Le rôle de chef de file des administrations locales et infranationales signifie que les parties intéressées à faire des changements de politique pour gérer le développement doivent faire valoir leurs arguments auprès des gouvernements – corps législatifs et organismes – locaux et étatiques ou provinciaux, un par un. Ainsi, les changements de politiques qui se produisent sur de vastes paysages sont lents et difficiles. Le résultat peut donner des différences importantes sur le plan des politiques pour gérer l'utilisation des terres et faire face à la fragmentation dans différentes



régions du Canada ou des États-Unis, et même entre les différentes administrations locales. Cela peut également signifier que des contre-pressions surgiront localement aussi. Au fur et à mesure que le développement touche des régions qui étaient anciennement des forêts, des fermes ou des ranchs intacts, les occupants nouvellement arrivés qui ne connaissent pas les activités de gestion normales peuvent s'opposer aux odeurs et aux sons des activités agricoles ou forestières ou à la boue des tracteurs ou des camions sur les routes. Les nouveaux arrivants peuvent essayer d'influencer les administrations locales pour réglementer plus étroitement ces activités, ce qui conduit à des querelles politiques entre les résidents de longue date et les nouveaux venus, qui menacent le tissu économique et social des collectivités locales.

La situation politique changeante aux États-Unis crée également des incertitudes quant à l'efficacité des programmes gouvernementaux pour garder les forêts et les fermes exploitées intactes et assurer la protection des valeurs écologiques. Certains groupes d'intérêts préconisent des droits et des limites des propriétaires fonciers privés sur les programmes gouvernementaux qui offrent des incitatifs à la gestion active. Des groupes opérant à différentes échelles spatiales s'efforcent d'engager un dialogue public général sur ces questions. À titre d'exemple, notons la *Forest Trends Association* à l'échelle internationale, l'alliance *Solutions from the Land* à l'échelle nationale et régionale et le *Malpai Borderlands Group* à l'échelle régionale.

### **Atténuation des changements climatiques et gestion durable des terres**

Cette question comporte deux aspects. Le premier consiste à savoir comment les cultures produites sur les terres cultivées et dans les forêts peuvent être utilisées pour aider à atténuer les émissions de carbone. Le deuxième consiste à savoir comment la modification des pratiques de production agricole peut aider à réduire les émissions provenant des activités de production et à rendre la production agricole plus résiliente aux changements climatiques.

### **Atténuation par des méthodes de production des cultures et des pratiques de gestion forestière différentes**

L'adaptation des méthodes de production des cultures et des pratiques de gestion forestière conduit à des changements importants sur le plan de l'utilisation des terres et de l'eau, des cultures différentes et une meilleure gestion des facteurs de production. Il existe des possibilités importantes pour que les mesures d'adaptation permettent de limiter les incidences des changements climatiques dans l'agriculture et la foresterie (Malcolm *et al.*, 2012). Celles-ci comprennent des outils pour guider la sélection des semences, les décisions relatives à la plantation et les pratiques de gestion, la détermination des variétés végétales et des pratiques de gestion bien adaptées à l'évolution des risques de ravageurs et le développement et l'adoption de nouvelles technologies.

Les pratiques de gestion dans les forêts publiques et privées peuvent aussi devoir changer. Des conditions météorologiques plus chaudes et plus sèches devraient prolonger la saison des incendies dans de nombreuses régions et conduire à des incendies plus importants et plus chauds. Les ministères de l'Agriculture et de l'Intérieur des États-Unis mettent également en œuvre le *National Fire Plan*, la *President's Healthy Forests Initiative*, le *Healthy Forest Restoration Act* et le *Tribal Forest Protection Act* de 2004 pour lutter contre les risques d'incendie de forêt catastrophiques et améliorer l'état des forêts et des pâturages sur les terres fédérales par une réduction de la densité de la biomasse. En outre, les forestiers chargés de la régénération commencent à planter des essences commerciales, comme le pin tæda (*Pinus taeda L.*) génétiquement amélioré, au nord de l'aire de répartition historique de l'espèce, en prévision des changements du régime des températures. Plusieurs fournisseurs de semences d'arbres et de semis cultivent des « super semis » avec des gènes qui résistent à des climats plus chauds et prévoient de créer de nouvelles espèces, comme les cultivars d'eucalyptus qui sont couramment cultivés dans les pays chauds, au sud des États-Unis en raison de leur capacité d'augmenter le rendement en fibres dans les futurs climats modifiés.

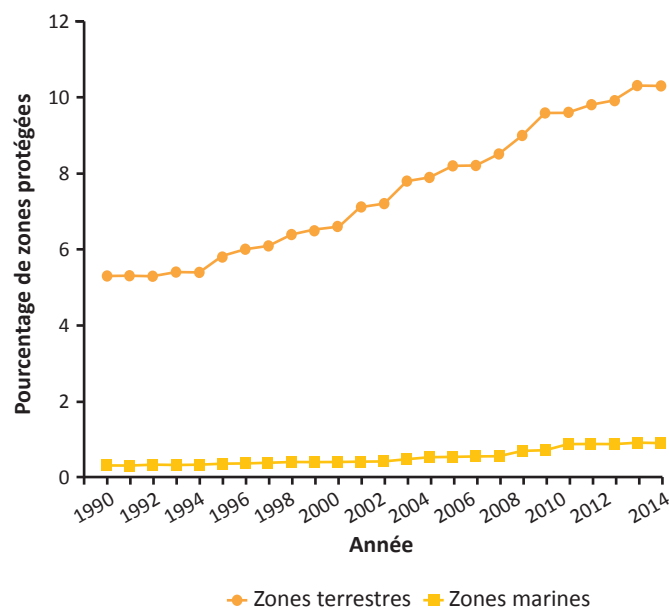
### 3.2.3 Biote

Le déclin accéléré de la biodiversité constitue une menace grave pour l'environnement mondial (Leadley *et al.*, 2014). En Amérique du Nord, des plans et des approches positifs et progressistes, actuellement mis en œuvre, sont orientés vers la conservation de la biodiversité et l'utilisation durable des ressources biologiques.

Les politiques canadiennes ont évolué au cours des dix dernières années vers la déréglementation, ce qui facilite pour les développeurs la mise en œuvre de divers projets qui pourraient avoir une incidence moindre sur la faune et les écosystèmes. Un certain revirement est prévu à la suite de l'élection du nouveau gouvernement à Ottawa, à l'automne de 2015. Aux États-Unis, les opposants politiques de l'*Endangered Species Act* ont grandement échoué à affaiblir son incidence, bien que plusieurs propositions législatives ou projets de loi restent en suspens (Clark, 2015; Schlickeisen *et al.*, 2011). Les clivages idéologiques sur l'approche adéquate à la conservation de la biodiversité sont palpables dans les deux pays et traduisent une vision élargie des rôles du gouvernement, du secteur privé, de la société civile et des relations entre l'homme et la nature.

Les plans de rétablissement des espèces en péril au Canada ont fait des progrès considérables ces dernières années. Au début de 2015, il y avait 521 espèces animales et végétales classées comme étant en voie de disparition, menacées ou préoccupantes aux termes de la *Loi sur les espèces en péril*; 307 faisaient l'objet de programmes de rétablissement ou de plans de gestion en place (Canada, 2016). Il y a également eu une augmentation notable de zones protégées en Amérique du Nord, au cours des dernières décennies. En 2014-2015, dans le cadre du Plan de conservation national, le gouvernement fédéral a investi 100 millions de dollars américains de plus dans le renouvellement du Programme de conservation des aires naturelles pour une période supplémentaire de cinq ans. Cependant, les zones marines protégées restent très loin de l'objectif national de 10 % et les biomes terrestres ne sont pas tous protégés conformément à l'objectif international de 12 % (EPI, 2016).

Figure 3.2.1 : Tendances dans la proportion de la superficie des zones de protection au Canada de 1990 à 2014



La ligne supérieure du graphique indique le pourcentage de la superficie terrestre qui était reconnue comme étant protégée au Canada, de 1990 à 2014. La ligne inférieure du graphique indique le pourcentage de la zone marine protégée de 1990 à 2014.

Source : ECCC, 2015

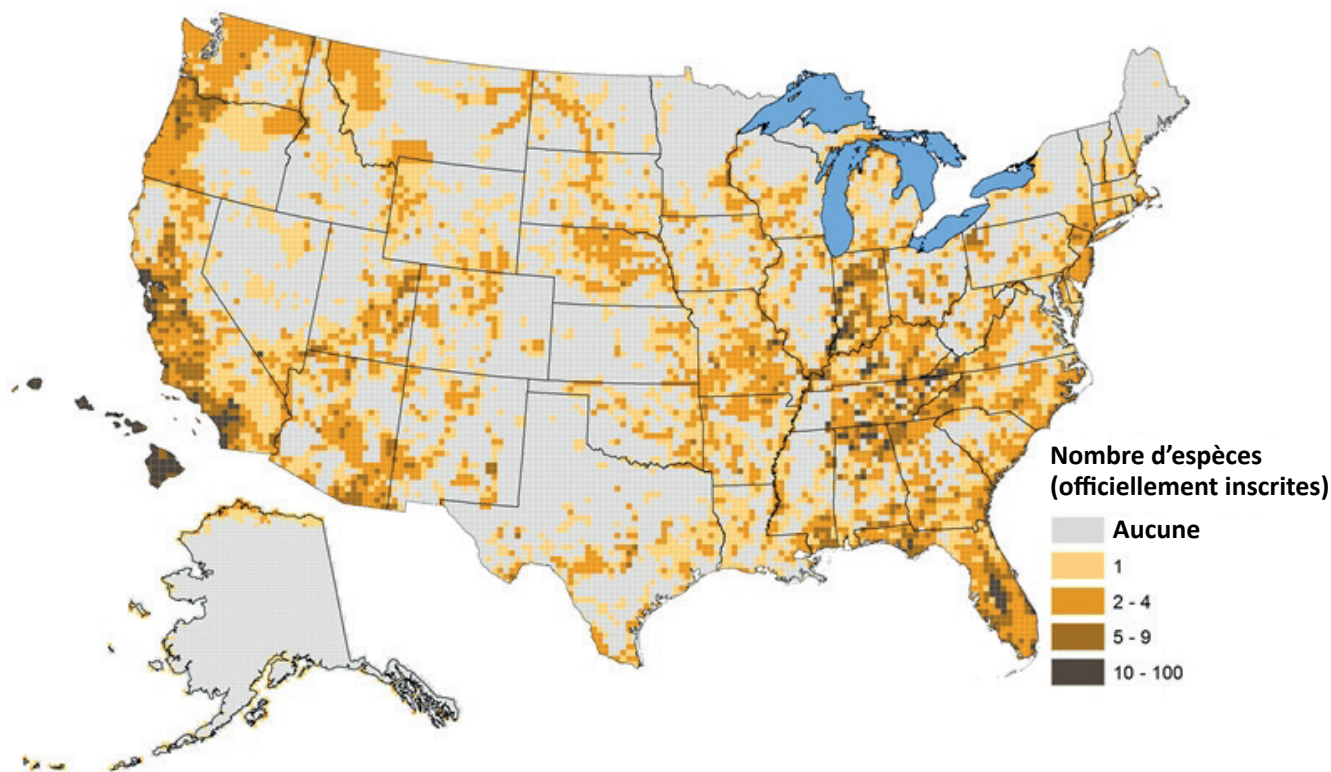
Le Canada a établi un ensemble d'objectifs et de cibles en matière de biodiversité pour 2020, qui mettent l'accent sur les priorités du Canada en matière de biodiversité pour les années à venir. Ces objectifs complètent la Stratégie canadienne de la biodiversité et le Cadre axé sur les résultats en matière de biodiversité. Ces objectifs guideront d'autres mesures prises en matière de conservation et d'utilisation durable des ressources biologiques au Canada, et serviront de fondement pour la mesure et la déclaration des progrès accomplis. Les objectifs du Canada sont conformes au Plan stratégique mondial pour la biodiversité 2011-2020, qui a été adopté par le Canada et les autres Parties à la Convention sur la diversité biologique (CDB) en 2010. On réaffirme

dans la Stratégie canadienne de la biodiversité que les gouvernements au Canada doivent adopter des politiques et créer des conditions propices à la recherche qui mèneront à la conservation de la biodiversité (Biodivcanada, 2016).

Aux États-Unis, le système d'information sur la biodiversité au service de notre nation, Biodiversity Information Serving

Our Nation (BISON), un système fédéral en ligne unique mis au point par l'USGS appuie les activités d'élaboration des politiques en permettant de rechercher plus facilement l'emplacement des espèces états-uniennes. Cet outil offre plus de 100 millions de fiches cartographiées de presque toutes les espèces vivant dans le pays et favorise une science axée sur les données pour la prise de décision qui appuie

Figure 3.2.2 : Répartition des espèces officiellement inscrites sur la liste des espèces menacées ou en voie de disparition en vertu de l'ESA 2014.



Remarques : l'Alaska et Hawaii, aux États-Unis, sont affichés sur une échelle différente à des fins de présentation. Les données de 1994 à 2003 ont été recueillies par le personnel de la Réserve de biosphère du papillon monarque (MBBR) de la Commission nationale des zones naturelles protégées (CONANP) au Mexique. Les données recueillies de 2004 à 2016 ont été recueillies par la WWF-Telcel Alliance, en coordination avec la direction de la MBBR.

Source : Evans *et al.*, 2016

une réponse rapide aux nouvelles questions de ressources naturelles. Aux États-Unis, BISON agit en tant que nœud de la Global Biodiversity Information Facility (GBIF) et constitue une partie importante d'EcoINFORMA, la stratégie de transmission de l'information qui figure dans le rapport *Sustaining Environmental Capital: Protecting Society and the Economy* (maintien du capital environnemental : protection de la société et de l'économie). Des centaines de milliers de citoyens et de scientifiques professionnels ont contribué à la collecte de données dans BISON. En fait, les organisations non gouvernementales, les universités et les gouvernements étatiques et locaux ont également participé à cette initiative (USGS, 2016).

Le Canada et les États-Unis collaborent sur le plan de la gestion des espèces exotiques envahissantes et des espèces migratrices (Temby et Stoett, 2015). Le Canada, les États-Unis et le Mexique collaborent relativement au Plan nord-américain de gestion de la sauvagine, visant à la conservation des milieux humides. Des deux côtés de la frontière, la collaboration gouvernementale avec des organisations non gouvernementales comme Conservation de la nature et Canards Illimités a amélioré les efforts de conservation des milieux humides. Au-delà de leur collaboration de plusieurs décennies relativement à l'éradication de la lamproie, les deux pays coordonnent les politiques, les règlements, les recherches et les mesures d'application concernant l'eau de ballast dans le cadre des réunions annuelles des autorités responsables des rejets provenant des bateaux en vertu de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Le Conseil de coopération Canada-États-Unis en matière de réglementation prend des mesures communes dans le cadre des initiatives visant à coordonner les politiques dans des domaines comme la gestion des espèces envahissantes et la réglementation du secteur de l'aquaculture.

### **Conservation du papillon monarque : gouvernance adaptative et gros volumes de données en action**

Pour illustrer une situation où la coopération entre les gouvernements nationaux est essentielle pour le bien-être

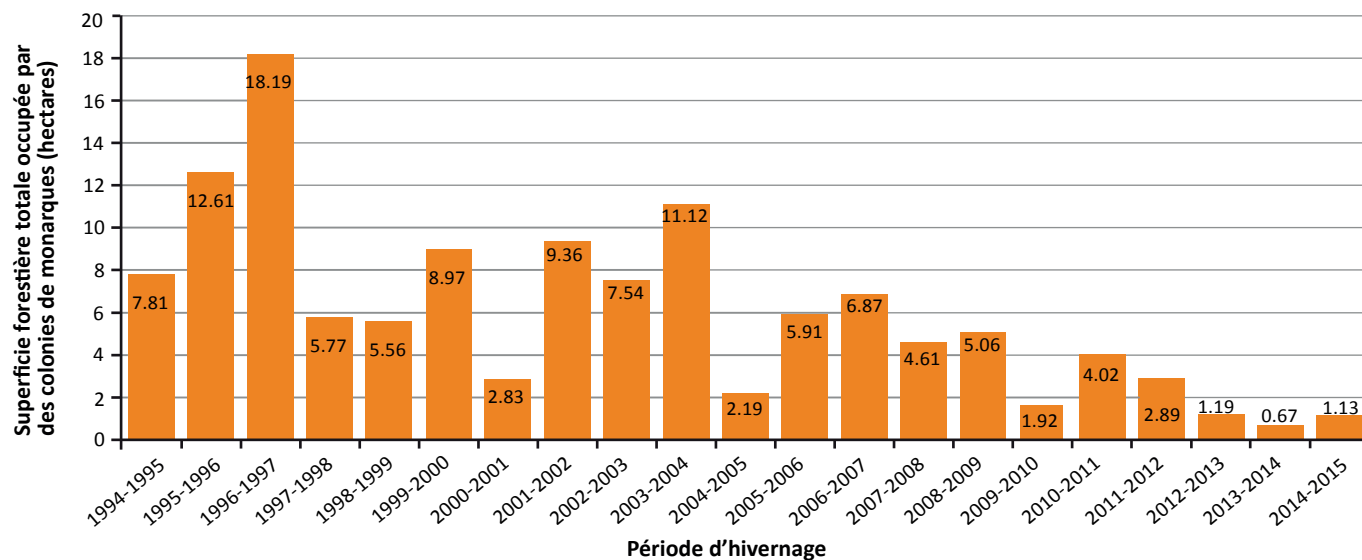
des espèces, mentionnons le papillon monarque (*Danaus plexippus*), qui est menacé par la destruction de l'asclépiade, la plante principale dont se nourrissent les chenilles monarques.

Étant donné que certaines populations de monarques entreprennent un parcours migratoire remarquable qui couvre le Canada, le Mexique et les États-Unis, la conservation efficace exige une coopération complexe (voir les figures 3.2.3 et 3.2.4).

Le Groupe de travail trinational de haut niveau pour la conservation du phénomène de migration du monarque a été créé en 2014, à la suite d'un plan de conservation mis au point par la CCE trilatérale en 2008. Le Groupe de travail favorise la communication entre plusieurs niveaux de gouvernance (fédéral, étatique, provincial et municipal) et les industries, les organisations non gouvernementales, les collectivités autochtones et la société civile. La route migratoire du monarque comprend des champs cultivés, des parcelles de forêt et des habitats d'hivernage. Il est également intéressant de noter que les collectivités autochtones « joueront un rôle crucial à mesure que les connaissances écologiques traditionnelles liées à la voie de migration du monarque seront recueillies et synthétisées » [traduction libre] (CCE, 2015).

Le plan de conservation de la CCE aidera à coordonner les efforts entre les États-Unis, le Canada et le Mexique. Aux États-Unis, la Pollinator Health Task Force de l'administration Obama a lancé une stratégie nationale pour la promotion de la santé des abeilles et d'autres pollinisateurs. Cette stratégie repose également sur un engagement à travailler avec le ministère des Transports des États-Unis, la Federal Highway Administration et le Fish and Wildlife Service des États-Unis pour réhabiliter un corridor de papillons de 2 400 kilomètres le long de l'autoroute 35, qui va de la frontière entre le Texas et le Mexique à Duluth (Minnesota). La collaboration avec des centaines de collectivités et d'organisations locales, y compris les écoles, les organisations non gouvernementales et les responsables de l'entretien paysager, sera essentielle à sa réussite.

Figure 3.2.3 : Superficie totale occupée par les colonies de papillons monarches dans des aires d'hivernage au Mexique, de 1994-1995 à 2014-2015.



Source : Monarch Joint Venture (2015)

Cette stratégie nationale a été élaborée par dix ministères fédéraux. Il est, toutefois, prématuré d'évaluer son succès.

En effet, un plan d'action pour les recherches sur les pollinisateurs fait partie intégrante de la stratégie nationale et fournira des fonds pour les avancées liées à l'évolution de la population et à la biologie fondamentale, aux facteurs de stress environnementaux, à la gestion des terres, à la restauration et la connaissance de l'habitat grâce au partage de données, à l'interopérabilité et à l'informatique, du génome au niveau de la population.

Dès 1997, le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPA) a jugé que le papillon monarche était important. Même avant cela, le Canada avait conclu un accord avec le Mexique pour établir un réseau de réserves de monarche, qui a évolué vers un réseau trilatéral d'aires de protection jumelées du papillon monarche en 2006, qui comprend la réserve nationale de faune de Long Point et le parc national du Canada de la Pointe-Pelée en Ontario.

Un plan de gestion proposé a été distribué en 2014 et portait sur les populations orientales et les populations occidentales plus petites. Il a appelé à une coopération

Figure 3.2.4 : Schémas de la migration d'automne du papillon monarche



Source : USDA, 2016; source de la carte de base : Atlas national de l'USGS.



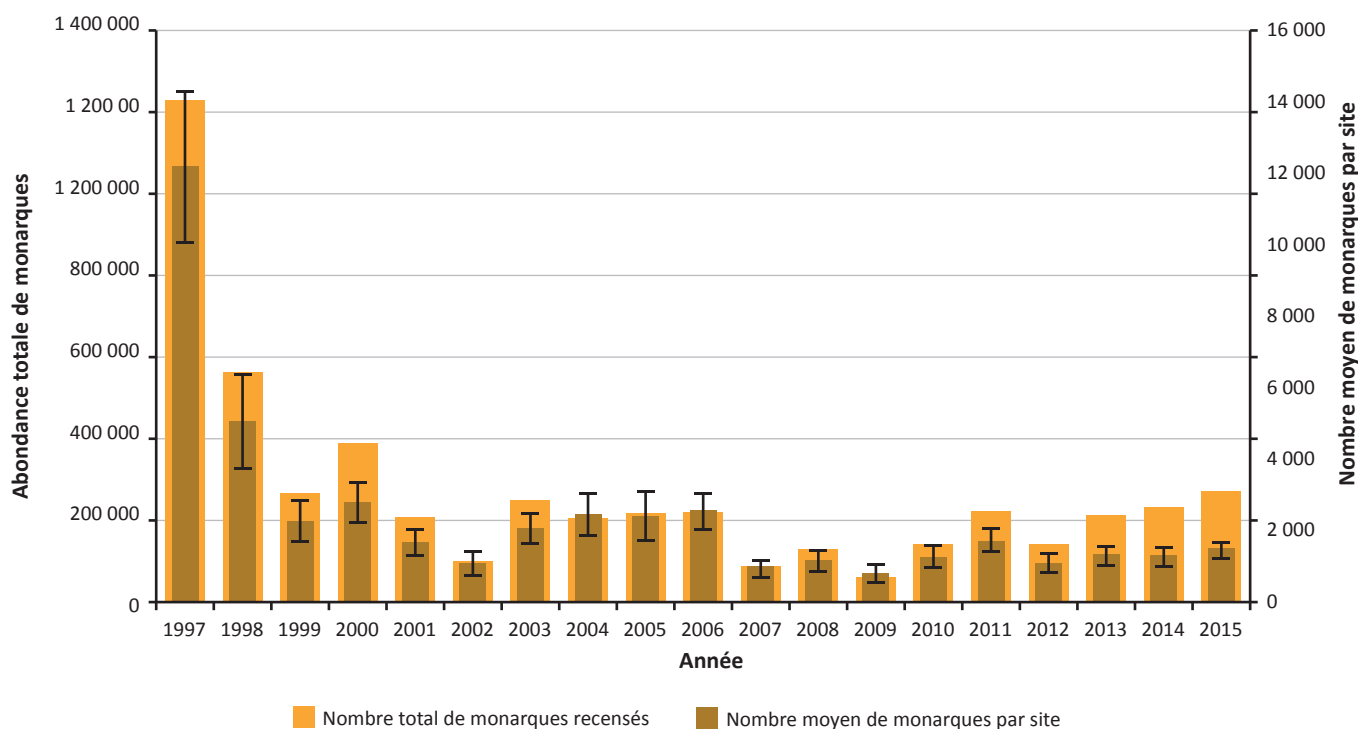
accrue entre les partenaires internationaux, au suivi des populations de monarches par la recherche et la science citoyenne, à l'organisation d'activités de sensibilisation et à la conservation des aires existantes de rassemblement et de reproduction (Environnement Canada, 2014a).

### 3.2.4 Eau

En 2012, le Canada et les États-Unis ont modifié l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (AQEGL), d'abord signé en 1972, pour miser sur les engagements

précédents et étendre l'accord à de nouvelles questions d'intérêt mutuel. L'objectif global de l'AQEGL 2012 est de restaurer et de maintenir l'intégrité chimique, physique et biologique de l'eau des Grands Lacs. L'AQEGL 2012 comprend 10 annexes sur des questions qui touchent à la qualité de l'eau : les secteurs préoccupants, la gestion panlacustre, les produits chimiques d'intérêt commun, les nutriments, les rejets des bateaux, les espèces aquatiques envahissantes, les habitats et les espèces, les eaux souterraines, les incidences des changements climatiques et la science (AQEGL, 2012).

Figure 3.2.5 : Estimations totales et moyennes de l'abondance du monarque avec erreur-type des moyennes dans 76 à 187 aires d'hivernage, de 1997 à 2015.



Source : Xerces Society (2016)

## Changements généraux de la politique de l'eau au Canada depuis 2010

Au Canada, le gouvernement fédéral, les gouvernements provinciaux et les administrations municipales se partagent la gestion de l'eau. Le gouvernement fédéral est responsable de la navigation, des eaux transfrontières ainsi que de la pêche et de la protection de l'habitat du poisson. Les provinces ont compétence sur la plupart des aspects de la quantité et de la qualité de l'eau, y compris la répartition des eaux de surface et des eaux souterraines.

Les premières normes nationales du Canada sur les effluents des systèmes de traitement des eaux usées, le point culminant de la collaboration entre le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux-territoriaux, ont été mises en œuvre en 2012 (Canada, 2012). À cette époque, de nombreuses modifications ont été apportées à la législation fédérale – la *Loi sur les pêches*, la *Loi sur la protection des eaux navigables* (maintenant la *Loi sur la protection de la navigation*) et la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE, maintenant la LCEE 2012) – qui ont des répercussions sur l'eau, ce qui a sans doute affaibli certains aspects de la protection des eaux douces liés, par exemple, à l'habitat du poisson, à la navigation et à la portée des évaluations environnementales fédérales (Gibson, 2012; Olszynski, 2015). Cependant, à la suite des élections de 2015, le nouveau gouvernement fédéral a annoncé son intention de procéder à un examen de ces modifications législatives et de restaurer les mesures de protection perdues, ainsi que de se livrer à une approche intergouvernementale collaborative à l'égard de la protection de l'eau douce (Canada, 2015). Bien qu'aucun changement particulier de la politique ou de la législation fédérale relative aux eaux ne puisse encore être attribué à ces déclarations, cela traduit un engagement renouvelé envers la protection de l'eau douce à l'échelle fédérale.

À l'échelle provinciale, le *Water Sustainability Act* de la province de Colombie-Britannique (Colombie-Britannique, 2014), une nouvelle pièce maîtresse de la législation de l'eau, prévoit la possibilité de gérer ensemble les eaux de surface et les eaux souterraines, établit les règles de la gestion de l'eau

pendant les périodes de pénurie et apporte une plus grande certitude quant aux droits sur l'eau, bien que de nombreux détails et la mise en œuvre doivent encore être achevés (Colombie-Britannique, 2015a et b).

## Changements généraux de la politique de l'eau des États-Unis depuis 2010

Les différences dans la politique régionale de l'eau des États-Unis découlent d'une abondance relative de l'eau à l'est du 100° méridien et de conditions variables, mais généralement plus sèches à l'ouest. Les défis posés par la rareté de l'eau et, plus récemment, la sécheresse dans le Sud-Ouest américain, ont poussé des organismes fédéraux et étatiques à prendre de nouvelles initiatives de réglementation visant à atténuer les effets immédiats sur les collectivités urbaines et agricoles. En outre, la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) et la planification des mesures d'adaptation liées aux changements climatiques ont pris de l'ampleur depuis 2010, bien que la mise en œuvre des plans qui en résultent demeure à la traîne. Les efforts importants de planification de la GIRE à grande échelle comprennent le plan du bassin versant du fleuve Colorado et le plan d'eau du bassin de Yakima (USBR, 2012a et b).

Bien que la population générale des États-Unis bénéficie d'une bonne sécurité de l'eau, la contamination des réserves d'eau municipales (comme à Flint, au Michigan) et le manque d'eau (comme dans certaines collectivités de la Californie) ont mis en évidence la fragilité potentielle de la situation.

Le *Clean Water Act* et le *Safe Drinking Water Act* continuent d'être mises en œuvre et appliquées aux États-Unis pour protéger et restaurer l'intégrité biologique, chimique et physique des eaux du pays. Il n'y a pas eu de changements importants de ces instruments de réglementation sous-jacents depuis 2010. L'USEPA a déterminé la pollution des nutriments comme étant la plus grande priorité en matière de qualité de l'eau pour le pays, et des progrès continuent d'être réalisés à l'échelle des États pour réduire ces charges en nutriments (USEPA, 2015f).

Tableau 3.2.2 : Historique de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, de 1972 à 2012

1972	1978	1983	1987	2012
<p>Limiter les apports de phosphore pour contrôler la croissance des algues.</p>	<p>Lancement de l'approche de gestion écosystémique.</p> <p>Appel à la quasi-élimination de la pollution toxique.</p>	<p>Limiter davantage les rejets de phosphore.</p>	<p>Plans d'aménagement panlacustre élaborés et mis en œuvre pour chaque lac afin de réduire les polluants toxiques.</p> <p>Plans d'assainissement pour nettoyer les secteurs préoccupants.</p>	<p>Continuer à soutenir les travaux touchant les menaces existantes à la qualité de l'eau. Prévenir les menaces environnementales avant qu'elles ne causent des dommages.</p> <p>Élaboration d'annexes sur certaines questions environnementales qui touchent à la qualité de l'eau.</p>

Source : Binational.net, 2016.

En 2015, l'USEPA a achevé la *Clean Water Rule* qui identifie les eaux des États-Unis qui sont protégées en vertu du *Clean Water Act*. Auparavant, des déterminations distinctes de la compétence étaient nécessaires pour plus de 60 % des cours d'eau et des millions d'acres de terres humides du pays. Le plus grand effet de la *Clean Water Rule* est la mise en œuvre de l'article 404 du *Clean Water Act*, qui a établi un programme visant à réglementer le rejet de déblais de dragage ou de matériaux de remplissage dans les eaux des États-Unis, y compris les milieux humides. La communauté de l'eau a été fortement divisée à la suite de l'adoption de cette règle. Des défenseurs de l'environnement et des gouvernements locaux et étatiques ont jugé que la règle offrait une clarté et une cohérence sur le plan de la mise en œuvre des programmes découlant du *Clean Water Act*, mais la communauté agricole a exprimé des préoccupations quant à la possibilité d'une réglementation supplémentaire du secteur agricole. Plusieurs États ont intenté des poursuites contre l'USEPA, qui soutiennent que la règle étend illégalement la compétence fédérale.

Enfin, dans une tentative d'assurer la transparence sur la disponibilité et la qualité de l'eau, et de sensibiliser le public à un moment où de nombreuses régions sont touchées par des pénuries d'eau, la Division des relevés hydrologiques du Canada et la Geological Survey des États-Unis ont collaboré au lancement de l'initiative Eaux agues en Amérique du Nord (North America WaterWatch) en 2014, un site Web qui cartographie en temps réel les conditions de débit des cours d'eau des deux pays (NAWW, 2014; USGS, 2014).

## Adaptation aux changements climatiques et gestion de l'eau

Depuis 2010, il y a eu un intérêt croissant pour la compréhension des vulnérabilités des collectivités aux changements climatiques, et des plans d'adaptation protégeant les collectivités contre les effets des changements climatiques ont été élaborés. En 2012, 13 agences fédérales aux États-Unis et 13 États avaient élaboré des plans d'adaptation aux changements climatiques, dont la plupart comprenaient des mesures visant à atténuer les effets des changements climatiques sur les ressources en eau (Bierbaum *et al.*, 2013). De plus en plus, les municipalités locales prévoient également des mesures de lutte contre les effets des changements climatiques sur l'approvisionnement et la qualité des futures ressources en eau. Bien que ces efforts d'analyse des risques indiquent une dynamique positive sur le plan des changements de politiques, très peu de plans d'adaptation sont mis en œuvre aux États-Unis (Bierbaum *et al.*, 2013). La planification des mesures d'adaptation aux États-Unis s'est accélérée depuis que le président Obama a signé le décret 13653 qui ordonne aux agences fédérales d'aider les collectivités à renforcer leur capacité d'adaptation aux changements climatiques. Le décret a également créé un groupe de travail sur la préparation et la résilience aux changements climatiques composé de chefs étatiques, locaux et tribaux.

En 2015, le groupe de travail a présenté un rapport d'étape comportant des recommandations pour améliorer la

### Encadré 3.2.3 : Gestion intégrée des ressources en eau : gouvernance adaptative dans le cadre de la conservation

Bien qu'il y ait aux États-Unis des obstacles juridiques et de compétence importants à la mise en œuvre de la GIRE, il existe plusieurs exemples de réussite dans les bassins nord-américains. En 2012, le Bureau of Reclamation des États-Unis a réalisé une étude des bassins hydrographiques du Colorado qui prévoit un écart de 3,2 millions d'acres-pieds (env. 3,9 milliards de mètres cubes) entre l'approvisionnement en eau et la demande pour la période de 2041 à 2060. Le rapport cerne les complexités, les incertitudes et les vulnérabilités principales qui devront être prises en considération dans le cadre de la lutte contre les pénuries d'eau prévues (USBR, 2012a). Des efforts sont en cours pour mettre au point des outils d'aide à la prise de décisions touchant la GIRE dans les bassins hydrographiques du Colorado (Alexander *et al.*, 2013).

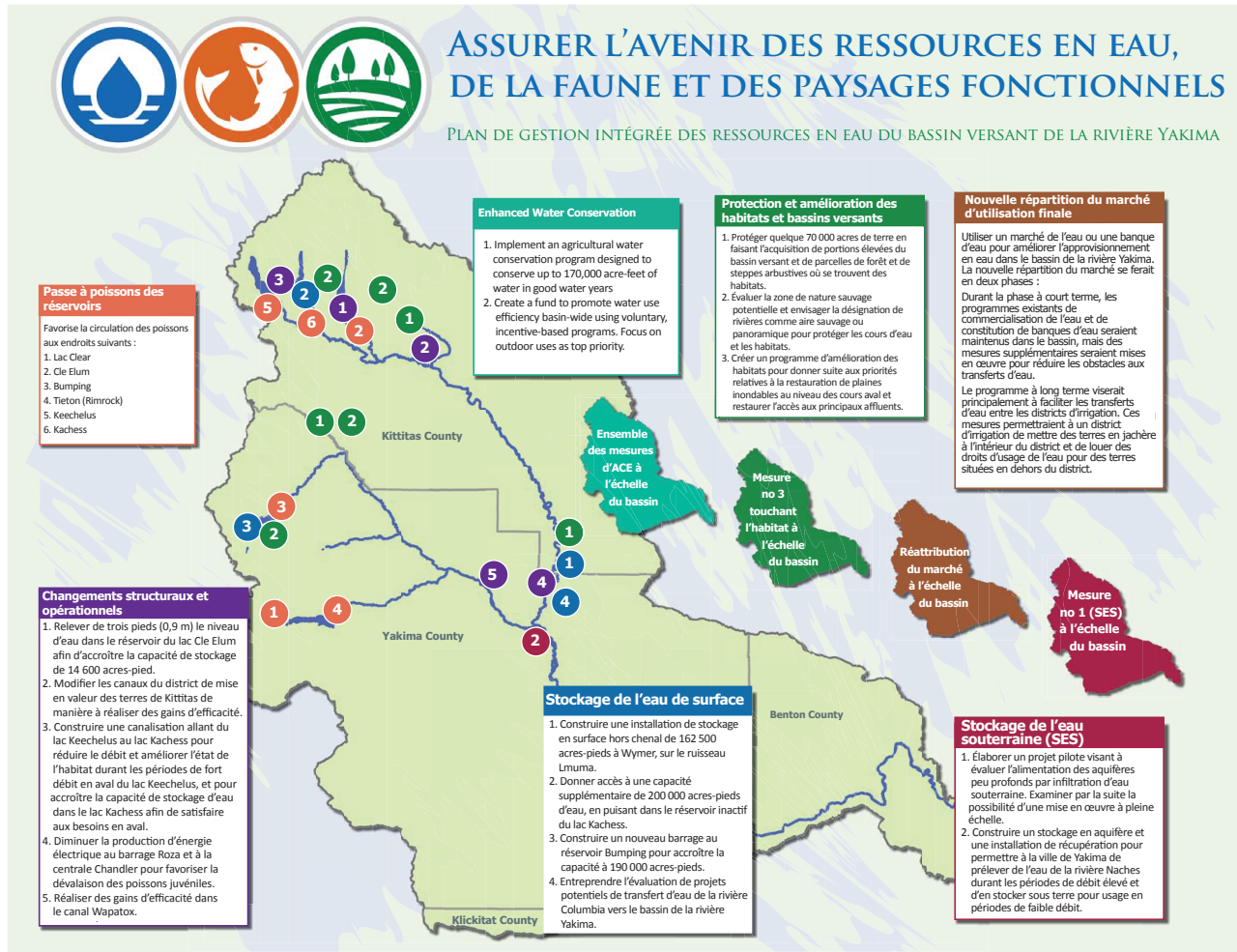
Le plan relatif à l'eau du bassin de Yakima donne un autre exemple récent de planification de la GIRE à grande échelle. L'approvisionnement en eau dans le bassin ne répond pas aux besoins des collectivités dépendantes, qui comprennent la demande en matière d'irrigation, l'approvisionnement municipal et les exigences des poissons et de la faune relativement au débit minimal des cours d'eau. Au fur et à mesure que les changements climatiques et la croissance démographique menacent de réduire davantage le manteau neigeux et l'approvisionnement en eau connexe, le déficit d'eau devrait s'aggraver. Une initiative de planification globale a été lancée en 2009, qui comprenait des représentants : de la Nation Yakama, du district d'irrigation, des organisations environnementales et des gouvernements fédéral, étatique, régional ainsi que des administrations municipales. Le plan a été achevé en 2012 et porte sur l'habitat du poisson, des modifications au fonctionnement des structures existantes, le stockage de l'eau de surface, la réaffectation de l'eau selon le marché, le stockage de l'eau souterraine et des mesures de conservation de l'eau améliorées (USBR, 2012b; voir la **figure 3.2.6**).

La mise en œuvre de diverses autres initiatives de planification de la GIRE progresse dans certaines parties de l'Amérique du Nord, y compris les Grands Lacs, l'Ontario et la Colombie-Britannique (Conservation Ontario, 2015; Gregory *et al.*, 2006). En Ontario, par exemple, il existe des cas où la planification des bassins versants et l'aménagement du territoire sont intégrés pour aider à protéger les sources d'approvisionnement en eau potable (Plummer *et al.*, 2011).

résilience des collectivités, des infrastructures et des ressources naturelles (Maison-Blanche, 2015). Les recommandations comprennent des mesures visant à soutenir et à encourager la planification et la gestion de ressources en eau résilientes aux changements climatiques, y compris : l'investissement fédéral dans les ressources en eau et les ressources terrestres connexes; le soutien au financement innovateur; l'intégration de considérations relatives aux changements climatiques dans les programmes visés par le *Clean Water Act* et le *Safe Drinking Water Act*; la mise au point d'une trousse d'instruments favorisant

la résilience aux changements climatiques (Maison-Blanche, 2015). L'adaptation des réseaux hydrographiques aux changements climatiques varie selon la région. Dans le Sud-Ouest, la nécessité de la conservation et de l'utilisation efficace de l'eau, dans les secteurs urbains et agricoles, deviendra plus importante au fur et à mesure que les ressources en eau diminuent. Dans certains cas, la production agricole devrait passer à des cultures nécessitant moins d'eau ou moins d'hectares pourraient être mis en production. Dans la région intramontagneuse de l'Ouest, le passage des ressources en eau provenant de la fonte de la

Figure 3.2.6 : Gestion intégrée des ressources en eau du bassin de Yakima



Source : extrait adapté de Mankin *et al.*, 2015

neige à des ressources en eau de pluie pourrait se traduire par la nécessité de trouver des solutions novatrices pour soutenir les collectivités pendant la période sèche de fin d'été. Dans d'autres régions du pays, les conditions extrêmes, y compris l'augmentation des inondations et des incendies de forêt, nécessitent des changements en matière de planification du développement et du contrôle des inondations. Les zones

côtières prévoient actuellement des mesures pour contrer une élévation du niveau de la mer et une invasion d'eau salée dans les aquifères côtiers.

Même si des réductions saisonnières de la qualité et la quantité de l'eau sont attendues dans toutes les régions du Canada, les causes précises et les réponses stratégiques



seront différentes. Par exemple, un rapport sur l'adaptation aux changements climatiques du Canada fait remarquer que des changements aux infrastructures ou aux procédés de traitement des eaux peuvent être nécessaires pour résoudre les problèmes de goût et d'odeur qui peuvent résulter d'une augmentation de la turbidité ou de la contamination due aux inondations, à l'abondance des précipitations et aux effets hérités des feux de forêt ou de l'augmentation des températures de l'eau (Andrey *et al.*, 2014). Dans certaines régions du nord du Canada, l'augmentation des cycles de gel-dégel pourrait entraîner des blocages de glace dans les prises d'eau et également la réduction de l'efficacité du traitement de l'eau en raison de la température plus basse de l'eau qui doit être traitée (Andrey *et al.*, 2014).

### Qualité de l'eau : réduction des éléments nutritifs

En 2009, l'USEPA a déterminé la lutte contre la pollution des nutriments comme étant le problème principal de la qualité de l'eau du pays, en insistant sur la nécessité de faire des progrès à court terme sur le plan de la réduction des éléments nutritifs grâce au partenariat avec les États. Une politique clé visant à réduire la charge en éléments nutritifs consiste à établir des critères nutritionnels numériques, qui donnent une base des éléments nutritifs pour les permis de rejet, ainsi que des objectifs réalistes pour la planification de la réduction des éléments nutritifs. Le nombre d'États ayant adopté des critères d'éléments nutritifs numériques est passé de 16 à 24 entre 2008 et 2015.

Des progrès plus importants ont été accomplis sur le plan de la santé publique et des aspects environnementaux de la prolifération d'algues nuisibles au Canada et aux États-Unis. En mai 2015, l'USEPA a publié les premières valeurs permettant une protection contre les toxines algales associées à l'eau potable les plus courantes, la microcystine (0,3 microgramme par litre) et la cylindrospermopsine (0,7 microgramme par litre) (USEPA, 2015a). Les États-Unis travaillent maintenant à la mise en œuvre de ces normes pour assurer un approvisionnement sûr en eau potable. L'USEPA prévoit de publier des lignes directrices concernant les activités récréatives en 2016. Le Canada a établi des lignes

directrices sur la microcystine dans l'eau potable depuis 2008, mais en 2015, Santé Canada a mis à jour ses conseils sur la microcystine de façon à recommander qu'une autre source d'eau potable soit utilisée pour faire du lait maternisé si une prolifération d'algues ou de microcystines est détectée dans l'approvisionnement en eau, même si les niveaux sont conformes aux Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada (Santé Canada, 2015).

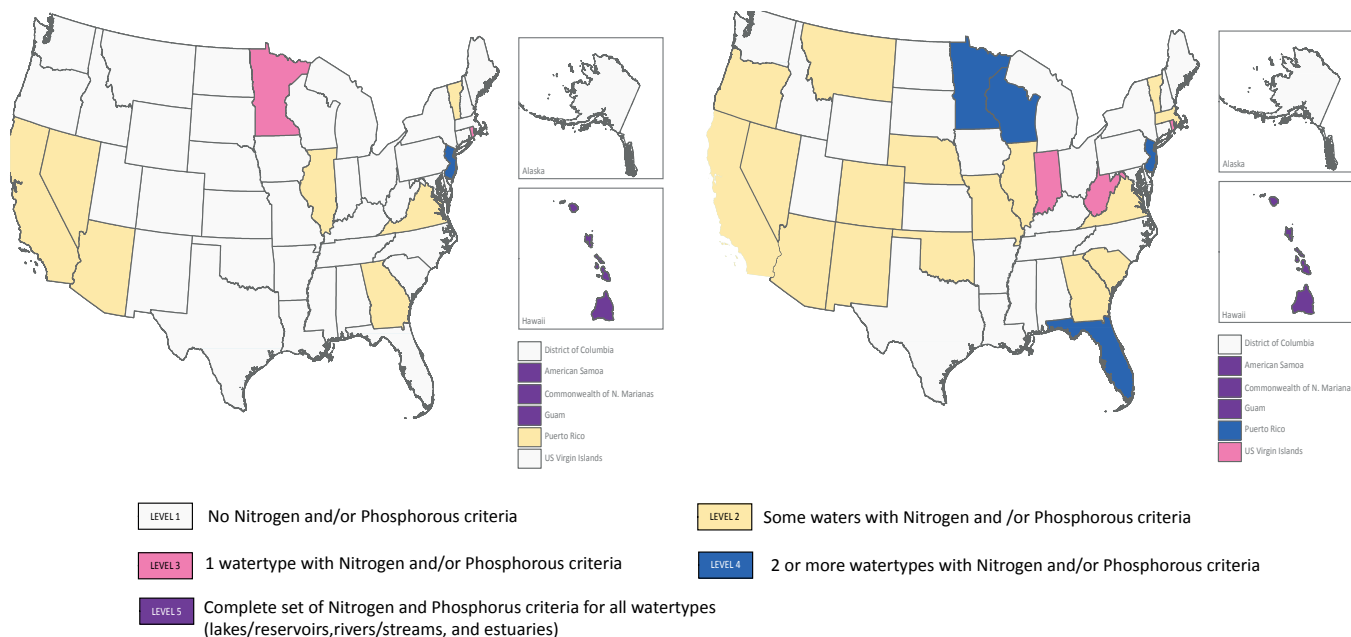
### Qualité de l'eau : les microbilles

Les gouvernements et les fabricants nord-américains commencent à prendre des mesures de précaution contre certains contaminants préoccupants comme les microbilles. Plusieurs juridictions infranationales en Amérique du Nord, y compris sept États américains (Illinois, Colorado, Connecticut, New Jersey, Maine, Maryland et Wisconsin) ont récemment réglementé ou interdit les microbilles (Rochman *et al.*, 2015). Les États-Unis ont adopté une loi fédérale, en 2015, qui interdira la production de produits de soins personnels contenant des microbilles, à compter de 2017. Au Canada, la province de l'Ontario a pris des mesures pour limiter l'utilisation de microbilles dans les produits de soins personnels (Ontario, 2015) tandis que le gouvernement fédéral a déclaré les microbilles comme étant toxiques en 2015 (Environnement Canada, 2015a) et il est en train d'élaborer des règlements qui permettraient d'éliminer l'utilisation de microbilles dans les produits de soins personnels (Environnement Canada, 2015b).

### Qualité de l'eau : sources diffuses

Des projets de neutralisation des sources diffuses continuent d'être mis en œuvre volontairement par des propriétaires fonciers qui désirent coopérer et qui utilisent des fonds offerts par une variété de programmes étatiques et fédéraux. En 2015, l'USEPA a octroyé 158 millions de dollars à des projets de neutralisation des sources diffuses, soit une baisse des dépenses annuelles de 21 % depuis 2010 (USEPA, 2015g). Ces efforts ont abouti à des réussites notables dans de nombreuses régions du pays (USEPA, 2015h). La plupart des États ont des fonds réservés aux projets de neutralisation

Figure 3.2.7 : Établissement par État de critères numériques pour la pollution par l'azote et le phosphore, de 1998 à 2016



Source : extrait adapté de Mankin *et al.*, 2015

des sources diffuses qui correspondent aux fonds fédéraux octroyés dans le cadre du programme fédéral visé par l'article 319 de la *Clean Water Act*. L'État du Minnesota a suscité l'envie du pays quand il a créé un fonds pour l'assainissement de l'eau grâce à une répartition de la taxe de vente en 2008 d'une valeur de plusieurs dizaines de millions de dollars par an (environ 56 millions de dollars pour l'exercice 2014-2015). Ces contributions au fonds ont permis au Minnesota de réaliser une mise en œuvre généralisée des projets de neutralisation des sources diffuses à travers l'État (Minnesota Pollution Control Agency, 2015).

Malgré ces efforts, le contrôle des sources diffuses reste limité à des mesures qui sont mises en œuvre de manière volontaire et qui sont assorties d'incitatifs grâce à des fonds fédéraux et étatiques. Le paradigme, selon lequel

la pollution diffuse ne peut pas être réglementée en vertu de la loi fédérale *Clean Water Act*, est remis en question pour la première fois par la Ville de Des Moines, en Iowa. Le Département des services publics a déposé une plainte contre plusieurs districts de drainage agricole en amont qui rejettent de grandes quantités d'azote dans les cours d'eau au moyen de systèmes de drainage souterrain. La Ville de Des Moines affirme que l'évacuation de l'eau par des conduits de drainage n'est pas différente des sources ponctuelles réglementées, y compris les eaux usées et les eaux pluviales qui rejettent des polluants dans les ruisseaux et les rivières. Après des années passées à essayer de protéger l'eau potable des résidents de Des Moines et de ses environs contre les contaminants provenant de fermes en amont, l'Office des eaux de Des Moines poursuit actuellement trois comtés. La poursuite vise à tenir les trois comtés responsables des

concentrations élevées de nitrates dans la rivière Raccoon, qui constitue une source d'eau principale de Des Moines.

Les nourrissons de moins de six mois sont particulièrement à risque de tomber gravement malades à cause des concentrations élevées de nitrates. Des districts de drainage ont été établis pour aider à déplacer l'eau hors des champs agricoles afin que ceux-ci puissent être plus productifs. Le nord de l'Iowa possède les terres agricoles les plus drainées du pays, estimées à 9 millions d'acres. Dans les comtés ciblés, on fait l'élevage d'environ 1,2 million de porcs, de plus d'un million de dindes et de 96 000 vaches, selon les statistiques du Département de l'agriculture des États-Unis. Le fumier et les engrais sont riches en azote et peuvent contaminer les rivières et les cours d'eau sous forme de nitrates. L'Office des eaux affirme que l'eau est polluée à cause de l'agriculture, qui devrait être considérée comme étant une source ponctuelle tout comme une usine.

Le ruissellement agricole est désormais exempté du *Clean Water Act*. Le Département des services publics veut que les districts de drainage – et, indirectement, les agriculteurs – soient tenus de répondre aux normes fédérales de l'eau potable, tout comme celles qui régissent les usines, les villes et les autres responsables d'une « source ponctuelle » qui déversent des polluants. L'USEPA a fixé une limite de sécurité de 10 milligrammes par litre pour les systèmes urbains d'approvisionnement en eau. Des analyses récentes de l'eau de la rivière Raccoon ont révélé des concentrations de 14 mg/L. L'eau traitée distribuée par l'Office des eaux présentait des niveaux d'un peu moins de 8 mg/L, en raison de l'équipement coûteux qui élimine les nitrates. Le Département des services publics dit qu'il a du mal à respecter les limites fédérales des concentrations de nitrates dans l'eau potable. Cet hiver, il a dépensé 540 000 dollars américains pour faire fonctionner l'équipement permettant d'éliminer les nitrates.

Il s'agit d'un exemple de la façon dont les règlements existants sont utilisés à des fins différentes de celles du passé. Si l'action en justice se solde par une victoire, cela pourrait avoir une incidence sur la portée du *Clean Water Act* et sur la

capacité des États à prendre des mesures de réglementation importantes pour contrôler les sources diffuses (Eller, 2015a et b; Schneider, 2015).

Des approches novatrices ont été lancées dans le secteur privé pour encourager une utilisation plus efficace des éléments nutritifs dans l'agriculture, mais il est trop tôt pour évaluer les retombées de ces efforts. Par exemple, Field To Market®, une alliance des institutions des secteurs public et privé, a produit une calculatrice Fieldprint® qui aide les agriculteurs à visualiser et à évaluer la façon dont l'utilisation efficace des nutriments et les effets environnementaux des pertes d'éléments nutritifs fluctuent en fonction de diverses décisions de gestion (Field to Market, 2015). Conçue comme un outil facile à utiliser, elle permet également aux agriculteurs de comparer leur rendement par rapport aux moyennes locales, étatiques et nationales établies à l'aide de données accessibles au public. Depuis environ 2003, le Canada a entrepris plusieurs initiatives gouvernementales fédérales pour promouvoir l'adoption de pratiques de gestion bénéfiques (PGB) dans les zones agricoles; environ 30 PGB différentes sont généralement admissibles à un financement. L'évaluation de ces PGB est en cours (Conseil des académies canadiennes, 2013). Une gestion efficace des bassins versants pour contrôler les sources diffuses nécessite une meilleure intégration des politiques et de la gestion de la qualité et de la quantité de l'eau ainsi que des écosystèmes dans le cadre des PGB. Cet objectif sera atteint grâce à une meilleure intégration des organismes, des outils et des mandats qui prévoient une évaluation complète des coûts et des avantages.

### Échange de crédits de qualité de l'eau

L'échange de crédits de qualité de l'eau est une autre approche tendancielle à l'égard de la réalisation des objectifs relatifs à la qualité de l'eau selon des principes axés sur le marché. Tout comme les programmes de plafonnement et d'échange utilisés pour réduire les émissions atmosphériques dans les années 1990, l'échange de crédits de qualité de l'eau a également permis de négocier des réductions de pollution égales ou supérieures à celles des sources non réglementées.

Bien que l'échange de crédits ait été autorisé en vertu du *Clean Water Act* pendant un certain temps, il y a de plus en plus d'exemples de programmes d'échange de crédits bien établis et surveillés aux États-Unis. Le National Network on Water Quality Trading (réseau national d'échange de crédits de qualité de l'eau) met l'accent, depuis 2013, sur le rassemblement de groupes multipartites pour promouvoir des programmes d'échange de crédits qui sont crédibles, transparents et dont l'excellence ne se dément pas. En 2015, le National Network on Water Quality a publié des options et des recommandations pour l'échange de crédits de qualité de l'eau entre les sources ponctuelles et diffuses dans le contexte des États-Unis (Willamette Partnership *et al.*, 2015).

## Réponses à la sécheresse et à la rareté de l'eau

### Rationnement de l'eau

Bien qu'il existe des exemples de restrictions de l'utilisation de l'eau dans la région, l'exemple récent le plus dramatique du rationnement de l'eau a été l'*Emergency Conservation Regulation* (règlement sur les activités urgentes de préservation de l'environnement) mis en œuvre lorsque le gouverneur de la Californie, Jerry Brown, a émis un décret en avril 2015 ordonnant au State Water Board (office des eaux de l'État) d'imposer une réduction de 25 % de la consommation urbaine d'eau potable à l'échelle de l'État en février 2016 (CAWB, 2015).

La gestion efficace de l'eau est une notion à plusieurs facettes qui vise généralement à augmenter la productivité de l'eau de sorte qu'on puisse obtenir plus de valeur par volume d'eau utilisé. Les aspects d'une gestion efficace comprennent l'efficacité productive, l'efficacité en matière d'allocation, l'efficacité technique et l'efficacité de la gestion tout au long du cycle de vie (PNUE, 2013). Il est important d'examiner l'efficacité de l'utilisation de l'eau à l'échelle d'un bassin tout en reconnaissant plusieurs secteurs ainsi que le cycle complet de l'eau.

### Dessalement

Compte tenu de la diminution de l'approvisionnement en eau de surface et souterraine, le dessalement est encouragé dans certaines régions des États-Unis. Par exemple, la Californie se tourne vers le dessalement comme une solution. L'usine de dessalement de Carlsbad sera la plus grande de l'hémisphère occidental. Elle occupe une partie en bordure de l'océan du site de 388 acres de la centrale électrique d'Encina, qui fonctionne au pétrole et au gaz naturel, rejetant ainsi des émissions et nécessitant une grande lagune afin de retenir l'eau de mer pour le refroidissement et pour recevoir des effluents. L'usine de dessalement adjacente utilisera un procédé d'osmose inverse pour l'eau de refroidissement de la centrale électrique qui sera traitée et pompée sous pression à travers des membranes pour éliminer le sel et d'autres impuretés microscopiques. Cette association permet à la nouvelle usine de partager les conduites d'eau de la centrale électrique, ce qui réduit les coûts et les incidences sur la vie marine (Little, 2015). Construite en collaboration avec la San Diego County Water Authority et Poseidon, un promoteur privé d'infrastructures hydrauliques, l'usine en est à ses débuts. Près d'un dixième de l'approvisionnement en eau total du comté de San Diego proviendra de cette installation. Une centaine de millions de gallons d'eau de mer seront pompés quotidiennement par cette usine; la moitié deviendra de l'eau potable, l'autre moitié sera refoulée vers l'océan sous forme de saumure, portant le sel retiré. Poséidon envisage de construire une autre usine de dessalement de cinquante millions de gallons par jour à Huntington Beach, qui desservira la région de Los Angeles. Quatorze autres usines de tailles moyenne et grande ont été proposées le long de la côte de l'État. Une usine de Santa Barbara, en Californie, qui n'avait pas été utilisée pendant plus de deux décennies, devrait être rénovée et ouverte. La raison pour laquelle elle n'avait pas été utilisée au départ est que la sécheresse qui avait motivé sa construction a pris fin et la pénurie d'eau a diminué. La question reste de savoir si la sécheresse actuelle prendra fin et rendra l'usine de Carlsbad inutile, ou si la sécheresse actuelle est liée à l'aggravation des changements climatiques (Little, 2015).

La plupart des nouvelles usines, y compris celle de Carlsbad, utilisent le procédé d'osmose inverse, qui élimine le sel et nécessite une énorme pression pour pousser l'eau salée à travers le filtre (National Research Council, 2008).

Il y a une certaine opposition au dessalement, fondée en partie sur ses énormes besoins en énergie. Cependant, les progrès de la technologie de l'osmose inverse ont réduit la quantité d'énergie utilisée dans le cadre du dessalement d'environ la moitié au cours des deux dernières décennies. En outre, la quasi-totalité de l'eau douce consommée par les vingt-deux millions d'habitants de la Californie du Sud est importée, en grande partie pompée sur de longues distances depuis la Californie du Nord, ce qui nécessite également une énergie importante. La Californie du Sud reçoit également de l'eau douce en provenance du fleuve Colorado, le cours d'eau qui alimente six autres États américains et le Mexique. Au nombre des autres préoccupations environnementales, mentionnons les incidences sur les organismes marins et l'entraînement d'organismes marins dans le flux d'eau entrant mais, puisque l'usine de Carlsbad se situe au même endroit qu'une centrale électrique existante, les autres incidences sont réduites au minimum. À l'autre extrémité, le sel extrait de l'eau de mer forme une saumure lourde qui est pompée dans l'océan et peut influencer sur la physiologie, le développement et le comportement des organismes marins, ce qui pourrait déstabiliser l'écologie autour des points de déversement (Jenkins *et al.*, 2012). Bien que la saumure soit pulvérisée vers le haut, car elle est plus dense que l'eau, la plus grande partie de celle-ci se dépose au fond, ce qui nuit aux organismes benthiques.

### Réutilisation de l'eau

Dans le cadre du cycle naturel de l'eau, la terre réutilise sans cesse l'eau. Plus récemment, on a utilisé la technologie pour accélérer les processus naturels. De plus en plus, les collectivités étudient les moyens de réutiliser profitablement l'eau avant qu'elle ne reprenne son cycle naturel. La réutilisation de l'eau se fait le plus souvent à des fins non potables, comme l'agriculture, le paysage et l'irrigation des parcs. D'autres utilisations comprennent l'eau

de refroidissement pour les centrales électriques, les eaux de procédé industriel et l'amélioration des lacs naturels ou artificiels et des milieux humides. Certains projets utilisent l'eau recyclée indirectement à des fins potables comme la recharge des aquifères d'eau souterraine et l'augmentation des réservoirs d'eau de surface avec de l'eau recyclée (USEPA, 2016c). Ces utilisations deviennent plus urgentes en période de sécheresse. En plus de fournir un approvisionnement en eau fiable et contrôlé localement, la réutilisation de l'eau peut offrir d'autres avantages environnementaux en réduisant le détournement de l'eau des écosystèmes sensibles, les rejets d'eaux usées et la pollution. Cependant, dans les réseaux hydrographiques auxquels on a attribué plus de droits d'eau, la réutilisation de l'eau peut parfois entraîner une baisse des débits des cours d'eau (Sacbee, 2016).

### Gouvernance des eaux souterraines

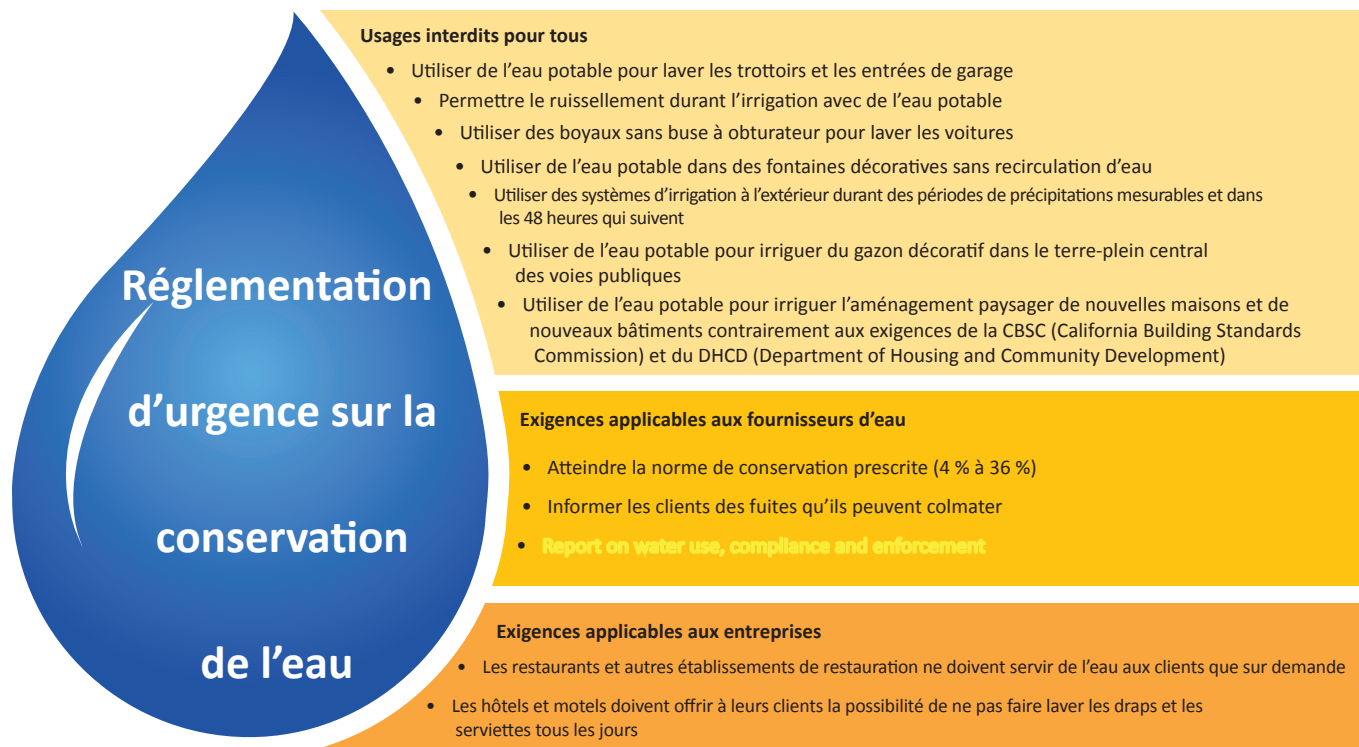
La gouvernance des eaux souterraines en Amérique du Nord est décentralisée et très variable. Aux États-Unis, la dépendance des États à l'égard des eaux souterraines varie en fonction des retraits d'environ 5 % (Virginie-Occidentale, Virginie, Connecticut et Montana) à 95 % (Hawaii), tandis que les États occidentaux comptent généralement davantage sur les eaux souterraines (Megdal *et al.*, 2015). Il y a aussi de grandes variations dans les cadres juridiques liés, par exemple, à la reconnaissance de la connectivité entre les eaux de surface et les eaux souterraines, et la protection de la qualité des eaux souterraines (Megdal *et al.*, 2015).

Toutefois, une étude récente menée par des représentants d'État a indiqué qu'en dépit de ces variations sur le plan de la gouvernance des eaux souterraines, les priorités communes comprennent la qualité de l'eau, les conflits liés à l'eau et la baisse des niveaux d'eau (Megdal *et al.*, 2015).

De même au Canada, la gouvernance des eaux souterraines reste en partie incertaine en raison de la compétence décentralisée et fragmentée entre la qualité et la quantité de l'eau, les eaux de surface et les eaux souterraines, ainsi que d'un manque de clarté sur la répartition des responsabilités entre les ordres de gouvernement (fédéraux, provinciaux-



Figure 3.2.8 : Résumé des mesures réglementaires d'urgence sur la conservation de l'eau en Californie



Source : CAWB, 2015

territoriaux et municipaux) en ce qui concerne les eaux souterraines particulièrement (CAC, 2009).

En outre, les organisations qui tiennent un rôle dans la gestion des eaux ne mettent pas en œuvre des programmes semblables de rapports sur la qualité des eaux souterraines comme elles le font pour les eaux de surface (Rivera, 2015). Cependant, il y a des signes indiquant que les eaux souterraines gagnent en importance, à l'échelle internationale (par exemple, à ce jour, dix aquifères transfrontaliers partagés entre le Canada et les États-Unis ont été désignés dans le cadre de l'Initiative sur la gestion des ressources des aquifères transnationaux (ISARM) de

l'UNESCO; la Commission mixte internationale a publié un rapport sur les eaux souterraines dans le bassin des Grands Lacs en 2010) et dans plusieurs provinces et États (Rivera, 2015).

### 3.2.5 Déchets

En Amérique du Nord, la réduction efficace des déchets est en grande partie attribuable aux politiques et aux lois de concert avec des technologies et des mesures économiques adéquates. L'approche nord-américaine à l'égard de la gestion des déchets a évolué au fil des ans, passant du déversement de déchets solides à ciel ouvert à la gestion

intégrée des déchets dans le cadre d'une transition vers des approches globales et proactives (Hettiaratchi, 2007).

Tous les paliers de gouvernement au Canada, principalement par l'entremise du Conseil canadien des ministres de l'environnement et de la Fédération canadienne des municipalités, travaillent ensemble pour améliorer la gestion des déchets. En octobre 2009, les ministres fédéral, provinciaux et territoriaux responsables de l'environnement ont approuvé un plan d'action pancanadien pour la responsabilité élargie des producteurs (PAP-REP) visant à détourner des produits des sites d'enfouissement et à augmenter le recyclage (CCME, 2009). La REP fait passer le fardeau d'acheminement et du recyclage des contribuables en général aux fabricants, importateurs, détaillants et consommateurs de ces produits. Grâce au PAP-REP, les instances gouvernementales se sont engagées à élaborer des lois ou des règlements relatifs à la REP et à promouvoir une approche harmonisée à l'égard des programmes et des politiques de REP. Tous les gouvernements provinciaux et territoriaux ont des programmes de REP ou de gestion des produits obligatoires ou volontaires, en place ou en cours d'élaboration, pour une vaste gamme de produits, y compris les emballages, les documents imprimés, les appareils électroniques et les équipements électriques, les huiles usagées et les pneus. Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux appuient la vision partagée de la gestion des déchets adoptée par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) en 2014 pour faire du Canada un chef de file mondial en matière de gestion des déchets (CCME, 2016).

Depuis 2006, la politique d'approvisionnement écologique du Canada a pour but de réduire les répercussions des activités du gouvernement sur l'environnement et de soutenir le développement durable en intégrant des facteurs de performance environnementale au processus de prise de décisions relatives aux achats, y compris : la réduction des déchets dangereux et des produits et substances chimiques toxiques et dangereuses; la promotion de la réutilisation et du recyclage; la promotion d'une planification plus

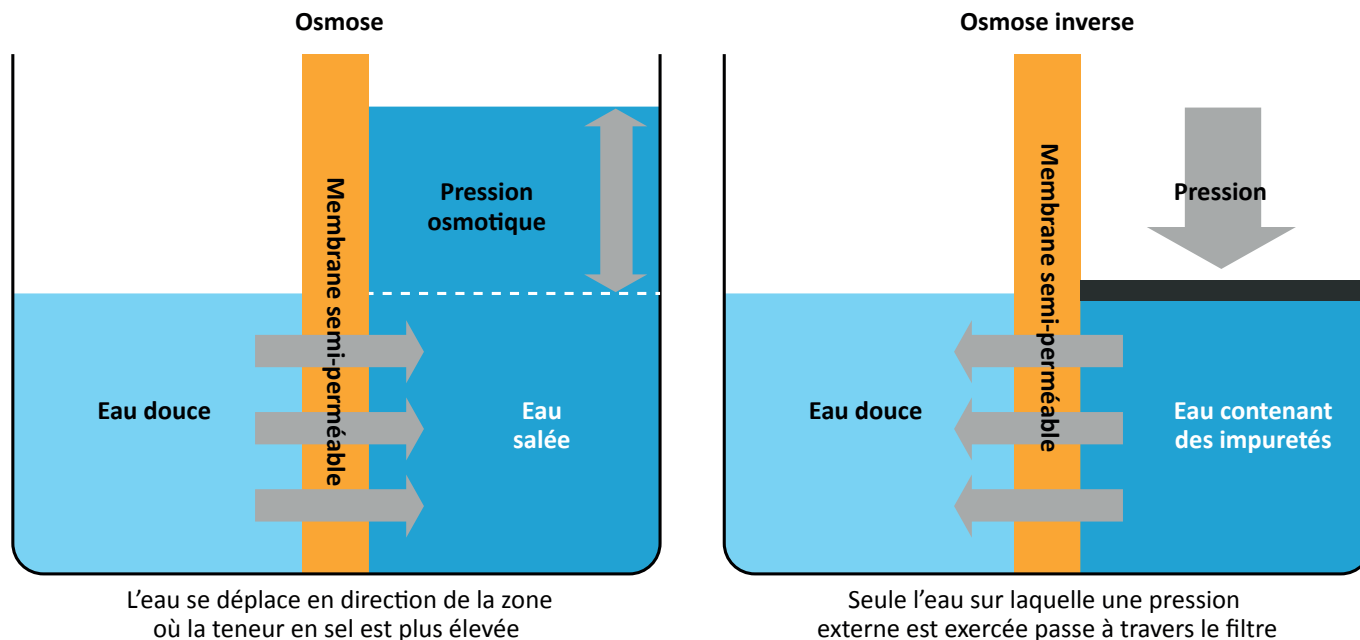
respectueuse de l'environnement, les pratiques en matière d'acquisition, d'utilisation et d'élimination de produits au sein du gouvernement fédéral; la promotion de milieux de travail plus sains grâce à l'achat de biens et de services respectueux de l'environnement (Gouvernement du Canada, 2016).

Bien que de nombreuses municipalités du Canada aient imposé des interdictions d'enfouissement pour améliorer le réacheminement des déchets, deux provinces (l'Île-du-Prince-Édouard et la Nouvelle-Écosse) ont imposé des interdictions d'enfouissement de certaines matières à l'échelle provinciale, y compris une longue liste de matières recyclables et organiques (nourriture, feuilles et déchets de jardin) des secteurs résidentiels, industriels, commerciaux et institutionnels (Giroux Environmental Consulting, 2014).

Les États-Unis ont également un portefeuille diversifié d'instruments de politique pour gérer les déchets d'une manière durable. Quelques exemples qui ont été mis en évidence comprennent l'approvisionnement écologique, les systèmes d'utilisateur-payeur, les interdictions d'élimination, les crédits de carbone et le traitement des déchets alimentaires (USEPA, 2015e). Le *Resources Conservation and Recovery Act* (RCRA), loi sur la conservation et la récupération des ressources, promulguée en 1976, est la loi fédérale principale des États-Unis en matière d'élimination des déchets solides et dangereux (Andersen, 1978; Stander et Théodore, 2006; USEPA, 2015i). L'objectif général de la RCRA est de réduire les déchets, d'économiser l'énergie et les ressources naturelles, et de protéger l'environnement et la santé humaine contre les risques d'élimination des déchets.

Aux États-Unis, le coût de gestion des déchets solides des ménages est couvert par les impôts, ce qui garantit le service à pratiquement tous les citoyens. Cependant, il peut y avoir une externalité négative sous forme d'un surcroît de déchets si le service est perçu comme étant gratuit. Le concept de l'utilisateur-payeur ou des frais d'utilisation est une solution qui consiste à imposer des frais variables aux propriétaires pour la collecte et l'élimination des déchets solides en fonction de leur utilisation du service – cette démarche

Figure 3.2.9 : Mécanisme d'osmose et d'osmose inverse



Source : Hitachi, 2016

est connue sous le nom de « pay-as-you-throw » (payez en fonction de ce que vous jetez). Ce système rend le coût des déchets plus visibles et mieux ciblés de manière à inciter les propriétaires à réduire leur production de déchets (FCM, 2004).

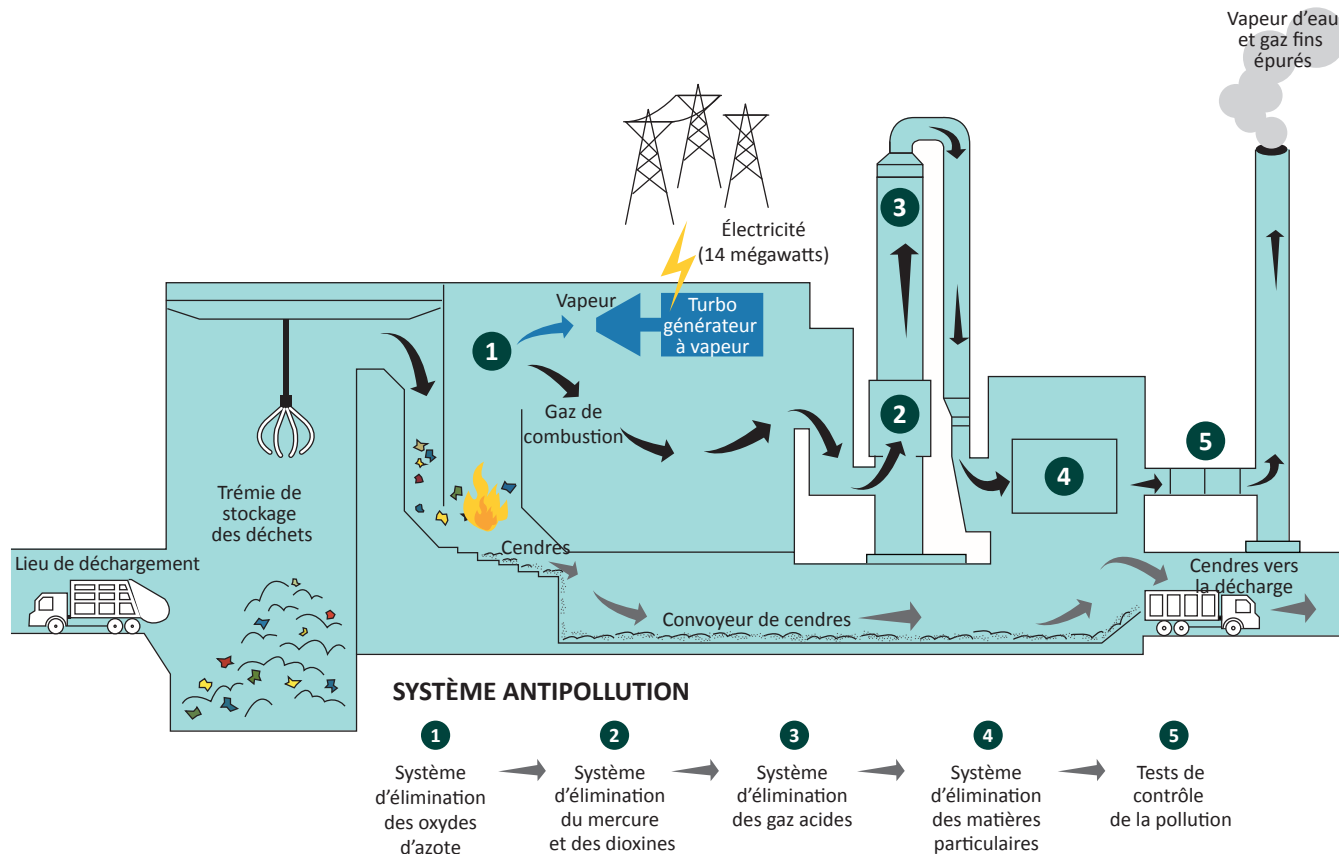
À l'heure actuelle, on estime que plus de 97 % des déchets alimentaires sont jetés dans des sites d'enfouissement. Un nombre croissant de politiques et de programmes à l'échelle nationale et locale montre l'intérêt pour la réutilisation et le compostage des déchets alimentaires. Les programmes de collecte de résidus organiques triés à la source (ROTS) séparent les matières compostables organiques d'autres types de déchets afin de produire de l'énergie renouvelable et du compost par traitement aérobie ou anaérobie (Levis et al., 2010).

### Transformation des déchets en énergie

Les installations de transformation des déchets en énergie – également appelées installations de valorisation énergétique des déchets – offrent une autre option de gestion des déchets solides qui réduit les émissions de GES des centrales électriques et des sites d'enfouissement, et génèrent de l'électricité pouvant ensuite être vendue aux services publics et distribuée aux consommateurs résidentiels, commerciaux et industriels (Kasper, 2013; **figure 3.2.10**).

Les déchets posent toujours un problème complexe en Amérique du Nord – en particulier aux États-Unis et le passage à une politique de « zéro déchet » exigera des changements importants dans les programmes municipaux et étatiques pour gérer les déchets, de nouveaux investissements dans la construction d'installations de traitement des déchets et

Figure 3.2.10 : Schéma d'une usine de transformation des déchets en énergie



Source : Ecomaine, 2016

des changements importants dans le comportement des consommateurs à l'échelle des ménages et des entreprises. Les programmes cités constituent tous des mesures positives mais, pour l'heure, ils n'ont pas l'envergure nécessaire pour établir s'ils permettraient de s'attaquer à l'ampleur du problème.

## Déchets dangereux

En 1980, le Congrès américain a adopté le *Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act*

(CERCLA). Plus communément appelé *Superfund*, le CERCLA autorise l'USEPA à déterminer, hiérarchiser et nettoyer les sites de déchets dangereux non contrôlés. Les sites jugés les plus menaçants pour les collectivités adjacentes et l'environnement sont ajoutés à la National Priority List (NPL), qui est en substance la liste des priorités nationales sur le plan des rejets connus ou éventuels de substances dangereuses, de polluants ou de contaminants aux États-Unis et dans ses territoires (USEPA, 2016d). Les sites inscrits sur la NPL sont admissibles au financement fédéral, par l'entremise du Superfund, pour les activités de nettoyage.



© WFBF 2011

Le cartographe du programme de recherche Superfund de l'Université Columbia, « NPL Superfund Footprint: Site, Population, and Environmental Characteristics » est un outil en ligne interactif qui permet en substance de mieux visualiser et comprendre les caractéristiques des populations vulnérables et des milieux bâtis et naturels, ainsi que les expositions environnementales à proximité des sites inscrits sur la liste des priorités nationales afin d'éclairer la prise de décisions et d'aider à améliorer l'évaluation des sites Superfund pour répondre plus efficacement aux préoccupations connexes en matière de salubrité de l'environnement (figure 3.2.11).

Le CERCLA autorise l'USEPA à tenir les parties privées et fédérales responsables du nettoyage ou du remboursement à l'Agence quand elles font appel au financement fédéral, par l'entremise du Superfund, pour effectuer le nettoyage. L'exécution du programme Superfund est fondée sur le principe du « pollueur-payeur », qui exige que la partie responsable de la contamination paye pour le nettoyage. Depuis 1980, l'USEPA a obtenu des engagements de plus de 35,1 milliards de dollars américains de la part de parties potentiellement responsables du nettoyage des contaminants dans le cadre du programme Superfund (USEPA, 2015j). Les limites, les inégalités et les échecs de la

mise en œuvre et de l'exécution du programme Superfund ont été examinés dans un rapport préparé par Daley et Layton (2004) et O'Neil (2007).

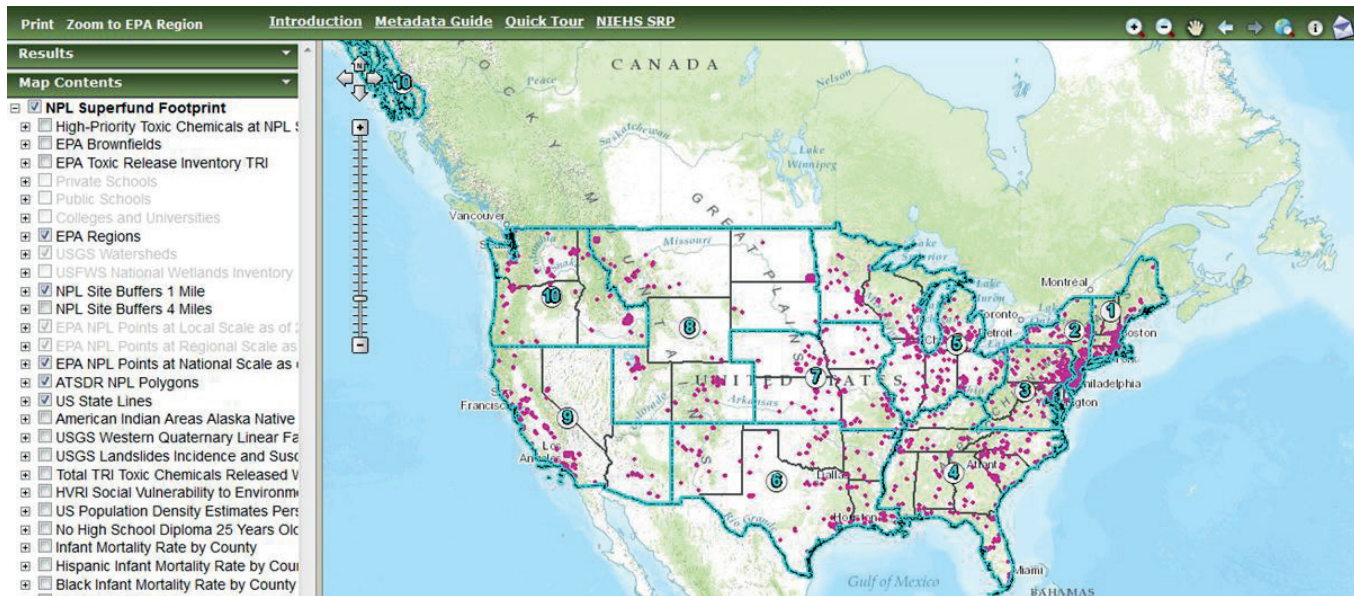
En vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, 1999 (CEPA 1999), le gouvernement du Canada réglemente l'utilisation des substances chimiques dans les produits. Environnement et Changement climatique Canada contrôle les mouvements internationaux et interprovinciaux des déchets dangereux et des matières recyclables dangereuses. Semblable au Superfund des États-Unis, le Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux (PASCFC) a été créé en 2005 afin de réduire les risques pour la santé humaine et l'environnement des sites contaminés connus. Au cours de la phase 1 (2005 à 2011), les ministères et organismes fédéraux ont achevé des activités d'assainissement à 650 sites et des activités d'évaluation à 6 400 sites. L'objectif de la phase II (2011 à 2016) était de poursuivre ce travail et d'assainir les sites hautement prioritaires. Au cours de la phase I, le programme a totalisé 1,6 milliard de dollars américains, dont 1,3 milliard de dollars américains pour les activités d'assainissement, et on estime que 13 000 emplois ont été créés (Gouvernement du Canada, 2014A).

### 3.2.6 Adaptation aux changements climatiques

Les effets des changements climatiques causés par l'homme sont en augmentation à l'échelle nationale (Mellilo *et al.*, 2014). Ces effets se font sentir sur notre géographie, notre santé, nos moyens de subsistance et notre sécurité. La probabilité que ces effets continuent d'empirer fait de cette question une priorité pour la région. En décembre 2015, la COP21, également connu sous le nom de Conférence de Paris sur le climat de 2015, visait à parvenir à un accord juridiquement contraignant et universel sur le climat, dans le but de maintenir le réchauffement de la planète en dessous de 2 °C. Le Canada et les États-Unis ont un rôle important sur le plan de la réduction des émissions. Les deux pays ont pris part aux négociations de Paris, et l'étape suivante de la mise en œuvre sera cruciale.



Figure 3.2.11 : Cartographie du programme de recherche Superfund de l'Université de Columbia, « NPL Superfund Footprint: Site, Population, and Environmental Characteristics »



Source : CIESIN, 2016

Le Canada adopte une approche ferme à l'égard de la question des changements climatiques. Le gouvernement du Canada envisage de fixer des objectifs ambitieux et d'assurer un leadership national en se joignant aux provinces et aux territoires afin de réduire la pollution par le carbone et de mettre un prix sur le carbone. Afin de protéger les collectivités du Canada et de faire croître l'économie, la stratégie du Canada consiste à faire des investissements importants dans les infrastructures écologiques et les technologies non polluantes. Cet engagement comprend l'élimination des subventions à l'industrie des combustibles fossiles et la création d'un fonds pour une économie à faibles émissions de carbone permettant de financer des projets qui réduisent le carbone (Environnement et Changement climatique Canada, 2016).

Il y a eu plus d'activité sur l'adaptation aux changements climatiques aux États-Unis. Par exemple, le plan d'action sur

les changements climatiques du président de 2013 a établi le bien-fondé des mesures et a présenté une grande variété de mesures visant à réduire la pollution par le carbone, préparer les États-Unis aux effets des changements climatiques et mener les efforts internationaux pour lutter contre les changements climatiques mondiaux et se préparer à ses répercussions. Grâce à une abondance de solutions d'énergie propre, l'objectif est de doubler la production d'électricité renouvelable d'ici 2020. L'administration Obama, en partenariat avec les États, les collectivités locales et le secteur privé, s'est engagée à atteindre cet objectif (Maison-Blanche, 2013).

Pour atteindre les objectifs de la conférence de Paris, il sera nécessaire de garder le secteur privé mobilisé sur la question de l'adaptation au climat. Le secteur privé était visible et actif à la COP21 où les PDG des grandes industries ont pris leurs propres engagements de réduire leur bilan carbone, de s'engager dans

la gestion durable des ressources et d'adopter les énergies renouvelables (SFI, 2015). Le secteur privé évolue rapidement et il est en mesure d'innover rapidement et de produire de nouvelles technologies pour lutter contre les changements climatiques. Des décisions clés des gouvernements et des entreprises des deux pays seront nécessaires pour veiller à ce que l'Accord de Paris entre en vigueur rapidement et soit pleinement mis en œuvre.

Les sections suivantes portent sur d'autres progrès en matière d'adaptation aux changements climatiques aux États-Unis et au Canada.

### Adaptation aux changements climatiques aux États-Unis

En 2010, le Groupe d'experts sur l'adaptation aux effets des changements climatiques du Conseil national de recherche des États-Unis a produit une liste exhaustive de 314 mesures d'adaptation à certains effets du climat dans sept secteurs : l'agriculture et la foresterie, les zones côtières, les écosystèmes, l'énergie, la santé, le transport et les ressources en eau (NRC, 2010).

Un récent rapport intitulé *A comprehensive review of climate adaptation in the United States: more than before, but less than needed* (un examen approfondi de l'adaptation climatique aux États-Unis : plus qu'avant, mais moins qu'il faut) porte sur les activités d'adaptation existantes et prévues des gouvernements fédéral, autochtones, étatiques et locaux, et du secteur privé aux États-Unis (Bierbaum *et al.*, 2013). L'examen portait principalement sur des documents officiellement soumis pour examen dans le cadre de l'évaluation nationale du climat de 2013 des États-Unis ainsi que des documents supplémentaires examinés par les pairs et de la littérature grise. Bien qu'une planification importante de l'adaptation existe dans divers secteurs, ordres de gouvernement et dans le secteur privé, peu de mesures ont été mises en œuvre et encore moins ont été évaluées. À ce jour, la plupart des mesures d'adaptation semblent induire des changements graduels plutôt qu'une transformation (Bierbaum *et al.*, 2013).

Ainsi, l'adaptation aux changements climatiques aux États-Unis se trouve à un stade précoce. Le gouvernement fédéral commence à mettre en place les institutions et les pratiques nécessaires pour faire face aux changements climatiques, y compris des centres climatologiques régionaux au sein du ministère de l'Agriculture, de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) et du ministère de l'Intérieur des États-Unis. Les approches comprennent des efforts visant à limiter les contraintes institutionnelles actuelles nuisant à une adaptation efficace, le financement de projets pilotes et la communication de renseignements utiles et utilisables sur l'adaptation, y compris la diffusion de pratiques exemplaires et la contribution à la mise au point d'outils et de techniques permettant d'évaluer les mesures d'adaptation efficaces (Bierbaum *et al.*, 2014).

En 2013, le président Obama a créé le State, Local, and Tribal Leaders Task Force on Climate Preparedness and Resilience (groupe de travail des chefs étatiques, locaux et tribaux sur la préparation et la résilience au climat) pour offrir à son administration des recommandations sur la façon dont le gouvernement fédéral pourrait répondre aux besoins des collectivités à l'échelle nationale. En 2015, l'administration américaine a donné suite aux recommandations du groupe de travail (Maison-Blanche, 2015).

Trois stratégies d'adaptation nationales intersectorielles ont été élaborées en mettant l'accent sur l'intégration des efforts fédéraux à ceux des groupes étatiques, locaux et tribaux en matière d'adaptation dans des secteurs clés :

**National Action Plan: Priorities for Managing Freshwater Resources in a Changing Climate.** Ce plan d'action national sur les priorités de la gestion des ressources en eau douce dans un climat en évolution décrit les principaux risques liés aux changements climatiques qui se posent à la gestion des ressources en eau douce et résume les activités actuelles de l'organisme fédéral qui visent à réduire ces risques (ICCATF, 2011).

**National Fish, Wildlife and Plants Climate Adaptation Strategy** : Cette stratégie nationale pour l'adaptation au climat des poissons, de la faune et de la flore met l'accent sur la préparation aux répercussions les plus graves des changements climatiques et des facteurs de stress non climatiques connexes sur les poissons, la faune et la flore, et la réduction de ces répercussions. Elle privilégie l'examen des répercussions sur lesquelles il existe suffisamment de renseignements pour recommander des mesures sensées pouvant être prises ou mises en œuvre au cours des cinq à dix prochaines années en fonction des prévisions relatives aux changements climatiques, et ce, jusqu'à la fin du siècle actuel. En outre, cette stratégie cerne les lacunes dans les connaissances, la technologie, l'information et la gouvernance qui gênent l'efficacité des mesures (NFWPCAP, 2012).

**National Ocean Policy Implementation Plan** : Ce plan de mise en œuvre de la politique nationale relative aux océans répond à la nécessité d'adopter un cadre réglementaire pour gérer les ressources marines importantes aux États-Unis à la lumière de problèmes tels que la gouvernance des océans et les conflits croissants liés à l'usage des espaces marins. Le 19 juillet 2010, le président Obama a signé le décret 13 547 pour créer une politique nationale sur les océans pour les États-Unis. Un plan de mise en œuvre ultérieur, publié en 2013, a établi des centaines d'actions à mener entre 2013 et 2025 pour s'attaquer à des questions économiques, communautaires, scientifiques, et autres. Toutefois, les progrès relatifs à la mise en œuvre de ce plan semblent se trouver au point mort (Torres *et al.*, 2015).

## Adaptation aux changements climatiques au Canada

En 2006, le commissaire à l'environnement et au développement durable (CEDD), haut fonctionnaire du Parlement ayant le mandat d'examiner la performance environnementale du gouvernement fédéral, a publié un rapport d'audit au sujet de l'adaptation aux changements climatiques (Vérificateur général du Canada, 2006).

Le ton du rapport était critique, affirmant que le gouvernement n'avait pas élaboré d'objectifs ni de délais appropriés pour l'adaptation, qu'il avait réalisé peu de progrès dans sa collaboration avec les provinces et qu'il n'avait pas présenté ses propres mesures d'adaptation au niveau des politiques et des programmes. Le rapport était axé sur le cadre d'adaptation national, soulignant qu'il n'avait pas été officiellement approuvé et que le ministère responsable, Ressources naturelles Canada, n'avait pas été investi du pouvoir de négocier un plan d'action avec les provinces (Henstra, 2015).

La réponse du gouvernement suggérait une mise au point du cadre d'adaptation national incessamment, et Environnement Canada et Ressources naturelles Canada ont été invités à formuler une stratégie de mise en œuvre avant la fin de 2008. Toutefois, en 2010, le CEDD a déclaré ce qui suit : « le gouvernement n'a toujours pas de politique, de stratégie ou de plan d'action en place » (Vérificateur général du Canada, 2010). En réponse, Environnement Canada s'est engagé à travailler avec des partenaires fédéraux en vue d'élaborer un cadre stratégique qui énoncerait la vision et les objectifs en matière d'adaptation, définirait le rôle fédéral et fixerait des critères pour l'établissement des priorités.

En 2011, Environnement Canada a publié le Cadre stratégique fédéral sur l'adaptation, qu'il a décrit comme un guide pour la prise de mesures d'adaptation nationales par le gouvernement du Canada (Gouvernement du Canada, 2011).

À compter de 2015, la politique fédérale en matière d'adaptation est dirigée par Ressources naturelles Canada, qui est désormais la plaque tournante d'une plateforme collaborative en matière d'adaptation (Henstra, 2015). Dans le cadre de cette politique, Ressources naturelles Canada sert de nœud central dans un réseau de hauts fonctionnaires, d'industries, d'associations professionnelles et de chercheurs qui mettent en commun des ressources pour produire des renseignements et des outils en vue de soutenir la prise de décisions en matière d'adaptation (RNCAN, 2014).

Un nouveau gouvernement est arrivé au pouvoir avec l'élection fédérale d'octobre 2015. Environnement et Changement climatique Canada, remanié récemment, promet de mettre l'accent sur des solutions pour le climat. En avril 2016, un symposium appelé Adaptation Canada 2016 a eu lieu, annoncé comme le premier symposium national en dix ans sur la préparation aux risques associés aux changements climatiques et la gestion de ces risques. Ce symposium a été organisé par l'Ontario Centre for Climate Impacts and Adaptation Resources (OCCAR), par le consortium Ouranos sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques et, à partir de décembre 2015, par Ressources naturelles Canada (Adaptation Canada 2016).

### 3.2.7 Énergie

L'élaboration des politiques relatives à l'énergie en Amérique du Nord fait face à un ensemble encore plus complexe d'enjeux interreliés. Au cours des 40 dernières années, les préoccupations environnementales croissantes par rapport à la qualité de l'air, aux changements climatiques et à la durabilité se sont imbriquées avec la capacité financière et l'acceptabilité sociale des sources d'énergie et des technologies. Le secteur de l'énergie en Amérique du Nord, qui est le plus intégré du monde, a toujours compté sur les relations fondées sur le marché entre les États-Unis et le Canada (Gattinger, 2012). Toutefois, il fait désormais face à un défi croissant en matière de gouvernance, qui est l'intégration des enjeux environnementaux aux intérêts socioéconomiques. S'ajoutant à ces divers enjeux, les technologies des énergies renouvelables ont rapidement évolué ces 15 dernières années, tandis qu'une grande partie de l'infrastructure énergétique en Amérique du Nord atteint la fin de son cycle de vie et doit être remplacée (Gattinger, 2012).

Un retard récent dans la promulgation de la politique environnementale à l'échelle nationale aux États-Unis reflète les intérêts et questions complexes du secteur de l'énergie. Le manque d'action a non seulement laissé des politiques en place qui soutiennent les émissions de gaz

à effet de serre, mais il a également permis des politiques prometteuses qui appuient un avenir sobre en carbone qui vont expirer périodiquement (Marsh, 2012; Bast *et al.*, 2015; BVG, 2012). Au Canada aussi, un rapport de 2014 du vérificateur général a cerné plusieurs domaines dans lesquels les politiques environnementales devenaient moins efficaces, notamment la réglementation des émissions de gaz à effet de serre et la surveillance du pétrole (CEDD, 2014). De nouvelles techniques, telles que la fracturation hydraulique (fracturation), créent une polarisation au sein de la société et des gouvernements, accompagnée de discorde et de conflits face aux incertitudes et aux risques en jeu (État du Colorado, 2015; Elliott, 2015; Minor, 2014; Sreeja, 2013; Schwartz et Gollom, 2014).

### Politique financée ou non par des subventions

En Amérique du Nord, il existe des subventions pour les combustibles fossiles et les énergies renouvelables. Tant le Canada que les États-Unis se sont engagés à supprimer progressivement les subventions pour la production de combustibles fossiles (Bast *et al.*, 2015; BVG, 2012). Cependant, cette mesure a pris du retard et se révèle difficile à mettre en œuvre sur le plan politique. Aux États-Unis, les subventions pour les énergies renouvelables font l'objet d'une expiration et d'un renouvellement périodiques, ce qui augmente l'incertitude stratégique. Au Canada, les subventions pour les énergies renouvelables ont été prolongées de l'année 2000 jusqu'à l'heure actuelle.

Les subventions pour les combustibles fossiles aux États-Unis sont mises à disposition non seulement à l'échelle fédérale, mais également par les États, et elles prennent la forme d'exonérations, de déductions et de crédits fiscaux. Par exemple, l'exonération de l'impôt sur les sociétés à l'échelle fédérale pour les sociétés principales en commandite s'applique aux activités liées à la production, au traitement et au transport du pétrole, du gaz naturel et du charbon, et fournit près de quatre milliards de dollars américains en exonérations fiscales par exercice. D'autres subventions annuelles au niveau fédéral aux États-Unis comprennent une déduction de 2,5 milliards de dollars américains pour

les activités incorporelles de forage pétrolier et gazier, l'allègement des redevances pour les projets extracôtiers en eaux profondes de 1,38 milliard de dollars américains et la subvention d'un milliard de dollars américains octroyée à la région productrice de charbon du bassin de la rivière Powder, dans le Wyoming. De même, la méthode comptable utilisée pour déterminer la valeur de l'inventaire du « dernier entré, premier sorti » permet aux entreprises de présumer que les plus anciens barils de pétrole restants dans leur inventaire, qui sont vraisemblablement moins chers, réduisent leurs charges fiscales. Il existe également des subventions au niveau de l'État en Alaska, en Californie, dans le Kentucky, en Louisiane, dans le Montana, en Oklahoma, au Texas, en Virginie-Occidentale et dans le Wyoming, qui créent de puissants incitatifs pour l'usage continu de combustibles fossiles. Ces subventions font également partie du code fiscal permanent, ce qui complique encore plus la tâche de suppression progressive de la production de combustibles fossiles.

Les ressources en énergie renouvelable ont également été subventionnées aux États-Unis; cependant, le montant des subventions est sensiblement inférieur à celui reçu par l'industrie des combustibles fossiles (Adeyeye, 2009, Pfund et Healy, 2011). À la différence des subventions fédérales pour les combustibles fossiles qui sont écrites dans le code fiscal, les subventions pour les énergies renouvelables ne sont pas permanentes et doivent être renouvelées périodiquement (Klass, 2013). Malgré leur renouvellement récent, les subventions pour les énergies renouvelables sont assorties d'une date d'échéance, à la différence de leurs contreparties pour les combustibles fossiles.

Deux instruments fédéraux principaux aux États-Unis ont soutenu les filières solaire et éolienne : le Production Tax Credit (PTC, crédit d'impôt à la production) et l'Investment Tax Credit (ITC, crédit d'impôt à l'investissement) (DSIRE, 2015). Adopté au départ dans l'*Energy Policy Act* de 1992, le crédit PTC est un crédit fiscal basé sur la production d'électricité à partir de ressources renouvelables. Au départ, la politique devait prendre fin en juillet 1999, mais elle a été prolongée jusqu'en 2001, jusqu'à ce qu'elle

expire de nouveau à la fin de l'année 2003. Cette politique, qui n'a pas été réautorisée avant la fin octobre 2004, était près d'expirer une nouvelle fois en 2012, avant prendre réellement fin en 2013 et en 2014 (Klass, 2013; Union of Concerned Scientists, aucun éditeur). En décembre 2015, le crédit PTC pour l'énergie éolienne a été prolongé pendant cinq ans, avec une réduction progressive les années suivantes (Mai *et al.*, 2016). Le crédit ITC pour l'énergie solaire continuera d'être appliqué jusqu'en 2018, et il fléchira avant de devenir un taux fixe en 2022. Des représentants de l'industrie ont très bien accueilli la certitude accrue donnée à l'industrie (Cusick, 2015).

Le schéma de déploiement des installations d'énergie éolienne est en accord avec l'expiration du crédit PTC (**figure 3.2.12**). Les experts font souvent référence à ce schéma pour affirmer que l'incertitude stratégique nuit à l'essor de l'énergie à faible émission de carbone, surtout l'énergie éolienne (Bolinger et Wiser, 2009). En tenant compte du schéma de déploiement et de l'époque à laquelle le crédit PTC était en vigueur, les données probantes appuient sans conteste l'argument selon lequel l'industrie éolienne est réceptive à cet incitatif fiscal fédéral, et que des périodes plus longues de certitude stratégique, comme les possibilités offertes au secteur des combustibles fossiles, seraient bénéfiques. Par conséquent, les incitatifs fiscaux constituent un important facteur dans la transition vers un secteur de l'électricité à émissions de carbone plus faibles.

Aux États-Unis, la croissance des sources d'énergie renouvelables non hydrauliques depuis 2000 renforce l'affirmation selon laquelle le crédit PTC est un instrument efficace pour soutenir l'énergie éolienne, qui a connu une capacité de croissance annuelle moyenne de 22 % de 2002 à 2011 (EIA, 2015). La croissance de toutes les autres énergies non hydrauliques pendant la même période était de 3 %. En comparaison, la part d'énergie éolienne dans le total de la capacité de production d'électricité renouvelable non hydraulique est passée de 28 % à 77 % (EIA, 2015). De 2008 à 2014, lorsque le crédit PTC était en vigueur, 31 % de l'ensemble des nouvelles infrastructures électriques aux États-Unis étaient destinées à l'énergie éolienne (EIA, 2015).



Alors que l'énergie éolienne avait pris énormément d'ampleur et qu'elle bénéficiait d'une stabilité stratégique, l'énergie solaire a connu une croissance pour des raisons similaires. Le Solar Investment Tax Credit (ITC, crédit fiscal à l'investissement en énergie solaire) est un crédit d'impôt pour les entreprises de 30 % qui s'applique aux dépenses liées à l'énergie solaire qui produisent de l'électricité ou de la chaleur. Ce crédit a été prolongé en 2008 jusqu'en 2016 et, par conséquent, il a donné une période de certitude stratégique de huit ans. Ce niveau de soutien stratégique et la durée de la période de certitude stratégique ont permis à l'industrie solaire de prendre solidement pied aux États-Unis tout en augmentant les rendements d'échelle associés à une production supérieure de panneaux photovoltaïques et en diminuant considérablement le coût des matériaux nécessaires pour les systèmes d'énergie solaire. Cette combinaison a donné lieu au développement de grande envergure de l'énergie solaire, surtout en Californie. Globalement, les installations solaires à échelle réelle ont augmenté de 68 % en 2014, et 99 % de l'ensemble des systèmes ont été construits depuis 2008 (EIA, 2015) :

*« À l'heure actuelle, les technologies d'énergie propre fournissent des solutions concrètes – non seulement elles réduisent la pollution par le carbone qui entraîne des changements climatiques, mais elle stimule également une économie énergétique intérieure avec des technologies qui sont de plus en plus concurrentielles par rapport aux technologies classiques existantes, sans même tenir compte des avantages pour le climat. La fabrication et les installations d'énergie propres sont également devenues des occasions d'emploi majeures pour les travailleurs américains au XXI<sup>e</sup> siècle ». [Traduction libre]*

Le Canada prévoit également de nombreuses exonérations et déductions fiscales à l'échelle fédérale et provinciale pour les combustibles fossiles. Parmi les exemples de politiques fédérales, on compte des mesures de frais de développement d'environ 785 millions de dollars canadiens, ainsi que des déductions pour amortissement accéléré pour les projets de sables bitumineux, estimées à 122 millions de dollars canadiens par année (Bast et al., 2015). L'Alberta et

la Colombie-Britannique ont également mis en place des politiques provinciales – l'estimation des réductions des redevances à la Couronne de l'Alberta se chiffrait à elles seules à 578 millions de dollars américains en 2014 (Bast et al., 2015).

Les politiques en matière d'énergie renouvelable au Canada se composent d'une aide au développement pour les technologies renouvelables, les combustibles de remplacement et le captage du carbone, ainsi que d'incitatifs commerciaux et d'achats d'énergie renouvelable par le gouvernement fédéral. Le programme Achat d'électricité provenant de ressources renouvelables (AERR) a été lancé en 2000 et a pris fin en 2012. Il représentait 25 millions de dollars canadiens, destinés à encourager les Canadiens et les organismes canadiens à acheter de l'énergie renouvelable. L'achat d'énergie par le gouvernement fédéral exige que 20 % de cette énergie consacrée aux activités fédérales soit d'origine éolienne ou solaire. Pour les entreprises qui investissent dans les systèmes d'énergie renouvelable, le gouvernement du Canada prévoit également une déduction pour amortissement accéléré au titre de la catégorie 43.2 de l'annexe II du *Règlement de l'impôt sur le revenu*, pour encourager les investissements dans le matériel désigné pour la production d'énergie propre et la conservation d'énergie. Cette disposition permet la déduction des coûts d'immobilisations du matériel admissible acquis après le 22 février 2005 et avant 2020 à un taux de 50 % par année (selon la méthode de l'amortissement dégressif), permettant ainsi un plus grand report d'impôt dans les premières années de vie d'un projet.

De plus, certains frais de démarrage intangibles associés aux projets d'énergies renouvelables (admissibles dans la catégorie 43.2), notamment les frais d'études de faisabilité, de génie et de conception, sont déductibles à 100 % ou peuvent être transférés aux investisseurs selon une convention d'émission d'actions accréditatives, en vertu des dispositions du *Règlement de l'impôt sur le revenu* concernant les frais liés aux énergies renouvelables et aux économies d'énergie au Canada (Ressources naturelles Canada, 2015a).

Le Canada a également fourni des incitatifs en matière de production d'énergie renouvelable. Par exemple, de 2000 à 2007, il existait un incitatif d'un cent par kilowattheure pour produire de l'énergie éolienne (à concurrence de 1 000 MW) (Ressources naturelles Canada, 2016a). En 2007, le Canada a mis en œuvre le programme écoÉNERGIE pour l'électricité renouvelable, qui encourage la production d'électricité à partir d'énergie éolienne, d'énergie hydroélectrique à faible impact, de la biomasse, d'énergie photovoltaïque et géothermique, en offrant un incitatif à la production d'un cent par kilowatt au cours des dix premières années d'exploitation (Ressources naturelles Canada, 2016b). Le programme écoÉnergie devrait prendre fin en 2021 (Ressources naturelles Canada, 2016b).

La diminution des interventions stratégiques en Amérique du Nord est illustrée par le nombre relativement élevé de subventions qui existent pour les combustibles fossiles. Les mesures législatives visant la suppression de ces politiques ont fait défaut, malgré les engagements internationaux pris par les pays du G20 en vue de les éliminer progressivement (Bast *et al.*, 2015; BVG, 2012). Cependant, les incitatifs pour l'énergie renouvelable ont propulsé une révolution dans le secteur de l'énergie, entraînant ainsi des réductions d'émissions de gaz à effet de serre et créant de nouvelles occasions d'emploi. Cette transition économique est susceptible de continuer à décarboniser le secteur de l'énergie et d'ouvrir la voie à un avenir d'énergies renouvelables.

### Politiques en matière d'efficacité énergétique

Aux États-Unis, plusieurs politiques en matière d'efficacité énergétique ont réduit la consommation d'énergie. Par exemple, les normes Corporate Average Fuel Economy (CAFE) sont conçues pour augmenter l'économie de carburant des automobiles et des camions légers (National Highway Traffic Safety Administration des États-Unis, 2016). Les normes proposées au cours de la deuxième phase en matière d'économie de carburant et d'émissions de gaz à effet de serre pour 2018-2027 devraient entraîner une réduction d'un milliard de tonnes métriques d'émissions de CO<sub>2</sub> et une diminution de la consommation de pétrole

allant jusqu'à 1,8 milliard de barils pendant la durée du programme. De la même façon, certains appareils et équipements sont assujettis à des normes minimales en matière de conservation d'énergie. Selon les estimations, ces normes ont permis aux consommateurs d'économiser plus de 63 milliards de dollars américains rien qu'en 2015, et elles devraient réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'équivalent de 1,5 milliard d'automobiles depuis le lancement du programme en 1987 jusqu'en 2030 (Department of Energy des États-Unis, 2016).

Un autre programme pour l'efficacité énergétique, le programme Energy Star à participation volontaire, fait la promotion de produits écoénergétiques et d'économies d'énergie résidentielle, ainsi que de l'efficacité énergétique pour les nouvelles maisons et les nouveaux immeubles. De 1992 à 2013, ce programme a entraîné une réduction de 2 198 millions de tonnes métriques d'équivalents en CO<sub>2</sub> (USEPA, 2016e). Outre ces programmes, les États-Unis ont mis en place des programmes d'efficacité énergétique pour le secteur des services publics, des exigences en matière d'efficacité énergétique pour les bâtiments publics et des incitatifs fiscaux pour les améliorations du rendement énergétique des maisons et des immeubles.

Le Canada prévoit également plusieurs incitatifs et programmes pour l'efficacité énergétique. Par exemple, les normes relatives à l'économie de carburant pour les automobiles ont été harmonisées avec celles des États-Unis. On prévoit que ces normes canadiennes vont entraîner une diminution de la consommation de carburant allant jusqu'à 50 % de moins par rapport aux véhicules de 2008 et une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 174 millions de tonnes métriques d'équivalents en CO<sub>2</sub> (Gouvernement du Canada, 2014b).

Le Canada a également des normes d'efficacité pour les immeubles, les logements, les équipements et l'industrie, par l'entremise du programme écoÉnergie. Ce programme comprend non seulement des normes, mais également des outils pour aider à améliorer les bâtiments, il encourage la modernisation énergétique des bâtiments et il accélère les

investissements au sein de l'industrie en termes d'économies d'énergie. Il devrait réduire les émissions de 6,5 millions de tonnes métriques d'équivalents en CO<sub>2</sub> par année (ministère canadien des Finances, 2015). En outre, grâce à l'initiative écoÉnergie renouvelable et le Fonds pour l'énergie propre, il y a eu des réductions des émissions de l'ordre de 6,2 et de 2,8 millions de tonnes métriques par année, respectivement (ministère canadien des Finances, 2015).

L'American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE) examine les efforts nationaux d'un pays en vue d'améliorer l'efficacité énergétique dans les immeubles, l'industrie et le transport (2016). Les efforts nationaux consistent en des indicateurs globaux ou intersectoriels de l'utilisation d'énergie à l'échelle nationale. Selon l'évaluation de l'American Council for an Energy-Efficient Economy, des améliorations du rendement énergétique pourraient être apportées dans les secteurs industriel et du transport au Canada (ACEEE, 2016). Plus précisément, un accroissement des transports en commun est possible, ce qui réduirait le nombre de milles parcourus par personne. Aux États-Unis, l'ACEEE affirme qu'il y a encore matière à amélioration pour l'efficacité énergétique dans tous les domaines, y compris les immeubles, l'industrie et les transports, et à l'échelle nationale (ACEEE, 2016).

Les possibilités d'accroître encore davantage l'efficacité énergétique devraient inciter les pays à tenir compte des 25 recommandations liées à l'efficacité énergétique qui ont été élaborées en collaboration avec des experts et les États membres de l'Agence internationale de l'énergie (AIE, 2011). Les mesures intersectorielles comprennent la collecte de données, l'élaboration de stratégies et de plans d'action, ainsi que la surveillance, la mise en application, et l'évaluation. D'autres recommandations visent les immeubles, les appareils et l'équipement, l'éclairage, le transport, l'industrie et les services publics d'énergie. Lorsque ces recommandations ont été formulées, on a estimé qu'elles avaient le potentiel de diminuer les émissions mondiales d'au plus 7,6 gigatonnes de CO<sub>2</sub> par année (AIE, 2011). Par conséquent, les pays pourraient réduire leurs émissions de

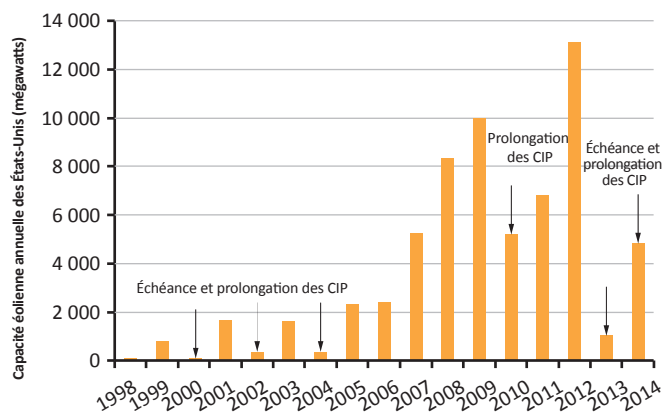
gaz à effet de serre grâce à des améliorations de l'efficacité énergétique.

### **Politiques émergentes et prometteuses : réduction des émissions de gaz à effet de serre issues de la production d'électricité**

En l'absence de lois précises sur l'environnement aux États-Unis, on utilise les instruments et pouvoirs existants, par exemple, pour faire progresser les normes en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre aux États-Unis. En 2015, l'USEPA a mis la dernière main au Clean Power Plan, qui établissait un nouvel ensemble de normes d'émission pour le dioxyde de carbone applicables aux centrales électriques (USEPA, 2015k). Cette nouvelle politique, la toute première norme nationale visant la pollution par le dioxyde de carbone provenant des centrales électriques, est le fruit d'années de collaboration, de sensibilisation des intervenants et d'engagement du public. Au lieu d'utiliser des subventions, le plan fixe des cibles pour chaque État, mais il permet aux États de choisir la manière d'atteindre ces objectifs, soit dans l'État même, soit en association avec d'autres États. Par conséquent, le plan en soi encourage les efforts concertés entre les États afin de déterminer la manière d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Si le plan survit aux problèmes juridiques et porte ses fruits, les émissions totales du secteur de l'énergie seront réduites de 32 % par rapport au niveau de 2005 (Climate Central, 2015; C2ES, 2015) (voir la section 3.2.2, Air).

Le Canada a également adopté une réglementation visant les émissions provenant de la production d'électricité. Le *Règlement sur la réduction des émissions de dioxyde de carbone – secteur de l'électricité thermique au charbon* a été publié en 2012 et est entré en vigueur en 2015. Le règlement devrait entraîner une réduction cumulative de 214 millions de tonnes d'émissions de gaz à effet de serre et des avantages cumulatifs pour la santé de l'ordre de 4,2 milliards de dollars canadiens d'ici 2035 (Environnement Canada, 2014). La norme au Canada est de 420 tonnes de dioxyde de carbone

Figure 3.2.12 : Incidence de l'expiration et de la prolongation des crédits d'impôt à la production sur la puissance éolienne installée annuelle des États-Unis



Source : USC, 2016

par gigawattheure pour les nouveaux systèmes alimentés au charbon, qui s'appliquent également aux systèmes existants une fois qu'ils atteignent une période définie de durée de vie utile (généralement 50 ans). En comparaison, la norme aux États-Unis pour les nouvelles centrales électriques est de 454 tonnes par gigawattheure pour les centrales électriques alimentées au gaz naturel et de 635 tonnes par gigawattheure pour les systèmes alimentés au charbon.

Récemment, la province de l'Alberta a mis à jour son règlement sur les émetteurs de gaz désignés (*Specified Gas Emitters Regulation*). Ce règlement – qui s'applique aux grands émetteurs industriels, y compris les sociétés d'extraction de sables bitumineux – a durci les normes en 2015, en faisant passer les réductions d'émissions de 12 % à 15 % en 2016 et à 20 % en 2017. En outre, en vertu du plan de leadership en matière de climat annoncé récemment en Alberta, les émissions de gaz à effet de serre seront réduites de plusieurs façons. D'abord, les sables bitumineux vont passer à un prix de 30 dollars canadiens par tonne pour le carbone et seront soumis à une limite maximale d'émissions réglementée de 100 millions de tonnes métriques par année.

Ensuite, une cible a été fixée pour diminuer de 45 % les émissions de méthane provenant des activités pétrolières et gazières d'ici 2025. Enfin, les sources d'électricité alimentées au charbon seront complètement éliminées d'ici 2030.

Les politiques en Amérique du Nord évoluent, offrant ainsi davantage de certitude aux industries de l'énergie renouvelable, mais elles continuent de subventionner les combustibles fossiles. Certains États ont réglementé les actions publiques contre la fracturation, tandis que d'autres ont fait des efforts en vue d'interdire la fracturation. Néanmoins, de nouvelles politiques, comme le Clean Power Plan aux États-Unis, le Fonds pour l'énergie propre au Canada et le plan de leadership en matière de climat de l'Alberta, sont adoptées, ce qui renforce l'optimisme concernant le fait que la décarbonisation et les engagements envers les objectifs internationaux seront honorés. Les politiques représentent des choix qui ont des conséquences sur la durabilité future du secteur de l'énergie et sur la limitation de la hausse de température anthropique à moins de 2 °C. La voie de transition vers un secteur de l'énergie durable devient évidente, et l'Amérique du Nord possède les ressources, l'esprit d'entreprise et les capitaux pour jouer un rôle déterminant en ouvrant la voie (IRENA, 2015; Jacobson *et al.*, 2015; Torrie *et al.*, 2013; Clean Energy Canada, 2014).

### 3.2.8 Consommation et production durables

Une fois qu'un processus, un produit ou un service devient plus facile à utiliser ou plus accessible grâce à des mesures d'efficacité, l'utilisateur décide de consommer plus. Bien que de nombreux consommateurs en Amérique du Nord et dans d'autres pays de l'OCDE annoncent leur intention d'adopter des modes de consommation plus respectueux de l'environnement, lorsqu'on examine leur comportement dans la réalité, on relève souvent un écart entre leur intention et leur comportement (Peattie, 2010; Vermeir et Verbeke, 2006). Par conséquent, il est essentiel de comprendre les raisons d'être de cet écart et la manière de s'assurer que les attitudes, les intentions et les comportements sont conformes à des résultats durables. Afin de limiter l'effet de rebond comportemental, les besoins et perceptions de

### Encadré 3.2.4 : Fracturation – sciences citoyennes émergentes, collecte de données et intervention

La fracturation hydraulique, ou « fracturation », au Canada et aux États-Unis a entraîné des conflits entre les citoyens et les promoteurs au sujet de droits fonciers et miniers. Dans certains cas, les promoteurs obtiennent l'autorisation légale de forer, de fracturer et d'extraire du gaz naturel à des endroits où travaillent et résident des gens – dans des zones qui ne sont pas habituées à une production pétrolière et gazière à grande échelle. Aux États-Unis, certains de ces conflits se produisent dans des collectivités rurales et des zones urbaines, notamment les grandes régions métropolitaines de Dallas-Fort Worth et de Denver. La carte des « zones schisteuses » montre les emplacements des réserves de gaz de schiste en Amérique du Nord, où des conflits entre promoteurs et résidents pourraient survenir éventuellement (figure 3.2.13).

Les villes, les États et les collectivités rurales sont donc devenus le centre d'attention des conflits liés à la fracturation. Les interventions comprennent l'étude par les citoyens des répercussions de la fracturation et le lancement de processus par ces derniers à l'échelle du gouvernement local, étatique, ou fédéral afin de résoudre leurs préoccupations. Par exemple, des citoyens ont participé à la première étude communautaire en son genre, afin de déterminer les répercussions de la fracturation sur la santé humaine et la qualité de l'air. Les résultats ont montré des concentrations élevées de polluants atmosphériques dangereux dans les zones se trouvant à proximité des sites pétroliers et gaziers non classiques (Macey *et al.*, 2014). Munis de ces renseignements, les groupes de citoyens ont proposé des initiatives de consultation qui permettent d'exercer une influence locale sur les décisions reliées au forage de gaz de schiste.

Dans le cadre de l'Energy Policy Act de 2005, le Congrès a modifié le Safe Drinking Water Act afin d'exclure en grande partie les puits utilisés pour la fracturation réglementés par l'USEPA aux termes des dispositions relatives aux puits

d'injection; ainsi, la réglementation de ces puits relève principalement de la compétence des États (Soraghan, 2015).

Figure 3.2.13 : Zones schisteuses en Amérique du Nord



Source : EIA, 2011

Dans l'État du Colorado, par exemple, trois municipalités ont imposé des suspensions de la fracturation pendant cinq ans en 2013, de même que deux interdictions (Minor, 2014, Sreeja, 2013), tandis qu'au Texas, la Ville de Denton a voté pour interdire la fracturation dans les limites de la ville, dans le cadre d'une initiative menée par les citoyens (Fry *et al.*, 2015). La réponse à ces initiatives menées par les citoyens a varié selon les États. Le Texas a mis en œuvre de nouvelles lois pour limiter le règlement municipal du pétrole et du gaz, et le Colorado a formé un groupe de travail pour tenter d'atténuer les tensions et élaborer des règlements locaux (Texas, projet de loi 40, 2015, Colorado, 2015; Elliott, 2015).



Des conflits semblables ont été observés partout au Canada, où des membres des Premières Nations ont fait part de leurs préoccupations concernant l'absence de consultation des peuples autochtones (Schwartz et Gollom; 2014).

Dans l'État de New York, l'approche à l'égard de la fracturation visait à imposer un moratoire sur l'activité, au départ. L'État a suivi ce moratoire avec une étude des effets sur la santé publique. La lettre d'accompagnement de l'étude énonce ce qui suit :

[Traduction libre] « Il est peu probable que l'on atteigne une certitude scientifique absolue concernant les contributions relatives des répercussions positives et négatives de la fracturation hydraulique à volume élevé sur la santé publique. Toutefois, dans ce cas de figure, le poids global de la preuve provenant des éléments d'information cumulatifs contenus dans la présente évaluation de la santé publique montre qu'il existe des incertitudes importantes concernant les types d'effets négatifs sur la santé pouvant être associés à la fracturation hydraulique, la probabilité d'effets négatifs sur la santé et l'efficacité de certaines des mesures d'atténuation dans la réduction ou la prévention des impacts environnementaux qui pourraient avoir des conséquences néfastes pour la santé publique » (NYSDOH, 2014).

À l'issue des conclusions de l'étude, les autorités de réglementation de l'État de New York ont interdit la fracturation (NYSDEC, 2015). L'incertitude qui plane sur les avantages et les coûts de cette activité demeure une question ouverte et continue d'alimenter les conflits dans la région.

l'utilisateur doivent être pris en considération et intégrés aux décisions en matière de conception et d'innovation à un stade précoce (Stevens, 2010).

Les concepteurs novateurs étudient des façons d'influencer le comportement des consommateurs grâce à des concepts tels que la conception axée sur l'utilisateur, la technologie persuasive, la psychologie comportementale et la théorie des pratiques sociales (Bloks *et al.*, 2015). Parmi les progrès réalisés dans cette sphère, on note l'augmentation du recours à des démarches économiques comportementales pour la prise de décisions (Sunstein et Thaler, 2012). L'agence suédoise pour la protection de l'environnement a exploré l'utilisation du « coup de pouce » pour amener en douceur les personnes dans une direction souhaitée (Mont *et al.*, 2014).

Les innovations sont essentielles pour catalyser et soutenir les progrès et les améliorations qui font progresser la production durable (Leach *et al.*, 2012). De nouvelles technologies et techniques d'évaluation sont nécessaires, en vue de documenter efficacement les aspects inefficaces

et non viables de la production et de la consommation, afin de pouvoir concevoir et mettre en œuvre des produits de remplacement (Rotmans, 2006).

Les entreprises et les sociétés responsables de la conception et de la production de nombreux biens et services sont de plus en plus sensibles aux risques liés à la réputation et à la responsabilité sociale des entreprises et intègrent de plus en plus le développement durable, aussi bien à l'interne que dans leurs chaînes d'approvisionnement (Kolk *et al.*, 2008; Kovacs, 2008).

Un nombre croissant et important de fabricants prend conscience des avantages considérables découlant de pratiques commerciales durables en matière de finance et d'environnement. La fabrication durable est la création de produits manufacturés par l'entremise de processus écologiques qui minimisent les impacts environnementaux négatifs tout en conservant l'énergie et les ressources naturelles. La fabrication durable rehausse également la sécurité des employés, des collectivités et des produits (USEPA, 2013).

Il y a vingt ans à peine, la « technologie respectueuse de l'environnement » était considérée comme un secteur distinct par les gouvernements des États-Unis et du Canada. Toute l'approche s'est ainsi retrouvée en concurrence avec les secteurs industriels – comme la foresterie, l'exploitation minière, la fabrication, l'agriculture et les produits pharmaceutiques et appareils médicaux – à des fins de considération, de promotion et de subventions. Avant 2015, certains spécialistes dans chacun de ces secteurs ont considéré que la production durable était tout simplement une pratique exemplaire (Epstein et Buhovac, 2014).

### Progrès du Canada en matière de consommation et de production durables

La politique d'achats écologiques du Canada de 2006 influence les achats réalisés chaque année valant plus de cinq milliards de dollars américains (PNUE, 2015). La *Loi fédérale sur le développement durable*, approuvée par le Parlement en 2008, exige que le gouvernement élabore une stratégie fédérale de développement durable tous les trois ans. De nombreux secteurs de production sont supervisés par Industrie Canada. Dans sa contribution à la stratégie en 2013, Industrie Canada a pris plusieurs engagements pertinents à l'égard d'une consommation et d'une production durables (Industrie Canada, 2014) :

- poursuivre la promotion de la mise au point et de l'utilisation par l'industrie d'outils de gestion de responsabilité sociale des entreprises ainsi que l'utilisation des normes connexes sur le marché canadien afin de favoriser la consommation et la production durables, l'innovation et la concurrence;
- poursuivre la collaboration avec les différents acteurs clés pour s'assurer que les consommateurs disposent de l'information et des outils dont ils ont besoin pour protéger leurs intérêts, tout en participant à l'élaboration de recherches et de politiques sur les questions de consommation comme la consommation durable, et en y apportant son soutien;
- continuer de promouvoir les pratiques de fabrication durables auprès des entreprises canadiennes en reconnaissant que l'adoption de technologies et de processus qui favorisent l'innovation et la compétitivité peut aussi accroître la durabilité de l'environnement;
- continuer de promouvoir la durabilité de l'environnement au moyen du soutien conféré aux coopératives à titre d'entreprises véhiculant des objectifs de durabilité économique, environnementale et sociale en déterminant et en éliminant les barrières à la croissance des coopératives et les possibilités à ce chapitre, et en permettant l'accès aux débouchés émergents;
- continuer d'appuyer la croissance des services des entreprises liés à la fabrication, y compris ceux qui intègrent l'innovation à la conception et au développement de produits et à la chaîne d'approvisionnement, et qui peuvent aboutir à des avantages en matière de durabilité de l'environnement;
- poursuivre la collaboration avec des partenaires pour accroître l'avantage concurrentiel du Canada dans le perfectionnement et la commercialisation de la technologie liée à l'hydrogène et aux piles à combustible;
- continuer de mettre en œuvre le Fonds d'innovation pour le secteur de l'automobile jusqu'en 2018 à l'appui de projets de recherche stratégiques à grande échelle menant à des véhicules novateurs, plus écologiques et plus écoénergétiques;
- fournir une expertise, des directives et des conseils scientifiques aux décideurs et élaborer et appliquer des modèles d'évaluation sociale, culturelle et économique des services écosystémiques à l'appui des décisions sur le développement durable, de sorte que l'information sur les écosystèmes et les effets sur l'environnement des propositions de développement puissent être pris en compte dans les décisions;
- soutenir les efforts de recherche pour élaborer et appliquer les modèles d'évaluation économique du capital naturel afin d'améliorer la compréhension relative à la productivité du capital naturel et à la productivité en général au Canada et de favoriser des prises de décisions en matière de développement durable;
- conformément aux responsabilités qui sont confiées, fournir des renseignements environnementaux ou autres renseignements afin de réduire le risque que ne surviennent des événements comme des incidents

### Encadré 3.2.5 : Énergie renouvelable et villes d'Amérique du Nord

Les villes stimulent de plus en plus la demande en énergie propre par l'intermédiaire d'initiatives politiques. Les États, les provinces et les gouvernements fédéraux ont mis en œuvre des objectifs d'énergie propre, et les villes en ont fait de même; les villes ont poussé ce concept plus loin, en mettant souvent en œuvre 100 % des exigences en matière d'énergie renouvelable. Aux États-Unis, quatorze villes ont mis en œuvre 100 % des exigences en matière d'énergie renouvelable, tandis que deux villes canadiennes ont pris le même engagement. Ce n'était pas seulement de petites villes; en effet, on comptait de grands centres de distribution électrique, notamment San Francisco, San Diego et Vancouver.

Par exemple, la stratégie pour les énergies renouvelables à 100 % de Vancouver a été approuvée par le conseil municipal en 2015 et comprend trois éléments stratégiques :

- Réduire l'utilisation d'énergie
- Augmenter l'utilisation d'énergie renouvelable
- Augmenter l'approvisionnement en énergie renouvelable

Vancouver a l'intention de faciliter ces stratégies par l'établissement d'objectifs pour les gaz à effet de serre pour les nouveaux bâtiments, en permettant la conversion des systèmes à vapeur du gaz naturel à l'énergie renouvelable, en simplifiant les processus pour l'installation de panneaux solaires sur les toits, en soutenant le covoiturage et les véhicules alimentés par des sources renouvelables, et en intégrant une tarification du carbone dans le processus décisionnel municipal (Ville de Vancouver, 2015).

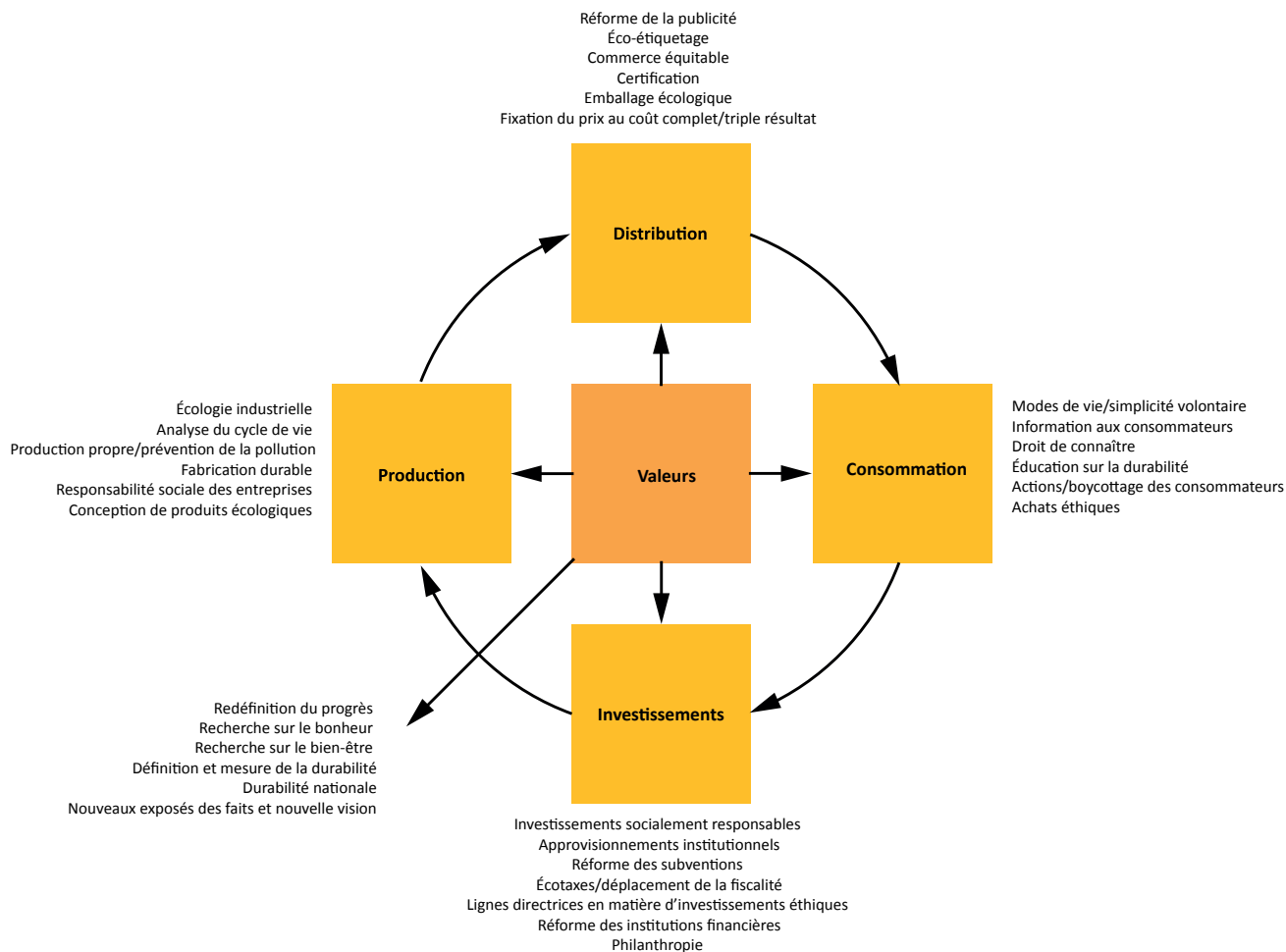
Les villes qui souscrivent aux exigences relatives aux énergies renouvelables apportent non seulement des avantages à l'environnement, mais y trouvent également des avantages économiques. Par exemple, Austin, au Texas, qui a un objectif de 55 % en matière d'énergie renouvelable, a émis une demande de proposition relative à des fournitures d'énergie solaire, et a reçu, au milieu de l'année 2015, un nombre record d'offres de 1,2 gigawatt (GW) pour une capacité de production à moins de quatre cents par kWh. Ce tarif ne représente que 25 % du prix de l'électricité solaire acquise en 2008 par Austin Energy, et il illustre les diminutions brusques des tarifs de l'énergie solaire. Toutefois, les chutes de prix ne se sont pas arrêtées là, elles se sont poursuivies. Par exemple, Palo Alto, en Californie, une ville désormais neutre en carbone à 100 %, a annoncé un prix d'achat pour l'énergie solaire de 3,67 cents par kWh début 2016. Par conséquent, ces choix étaient justifiés non seulement d'un point de vue environnemental, mais également d'un point de vue économique pour les villes qui poursuivent des solutions durables.

L'adoption de ces objectifs par les villes a été attribuée à toute une série d'efforts en matière de sensibilisation des intervenants et d'engagement communautaire (Pitt et Bassett, 2013). Les sondages dans les villes de petite taille à moyenne taille montrent qu'en axant les programmes d'énergie propre sur des mesures incitatives pour les résidents et les entreprises locales au départ et en intégrant ces programmes à la planification collaborative, on peut éduquer les résidents et faciliter l'adoption de ces initiatives d'énergie propre respectueuses de l'environnement (Pitt et Bassett, 2013). En résumé, ces programmes mobilisent les citoyens, en apportant un avantage écologique et économique et en faisant progresser les collectivités vers un avenir énergétique viable.

polluants, des maladies affligeant les espèces sauvages, ou des conditions météorologiques sévères et autres événements hydrométéorologiques importants, le cas échéant, et donner des conseils en réponse à ces événements;

- continuer de collaborer avec les partenaires partout au Canada pour mettre en œuvre le Programme des ordinateurs pour les écoles afin d'empêcher que le matériel électronique se retrouve dans les sites

Figure 3.2.14 : Éléments d'un système de consommation et de production durables



Sources : Adapté de Pike, 2015 et de Barber, 2014

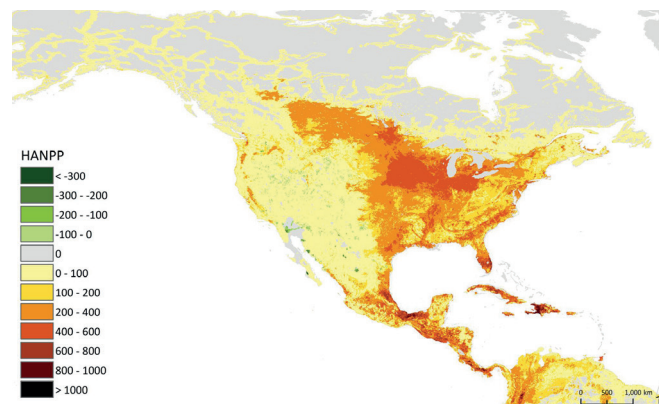
d'enfouissement, ce qui permet ainsi de protéger la nature, de prévenir la pollution de l'eau, et de procurer des avantages économiques et sociaux aux Canadiens.

## Progrès des États-Unis en matière de consommation et de production durables

L'USEPA sert de correspondant national pour le cadre décennal mondial de programmation concernant les modes de consommation et de production durables, et elle dirige la participation interinstitutionnelle aux activités liées à ces efforts, notamment la direction d'un groupe de contact interinstitutionnel en vue de promouvoir les contributions pangouvernementales aux principaux documents du Cadre décennal de programmation concernant les modes de consommation et de production durables (10YFP), de même que la distribution de ces documents. L'USEPA se concentre sur trois domaines clés dans le soutien continu du Cadre décennal de programmation concernant les modes de consommation et de production durables.

- L'USEPA a participé au lancement de l'Initiative pour les achats publics durables, une initiative dirigée par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), lors de la Conférence Rio+20, et elle siège au Comité consultatif. Cette initiative devrait être le premier programme officiellement adopté du Cadre décennal de programmation concernant les modes de consommation et de production durables.
- Grâce au partenariat pour la réalisation d'analyses du cycle de vie (ACV), une pierre d'assise du Cadre décennal de programmation concernant les modes de consommation et de production durables (10YFP), l'USEPA et le ministère de l'Agriculture des États-Unis dirigent les initiatives visant à faciliter l'accès à l'information et le renforcement des capacités, à élaborer des outils qui améliorent les applications informatiques, à créer une interopérabilité internationale des bases de données relatives aux analyses du cycle de vie et à réduire les coûts liés à l'utilisation d'ACV à l'échelle internationale.

Figure 3.2.15 : Appropriation humaine de la production primaire nette, à l'exclusion des effets des incendies d'origine humaine



Source : Haberl *et al.*, 2007

Note : Grammes de carbone par mètre carré par année

- L'USEPA accueille les composantes américaines du centre d'échanges pour la consommation et la production durables du Partenariat pour la réalisation d'ACV à l'échelle mondiale. Le centre d'échanges, lancé en 2013, est la principale plateforme d'échange de renseignements et de réseautage à l'appui du Cadre décennal de programmation concernant les modes de consommation et de production durables.

Enfin, l'USEPA soutient le centre d'échanges pour des pratiques d'affaires durables, qui permet aux chercheurs d'examiner des centaines d'exemples du secteur privé, les initiatives du gouvernement et de la société civile visant à réaliser des économies et l'élimination des déchets dans les secteurs de la fabrication, de la distribution, du transport, de l'assainissement et de la remise en état de sites, ayant des avantages pour la santé et la sécurité et parvenant à un résultat essentiel (USEPA, 2015).



## Consommation et production durables : approches complémentaires

### Économie circulaire

L'idée d'une économie circulaire fait partie des discussions sur l'environnement depuis des dizaines d'années, sous différents noms. À titre de politique gouvernementale, les Chinois ont exploré les avantages potentiels d'une économie circulaire tout particulièrement dans les années 1990, et ils en ont adopté les principes en 2006 (Zhijun et Nailing, 2007). Le concept a gagné en popularité et a été élargi pour inclure bon nombre des idées inhérentes à la consommation et la production durables et à d'autres systèmes complémentaires (Commission européenne, 2016; voir la **figure 3.2.16**).

### Écologie industrielle

Les thèmes de l'écologie industrielle abordés consistent en un ensemble de concepts et d'outils :

- l'analogie biologique, ou le biomimétisme;
- l'analyse du cycle de vie (ACV);
- la gestion et la politique de l'environnement axées sur les produits;
- l'analyse des flux de matières et d'énergie;
- la symbiose industrielle;
- l'efficacité;
- la dématérialisation et la décarbonisation.

La réunion de ces éléments nécessite de prêter attention au flux de matières et d'énergie à de nombreux niveaux et échelles : les produits, les chaînes d'approvisionnement, les cycles de vie des produits, les procédés, les installations, les entreprises, les villes, aux échelles régionale, nationale et mondiale. Par l'entremise d'approches comme l'analyse du cycle de vie, la conception et la gestion, et la comptabilisation rigoureuse des matières, l'écologie industrielle s'inscrit également dans une perspective exhaustive des systèmes (Lifset et Graedel, 2002). À ses débuts, dans les années 1980 et 1990, l'écologie industrielle était dominée par l'étude du bien-fondé et de l'utilité de l'analogie biologique et

de l'écoconception. Depuis 2000, l'analyse des intrants et des extrants, les études sur la criticité des ressources, l'intégration des sciences sociales, la modélisation de la complexité, le métabolisme urbain, ainsi que les recherches socio-écologiques à long terme sont devenus des aspects centraux de l'écologie industrielle (Yale, 2015).

### Métabolisme urbain/métabolisme socioéconomique

L'approche relative au métabolisme urbain permet aux chercheurs de considérer les villes comme des organismes qui consomment des matières premières, des combustibles et de l'eau, et les convertissent en milieu bâti, en biomasse humaine, et en déchets (Decker *et al.*, 2000; Wolman, 1965). L'approche combine des analyses des processus écologiques, sociaux et économiques pour créer de vastes cadres représentant l'urbanisation et la production d'énergie et de déchets. Cette pratique aide à définir les interactions entre les composants humains et naturels d'un système urbain, et l'analyse de ces interactions indique les flux d'entrée et de sortie entre les villes et leur environnement (Zhang *et al.* 2015; Kennedy *et al.*, 2007).

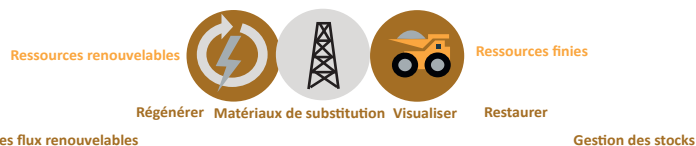
La compréhension du métabolisme urbain peut aider les planificateurs à concevoir l'infrastructure et à gérer la réduction, le traitement et la reconversion des déchets dans les villes. Se fondant sur la métaphore de l'organisme, les défenseurs de cette approche pensent que l'efficacité et la stabilité des systèmes naturels peuvent servir de modèle pour la gestion urbaine (Zhang *et al.*, 2015).

En Amérique du Nord, le recours à des analyses des flux de matières et d'énergie pour comprendre le fonctionnement des villes permet aux planificateurs urbains, aux géographes urbains et à d'autres chercheurs de mieux gérer aussi bien les petites villes que les mégapoles. Il existe quantité d'exemples dans les examens de la théorie et de la mise en œuvre du métabolisme urbain et dans les publications sur le sujet (Brattebø et Lifset, 2015; Reyna et Chester, 2015; Zhang *et al.*, 2015).

Figure 3.2.16 : Aperçu d'une économie circulaire

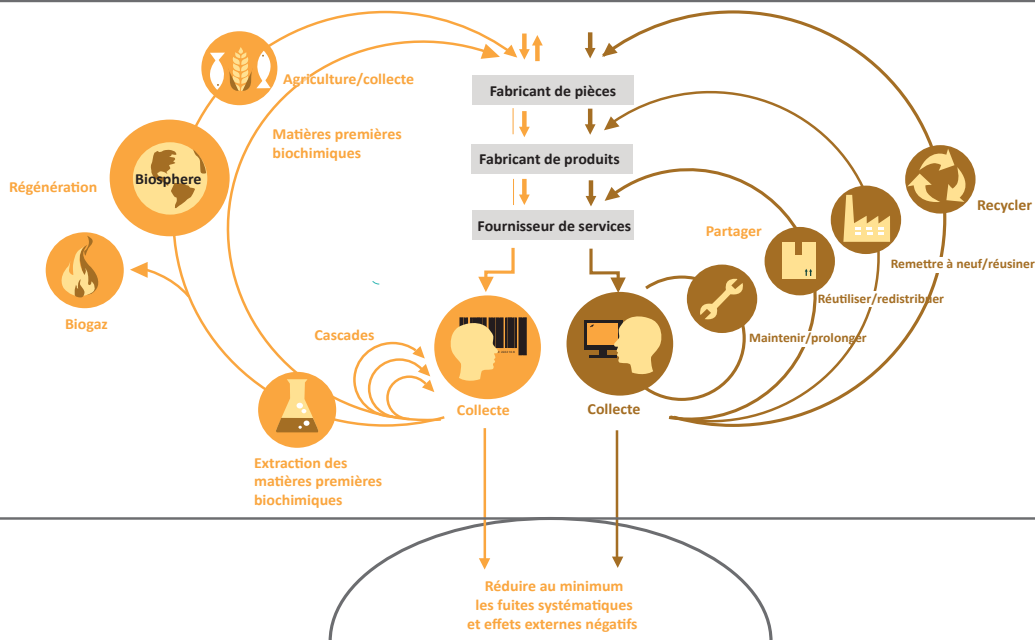
### Principe 1

Préserver et améliorer le capital naturel en contrôlant les stocks finis et en équilibrant le flux de ressources renouvelables. Leviers ReSOLVE : régénérer, dématérialiser, échanger



### Principe 2

Optimiser le rendement des ressources en favorisant la circulation des produits, des composants et des matériaux à un niveau de fonctionnalité maximal en tout temps, durant les cycles techniques et biologiques. Leviers ReSOLVE : régénérer, partager, optimiser, procéder en boucle



### Principe 3

Favoriser l'efficacité du système en cernant et en éliminant les effets externes négatifs. Tous les leviers ReSOLVE

1. Chasse et pêche
2. Peut utiliser comme intrants les déchets post-récolte et les déchets de consommation

Source : Adapté de la Fondation Ellen MacArthur, 2013

## Appropriation humaine de la production primaire nette

L'analyse des flux de matières et d'énergie a ouvert la voie à de nouvelles dimensions dans le suivi des effets que les activités humaines ont sur les systèmes terrestres (Smil, 2007). Un exemple frappant est une mesure appelée l'appropriation humaine de la production primaire nette (AHPPN), soit l'incidence globale de l'utilisation des terres par l'homme sur la biomasse disponible chaque année dans les écosystèmes (Krausmann *et al.*, 2013; Haberl *et al.*, 2007).

## Réponse aux priorités régionales

L'adoption de pratiques de consommation et de production durables appuiera les solutions nécessaires pour répondre à toutes les priorités régionales de l'Amérique du Nord documentées dans la présente évaluation GEO-6. L'application des principes d'une économie circulaire, de l'écologie industrielle, du métabolisme urbain et de l'analyse des flux de matières et d'énergie, de même que de la comptabilisation du capital naturel, permet aux spécialistes d'inclure tous les biens et services écosystémiques requis pour le bien-être humain et écologique. Par exemple, l'analyse

minutieuse des flux de matières et d'énergie des besoins en engrais et en électricité dans la production agricole donne le type de précision qui détermine un travail du sol plus efficace et des cultures plus saines (Pike, 2015; Bowles, 2011).

### 3.2.9 Mise en œuvre de la comptabilisation du capital naturel en Amérique du Nord

#### Introduction

Afin d'évaluer la richesse réelle d'un pays et la valeur d'une économie, de nombreux économistes et responsables des politiques avancent qu'il est nécessaire d'aller au-delà des simples mesures de l'économie comme le produit intérieur brut (PIB), prises en compte dans le Système de comptabilité nationale (SCN) des Nations Unies. Pour soutenir ce point de vue, la Commission de statistique des Nations Unies a convenu d'un Cadre central du Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE), à titre de norme statistique internationale initiale, à mettre en œuvre de manière flexible et modulaire (43<sup>e</sup> séance de la Commission de statistique des Nations Unies en 2012). Le Cadre central du SCEE est destiné à servir de compte satellite pour le Système de comptabilité nationale (SCN). Le SCEE permet aux pays de saisir à la fois les stocks et les flux de ressources naturelles en termes physiques et monétaires. Le SCEE permet également aux pays d'assurer un suivi des émissions atmosphériques et des rejets dans l'eau, de la production de déchets ainsi que des dépenses environnementales. En tant que satellite pour le SCN, le Cadre central du SCEE peut intégrer l'information qu'il recueille aux comptes économiques de base et suivre l'utilisation des ressources naturelles, notamment l'eau et l'énergie, pour constater l'efficacité et la productivité de l'utilisation des ressources dans l'ensemble des secteurs (Département des affaires économiques et sociales [DAES] des Nations Unies, 2014).

En 2013, lors de sa 44<sup>e</sup> réunion, la Commission de statistique des Nations Unies a accueilli favorablement la comptabilité expérimentale des écosystèmes du SCEE en tant que première étape de l'élaboration d'un cadre statistique

pour la comptabilité des écosystèmes. La comptabilité expérimentale des écosystèmes du SCEE (SCEE-CEE) cherche à compléter le Cadre central du SCEE, de telle sorte qu'ensemble, ils puissent décrire de manière exhaustive le lien entre les activités environnementales, les activités économiques et les autres activités humaines. La CEE du SCEE mesure ce qui suit : les écosystèmes, leur état, et le flux des services des écosystèmes aux activités économiques et autres activités humaines. La CEE du SCEE va au-delà des mesures standards de l'économie et cherche à saisir l'activité non marchande et à l'intégrer aux mesures traditionnelles du marché. Reposant sur une riche expérience de travail dans le domaine des sciences environnementales relatives aux services écosystémiques, la CEE du SCEE cherche à relier les données biophysiques et les activités économiques et sociales (DAES des Nations Unies, 2014).

Enfin, le monde des affaires a commencé à adopter la comptabilisation du capital naturel mise en évidence dans le livre intitulé *Natural Capitalism* et dans un article paru dans le Harvard Business Review (Hawken *et al.*, 1999a, b). Les études dont il est question dans ces ouvrages ont procédé à une analyse de rentabilisation en vue de déterminer une utilisation efficace des ressources naturelles, les possibilités liées à de nouveaux produits novateurs sans danger pour l'environnement et la nécessité de tenir compte des pénuries de ressources et des coûts tout au long de la chaîne d'approvisionnement. La Coalition pour le capital naturel regroupe les nombreuses méthodes de comptabilisation du capital naturel pour le secteur privé, et elle exploite et encourage l'utilisation d'un protocole normalisé pour le capital naturel et de guides sectoriels, pour le secteur privé. Dans la réalisation de ses tâches, la Coalition tire profit du partenariat entre le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et le secteur privé relatif à l'économie des écosystèmes et de la biodiversité (EEB), ainsi que de l'expérience aux États-Unis d'investisseurs et d'entreprises poursuivant des objectifs de développement durable, notamment des groupes de défense comme le CERES et l'organisme Business for Social Responsibility. De nombreuses entreprises et institutions financières du Canada et des États-Unis participent également à cette initiative et

examinent l'application de la comptabilisation du capital naturel à leurs entreprises.

## Contexte

Le capital naturel se compose des ressources de la planète : air, terres, eau, biodiversité, ainsi que d'autres ressources naturelles comprenant les minéraux et les hydrocarbures, l'énergie solaire et éolienne, l'interaction entre les écosystèmes, et les réactions chimiques – même la gravité qui déroule les rivières depuis les lacs de montagne et régit la circulation océanique en eaux profondes. Alors que de nombreuses voix inquiètes rejettent toute tentative de réduire la nature au statut de marchandise, l'idée peut faciliter une prise de décision responsable à une échelle aussi bien personnelle que mondiale. À l'échelle nationale, la comptabilisation du capital naturel peut être un outil précieux pour la conception et la mise en œuvre des politiques (Guerry *et al.* 2015, Costanza *et al.*, 1998).

Les capitaux bâti, humain et social reçoivent une valeur monétaire en fonction des avantages des biens et des services qu'ils fournissent. Les avantages fournis par les ressources et les processus fournis par le capital naturel sont connus sous le nom de « biens et services écosystémiques », souvent abrégés sous l'appellation « services écosystémiques » (MA, 2005).

Traditionnellement, on n'attribuait pas de valeur aux services écosystémiques au moment d'établir les comptes nationaux. Toutefois, si l'on évalue la valeur de l'infrastructure que les sociétés humaines devraient installer pour remplacer les services écosystémiques, la valeur réelle du capital naturel commence à être compréhensible. Ainsi, une ville devrait-elle installer un réseau coûteux de traitement des eaux de bassins et d'étangs qui soit productif 24 heures sur 24, 7 jours par semaine, ou devrait-elle protéger le bassin versant à partir duquel elle s'alimente en eau? Les préoccupations relatives à la vulnérabilité des abeilles domestiques, par exemple, ont forcé la collecte de données probantes plus solides sur la valeur des systèmes écosystémiques des abeilles : l'estimation de la contribution mondiale annuelle

de la pollinisation gérée des abeilles domestiques représente 28 à 123 millions de dollars américains, avec seulement environ 1,8 million de dollars américains qui sont en fait payés par des transactions commerciales. La contribution des pollinisateurs sauvages allait de 49 à 311 millions de dollars américains, sans paiement direct des bénéficiaires pour le service (Allsop *et al.*, 2008).

Selon la Coalition pour le capital naturel, les 100 principaux effets externes en matière d'environnement coûtent à l'économie mondiale environ 4,7 mille milliards de dollars par année, tandis que la moitié de tous les bénéfices existants des sociétés sont en péril si les coûts associés au capital naturel venaient à être internalisés par l'entremise de mécanismes de marché, de règlements, ou de taxes. Par exemple, la rareté de l'eau aurait des répercussions « graves » ou « catastrophiques » sur 40 % des entreprises du palmarès Fortune 100 (CIMA, 2014). Ce n'est là qu'une facette des estimations complexes du capital naturel, qui font l'objet de nouvelles recherches par des universitaires, des gouvernements, des entreprises commerciales, et des organisations en Amérique du Nord.

## Comptabilisation du capital naturel aux États-Unis

Selon Nordhaus (2000), la comptabilité environnementale spécialisée a commencé au Bureau of Economic Analysis (BEA) du ministère du Commerce des États-Unis en 1992, et celui-ci a publié les premiers comptes de l'environnement officiels pour les États-Unis, connus sous le nom de comptes satellites intégrés de l'économie et de l'environnement, en 1994. Peu de temps après, le 103<sup>e</sup> Congrès a ordonné au ministère du Commerce de suspendre les travaux dans ce domaine. Un examen externe de la comptabilité environnementale a été demandé, et un groupe d'experts du comité sur les statistiques nationales du Conseil national de recherche des États-Unis a été chargé « d'examiner l'objectivité, la méthodologie et l'application de la comptabilité intégrée économique et environnementale dans le cadre de l'élargissement des comptes économiques nationaux » et de passer en revue « les révisions proposées... en vue d'élargir les comptes nationaux... ». [Traduction libre]

En 1992, la vision des États-Unis pour le développement de la comptabilisation du capital naturel était fondée sur une approche par étapes. Cette approche préconisait l'ajout de comptes d'actifs dans trois itérations : d'abord avec les minéraux, qui étaient déjà un produit de base; ensuite, avec les ressources renouvelables, qui commençaient à faire leurs preuves et enfin, avec des biens publics non marchands, comme l'air pur. On a supposé que si cette approche par étapes était adoptée, une étape initiale utile serait de peaufiner les estimations initiales des minéraux du sous-sol. L'élaboration de la comptabilité des forêts, axée au départ sur le bois d'œuvre, aurait été une étape suivante naturelle pour les comptes intégrés économiques et environnementaux. D'autres secteurs qui seraient en tête de liste des priorités sont ceux qui sont associés aux actifs agricoles, à la pêche, et aux ressources en eau (Nordhaus, 2000).

Toutefois, le groupe d'experts du Conseil national de recherche des États-Unis a demandé l'adoption d'une approche plus ambitieuse, dans laquelle un ensemble exhaustif de comptes quasi commercialisés et non marchands serait mis au point. Outre le domaine environnemental, des extensions importantes comprendraient la valeur de la production domestique et du travail non rémunéré, la valeur du capital de la recherche et du développement, la valeur du temps non marchand et la valeur de l'enseignement informel et à domicile. Ce travail était motivé par l'idée que l'élargissement des limites de la comptabilisation fournirait une meilleure estimation de la taille, de la distribution et de la croissance de l'activité économique et de la prospérité économique. La recommandation centrale du groupe d'experts était que le Congrès autorise le BEA à recommencer son travail relatif à l'élaboration de comptes des ressources naturelles et de l'environnement et qu'il finance ce travail, et qu'il l'encourage à élaborer un ensemble complet de comptes quasi commercialisés et non marchands (Nordhaus et Kokkelenberg, 1999). Le Congrès n'a pas donné suite aux recommandations du Conseil national de recherche, et le mandat du BEA pour 2015 ne comporte aucune catégorie portant sur le capital naturel ou les services écosystémiques (BEA, 2015).

Les scientifiques et les économistes appliquent des méthodes de comptabilisation du capital naturel utilisant des données fédérales dans le but de favoriser l'établissement de normes et de méthodes de comptabilisation du capital naturel par le système central de comptabilité du gouvernement national des États-Unis (Fenichel *et al.*, 2016; Muller *et al.*, 2011). Il existe un intérêt croissant pour la réorganisation des données déjà recueillies par les organismes fédéraux américains dans un cadre de comptabilité, tel que suggéré dans le Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE), qui fournirait une meilleure comparabilité. En même temps, les méthodes de comptabilisation du capital naturel et des services écosystémiques sont largement utilisées par les organismes fédéraux, et l'accent est mis sur l'augmentation de leur valeur pour la prise de décision (Obama, 2015). En 2015, un numéro spécial de *Proceedings of the National Academy of Science* des États-Unis d'Amérique a été publié pour souligner le centenaire de la revue : *Nature as Capital PNAS 100th Anniversary Special Feature* (Guerry *et al.*, 2015).

Aux États-Unis, de nombreuses parties, y compris des universités, des organisations non gouvernementales et des organismes fédéraux, collaborent activement en vue d'élaborer et de mettre en application des concepts de services écosystémiques. Cette collaboration fait progresser la comptabilisation du capital national à une échelle nationale en vue d'atteindre les objectifs environnementaux et économiques. De nombreux organismes fédéraux ont intégré ces concepts dans la planification de l'utilisation des terres, la gestion des ressources en eau, ainsi que les mesures d'adaptation aux changements climatiques (Bagstad *et al.*, 2014; Bagstad *et al.*, 2013). Il est nécessaire de définir clairement une orientation stratégique pour institutionnaliser les approches en matière de services écosystémiques à l'échelle des organismes fédéraux, et pour guider la recherche et la mise en œuvre concertées intersectorielles et interdisciplinaires. De plus, la communauté de pratique a besoin d'outils d'aide à la prise de décisions de nouvelle génération pour l'application concrète de principes liés aux services écosystémiques à l'élaboration de politiques et au



commerce. Ces communautés ont également besoin de meilleures mesures du rendement, ainsi que d'outils pour surveiller la situation des services écosystémiques et évaluer les répercussions des politiques et des programmes sur l'environnement et l'économie (Schaefer *et al.*, 2015).

### Comptabilisation du capital naturel au Canada

Statistique Canada (StatCan) a ajouté une catégorie pour l'environnement et les ressources dans son système de comptabilité économique nationale, appelée le Système des comptes de l'environnement et des ressources du Canada. Certains ensembles de données ont été compilés dans les années 1960. Le document d'introduction explique que la catégorie a été créée, parce que l'information existait déjà, mais qu'elle devait seulement être recueillie pour être présentée comme un tout. Toutefois, la raison la plus importante était que les organismes responsables des statistiques dans différents ministères voulaient répondre aux critiques sur le plan environnemental que l'on adresse depuis bien longtemps à l'égard des comptes nationaux. On a critiqué notamment la négligence à mesurer la contribution des biens et des services écosystémiques à la richesse nationale, le traitement des recettes provenant de l'appauvrissement des ressources naturelles en tant que revenu actuel plutôt qu'un épuisement des capitaux, la mesure des avantages découlant de l'utilisation de l'environnement, mais pas des coûts, ainsi que l'inclusion des dépenses afin de protéger l'environnement dans le cadre de la production brute (Statistique Canada, 2015). Statistique Canada répond que « *bon nombre de ces critiques sont controversées et elles ne sont pas toutes acceptées comme légitimes par les parties au débat. Néanmoins, la plupart des pays, incluant le Canada, ont tenté de répondre à une ou plusieurs d'entre elles dans leurs comptes de l'environnement et des ressources.* »

Le ministère pense de façon stratégique. La richesse représentée par ces ressources « *peut faire une différence très importante dans la position économique du gouvernement qui en est le propriétaire. En outre, étant donné que les prix des ressources varient fortement et sont déterminés par des forces du marché qui échappent au contrôle du Canada, cette richesse*

*peut varier d'une année à l'autre.* » (Statistique Canada, 2015).

Au cours des dix dernières années, Statistique Canada a également publié un rapport annuel intitulé *L'activité humaine et l'environnement*, qui mettait en lumière un domaine distinct des comptes de l'environnement et de l'économie. En 2013, ce rapport a abordé le sujet « *Mesure des biens et services écosystémiques au Canada* » (Statistique Canada, 2013). Le Canada a également joué un rôle majeur en tant que président de la Commission de statistique des Nations Unies pour les comptes de l'environnement et de l'économie, et du groupe de travail chargé des comptes de l'environnement appelé le Groupe de Londres.

Tant au Canada qu'aux États-Unis, les ministères gouvernementaux, la société civile et les entreprises utilisent des méthodes de comptabilisation du capital naturel et des services écosystémiques en vue de réévaluer leurs ressources naturelles.

### 3.3 Examen plus approfondi des synergies et des thèmes intersectoriels

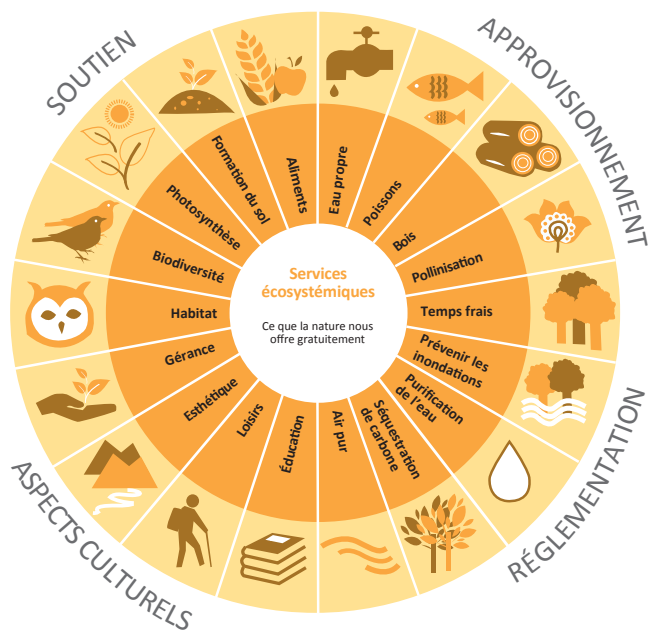
L'Amérique du Nord est une région qui possède une riche histoire d'innovations et de mises en œuvre efficaces, notamment en ce qui concerne les interventions qui ont permis quelques réussites spectaculaires. Les défis en matière d'environnement que l'on a désormais placés au premier rang des priorités déclenchent une nouvelle vague d'innovation. Les trois secteurs d'intervention pour lesquels on a relevé un intérêt spécial dans la région sont les nouvelles formes de gouvernance, l'exploitation de la révolution des données et la progression du développement durable au niveau des villes.

Dans chacun de ces trois domaines, une brève introduction est fournie avec une classification des réponses illustrant des exemples emblématiques et informatifs provenant de la région et, résumant, dans la mesure du possible, les idées en lien avec les profils, les tendances et les leçons tirées.

### 3.3.1 Nouvelles formes de gouvernance

L'Amérique du Nord accueille avec enthousiasme les approches de gouvernance adaptative et promet de donner son soutien à des solutions transformatrices qui semblaient hors d'atteinte auparavant. Cet enthousiasme est stimulé par l'expérience relative à la mise en application d'idées qui remontent à plusieurs dizaines d'années. La détermination collective de mettre en application ces idées a contribué à la codification des compétences et des techniques pratiques, à l'émergence de collectivités de pratiques, ainsi qu'à la création de liens avec des collectivités de gestion plus vastes au-delà du domaine environnemental. Par conséquent, les efforts visant à mettre en œuvre des solutions environnementales axées sur une gouvernance adaptative remportent un réel succès, en donnant un nouvel élan à la recherche de mécanismes de développement durable. L'approche de gouvernance adaptative en Amérique du Nord comprend

Figure 3.2.17 : Services écosystémiques



Source : Adapté de Sukhdev *et al.*, 2010

de nombreux éléments bien ancrés et réunis d'une manière spécifique.

L'idée de la gestion adaptative a été développée systématiquement par l'écologiste canadien Buzz Holling et ses collègues dès 1978 (Holling, 1978). En œuvrant aussi bien aux côtés de l'Université de la Colombie-Britannique, du ministère des Forêts et de l'Université de la Floride, Holling a joué un rôle déterminant dans l'émergence d'un groupe de scientifiques et de spécialistes en Amérique du Nord désireux de trouver des manières pratiques de gérer des problèmes complexes, multisectoriels et multiéchelles en matière d'environnement et de ressources. Parmi les éléments caractéristiques de la gestion adaptative, on note la surveillance rigoureuse du comportement du système, l'inclusion de tous les acteurs pertinents qui jouent un rôle soit dans la perturbation du système, soit dans les bénéfices tirés de ce système, une importance explicite accordée à la prise de décisions efficaces dans des conditions d'incertitude, une attention aux stratégies de gestion contribuant à l'apprentissage du fonctionnement du système et de l'efficacité des politiques et l'appréciation du traitement de l'itération comme une vertu et des politiques comme des expériences.

Un autre élément solidement ancré en Amérique du Nord est la gouvernance concertée (Vodden, 2015). Il s'agit d'un processus auquel participent de multiples intervenants, habituellement sous la direction du gouvernement, mais réunissant une grande diversité d'acteurs, qui met l'accent sur la compréhension d'une politique pouvant être mise en œuvre par la suite. Depuis le début des années 1970, une bonne partie du cadre législatif en matière d'environnement et de ressources naturelles au Canada et aux États-Unis s'articule autour d'éléments de la gouvernance concertée. En général, ces éléments reposent largement sur l'évaluation et la planification. Au fil du temps, il s'est créé une grande communauté de pratiques permettant d'établir des consensus entre des groupes et des intérêts disparates, d'exécuter des évaluations mandatées et d'élaborer des plans compatibles avec les intérêts coopératifs et les contraintes réglementaires.

Tableau 3.2.3 : Exemples d'activités liées aux services écosystémiques dans les organismes fédéraux, aux États-Unis

Ministère/organisme	Exemples de domaines ou d'activités de programme
Department of Agriculture (USDA) Economic Research Service (ERS)	Marchés pour les services écosystémiques
Natural Resources Conservation Service (NRCS)	Programmes de conservation s'adressant aux propriétaires pour l'échange de crédits de quantité et de qualité de l'eau, programmes visant à quantifier les effets sur l'environnement des pratiques et programmes de conservation
Forest Service (USFS)	Gestion des ressources forestières, planification de projets, partenariats entre le secteur public et le secteur privé, révisions des plans forestiers
Department of the Interior (DOI) Fish and Wildlife Service (FWS)	Conservation de l'habitat et des espèces, programmes de banques de conservation, gestion des réserves fauniques
Geological Survey (USGS)	Valorisation des services écosystémiques, préparation et intervention en cas de catastrophes naturelles, science et aide à la décision
Bureau of Land Management	Protection de l'habitat, déploiement des énergies renouvelables
Bureau of Reclamation	Projets hydrauliques, analyses coûts-avantages
National Center for Environmental Economics de l'Environmental Protection Agency (USEPA)	Méthodes d'évaluation environnementale, analyse science-politique
Office of Research and Development	Classification des services écosystémiques, infrastructure des données, répercussions de la politique sur les services écosystémiques
Office of Water	Échange de crédits, classification, évaluation
Office of Air and Radiation	Échange de crédit d'air pur, examen secondaire des normes de qualité de l'air
Office of Sustainable Communities	Planification urbaine, bâtiments verts, eau propre, air pur, justice environnementale
Department of Commerce (DOC) National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	Conservation côtière/marine, résilience, préparation et intervention en cas de catastrophes naturelles, adaptation aux changements climatiques, gestion des pêches, évaluation des dommages causés aux ressources naturelles, remise en état
Bureau of Economic Analysis (BEA)	Renseignements économiques et environnementaux pour les entreprises, comptabilisation environnementale
Economics and Statistics Administration	Collaboration avec les entreprises au sujet de l'évaluation du capital naturel
Department of Defense (DoD)	
Service Departments	Installation et gestion des ressources
Army Corps of Engineers (USACE)	Gestion des ressources en eau, atténuation des impacts sur les milieux humides, gestion des inondations, remise en état des écosystèmes, évaluation des projets
Department of Transportation (DOT) Federal Highway Administration	Considérations écologiques au sens large aux fins de planification et d'atténuation
Federal Emergency Management Agency du Department of Homeland Security (DHS)	Atténuation des risques d'inondations et d'autres catastrophes naturelles, analyses coûts-avantages des activités d'atténuation des impacts des catastrophes
Department of Housing and Urban Development	Planification urbaine, préparation et intervention en cas de catastrophes naturelles

Source : Schaefer *et al.*, 2015

Enfin, l'Amérique du Nord se caractérise également par ses activités de développement numérique et leur pendant entrepreneurial, l'entreprise en démarrage moderne. Les milliards de dollars gagnés par les fondateurs d'entreprises comme Amazon, Apple, Ebay, Facebook, Google et Microsoft ont donné naissance à une approche toute à fait nouvelle à l'égard du développement de produits, inspirée du mimétisme des pratiques qui ont produit ces milliards. Ces pratiques mettent l'accent sur l'itération rapide, des essais continus, une tolérance élevée pour la création de structures et de processus lorsque les anciens semblent sous-optimaux et une appréciation des vertus de la perturbation. Une nouvelle génération de professionnels possède une expérience pratique de la mise en œuvre du modèle de démarrage et tient ses mérites pour acquis. Par conséquent, de plus en plus de personnes sont à l'aise avec ce modèle dans toute la région, y compris de nombreuses personnes s'intéressant à des enjeux environnementaux.

Ces dernières années, l'Amérique du Nord a été témoin de ce que l'on pourrait appeler une « fusion » des courants de gestion, déclenchant des vagues d'exemples qui prouvent le dynamisme d'approches stratégiques précédemment reconnues comme attrayantes sur le plan théorique, mais extrêmement difficiles à réaliser.

Une de ces approches rendait le processus de démarrage d'une entreprise moins risqué en plaçant l'expérimentation avant la planification élaborée, la rétroaction des clients avant la méthode intuitive, une conception itérative avant de grands travaux de conception initialement coûteux; on appelle cette approche le démarrage « allégé » (Blank, 2013). Le démarrage allégé est défini comme un ensemble de principes et de méthodes utilisés pour mettre en évidence et éliminer les inefficacités dans les processus organisationnels. Ce régime vise à permettre aux organisations d'améliorer la vitesse et la qualité de leurs processus en éliminant les activités superflues, telles que les délais d'attente, la surproduction de rapports inutiles, les anomalies, les instructions contradictoires et les étapes supplémentaires dans les processus. Un exemple de la façon dont la méthode allégée a été appliquée de manière fructueuse dans la

baie Samish de l'État de Washington est présenté dans l'**encadré 3.2.1**. L'USEPA fournit également des trousseaux de démarrage allégé et une foule de ressources et de documents de référence afin que les outils et techniques allégés d'une organisation puissent contribuer à une meilleure gestion des enjeux environnementaux, d'une manière plus rapide et plus intelligente.

## Innovation du système

L'innovation du système est un concept utilisé pour illustrer une approche de politique horizontale qui fait appel à la technologie, aux mécanismes du marché, à des règlements et à l'innovation sociale pour résoudre des problèmes sociétaux complexes de manière interdépendante. Dans le contexte de la gouvernance, cette approche va plus loin que la création d'une cohérence ou l'harmonisation des politiques, elle mobilise des acteurs politiques non gouvernementaux et met l'accent surtout sur la résolution des problèmes systémiques dans des secteurs ou des domaines technologiques particuliers (OCDE, 2015).

Pour passer à une gouvernance davantage axée sur l'innovation du système, il faut des outils analytiques perfectionnés permettant de modéliser les problèmes systémiques, et il faut aussi comprendre les liens de cause à effet entre différents éléments d'un système particulier, et prévoir de nouveaux modèles de normes et de plateformes technologiques, de même que des partenariats entre le secteur public et le secteur privé (OCDE, 2015).

## Résilience

La résilience, dans les termes les plus simples, peut être définie comme la capacité d'un système à résister aux perturbations et à les atténuer, et à rebondir par la suite, tout en continuant à fonctionner. L'augmentation de la résilience au niveau régional requiert une capacité d'anticiper le changement, puis de formuler des réponses communautaires en vue de favoriser un avenir plus durable, sans écarter d'options dans le processus (Saavedra et Budd, 2009). La réflexion sur la résilience est née dans le domaine des sciences naturelles

### Encadré 3.3.1 : Principales caractéristiques de la gouvernance adaptative

La gouvernance adaptative est plus qu'un mode de gouvernance : c'est un processus de résolution de problèmes en continu (Munaretto et al, 2014.). La force de cette approche réside dans le fait que la gouvernance adaptative vise avant tout à établir des façons et des moyens de se préparer aux changements et aux imprévus, ainsi que des stratégies qui tiennent compte de l'incertitude tout en intégrant des mesures d'action. En même temps, elle reconnaît que tous les plans comportent des faiblesses inhérentes auxquelles il faudra remédier. Voici un résumé des caractéristiques de la gouvernance adaptative :

- **les institutions polycentriques** : reconnaître les nombreux centres de pouvoir imbriqués et redondants, et un mélange des hiérarchies, des marchés et de l'autonomie des collectivités;
- **la collaboration** : les réseaux et les partenariats, un partage du pouvoir et de la responsabilité, l'organisation autonome et les mécanismes de résolution des conflits;
- **l'expérimentation** : mettre l'accent sur la politique et la gestion comme des expériences et un apprentissage par la pratique;
- **la souplesse, la complémentarité et la réversibilité** : permettre des ajustements lorsque de nouveaux renseignements deviennent accessibles, particulièrement en cas de grande incertitude;
- **la délibération collective** : recherche collective de solutions aux problèmes de la société;
- **la participation** : établir des partenariats avec des scientifiques, des utilisateurs des ressources, des parties intéressées et des responsables des politiques, ainsi que la communauté de pratique, apporter une diversité sur le plan de l'expérience, des points de vue, des préférences, des intérêts et des valeurs;
- **la variété** : viser l'élaboration de plusieurs cadres de problèmes et de solutions;
- **l'intégration de différentes sortes de connaissances** : les connaissances locales et traditionnelles; les connaissances scientifiques; les mécanismes d'acquisition, d'intégration et de partage des connaissances;
- **la création d'une mémoire sociale et organisationnelle** : la mobilisation et l'utilisation de l'expérience passée en matière de changements;
- **l'élaboration de stratégies d'apprentissage** : améliorer les routines et les pratiques de gestion par la remise en question des hypothèses, des faits, des valeurs et des normes; renforcer la confiance, l'appréciation et l'examen;
- **la prise de mesures à l'échelle biorégionale** : échelles correspondantes des écosystèmes et de la gouvernance;
- **le renforcement de la gestion de la résilience** : mettre l'accent sur la capacité d'un système d'absorber le changement, en tirer des leçons et s'organiser;
- **le développement de la capacité d'adaptation** : mettre l'accent sur la capacité de la société à s'adapter et la renforcer.

avec le travail de pionnier des écologistes C.S. Hollings, Lance Gunderson, et d'autres. Les spécialistes des sciences naturelles et des sciences sociales qui examinent la résilience étudient les cycles de vie de systèmes socio-écologiques complexes, ainsi que les facteurs qui rendent ces systèmes forts ou vulnérables (Mazur, 2013).

La question liée à l'essence de la résilience, ainsi qu'à la manière dont elle est acquise ou perdue, est au cœur d'importantes recherches menées en Amérique du Nord et ailleurs. Il existe un ensemble de travaux sur la résilience dans les domaines des sciences sociales et des sciences naturelles, ainsi qu'un nouveau champ d'études interdisciplinaires sur la



résilience des systèmes socio-écologiques intégrés (Downes *et al.*, 2013).

Ainsi, il est possible de relever le défi d'orienter l'Amérique du Nord vers une plus grande innovation du système et une architecture de gouvernance régionale plus résiliente au moyen des trois approches suivantes. Les études de cas fournissent plus de détails et de contexte en ce qui concerne les trois approches de gouvernance régionale.

### **Partenariats non classiques à l'échelle locale**

Les défis environnementaux et les changements climatiques présentent des problèmes complexes qui touchent de nombreux secteurs différents de la société de bien des façons. De la même manière, les solutions aux problèmes individuels peuvent bénéficier d'alliances non traditionnelles entre le gouvernement local, des groupes religieux, des militants et autres parties intéressées. Le programme Food and Fuel for the Forces (FF4F), par exemple, est un partenariat entre des agriculteurs, l'armée des États-Unis, l'administration locale et des militants pour une alimentation durable.

La motivation de l'armée est de préserver les paysages agricoles et forestiers, tandis que le résultat final est la réduction des émissions de gaz à effet de serre et un meilleur accès aux aliments locaux. Ces partenariats non classiques, qui se sont révélés une réponse aux pressions régionales et mondiales, présentent une pléthore de modèles potentiellement évolutifs devant être pris en considération par les gouvernements fédéraux en Amérique du Nord et à l'échelle mondiale.

### **Gouvernance inclusive**

L'enjeu principal dont il faut débattre et qu'il faut mettre en évidence dans l'approche de gouvernance inclusive à l'échelle régionale est la manière dont une meilleure gouvernance inclusive ou partagée permettrait aux collectivités marginalisées d'un point de vue politique et économique de participer davantage à la gestion des problèmes de dégradation et de pollution environnementale.

De nombreuses collectivités indigènes et rurales vivent dans des paysages naturels susceptibles de se dégrader. Il est nécessaire de mettre en place une approche de gouvernance inclusive des déchets et d'intendance des terres pour la santé humaine et le fonctionnement des écosystèmes à long terme. Les collectivités des Premières Nations, les collectivités tribales, afro-américaines, latino-américaines, de l'Asie et des îles du Pacifique et d'autres collectivités marginalisées du Canada devraient et doivent tenir un nouveau rôle dans la gouvernance environnementale partagée.

### **Gouvernance adaptative**

La question clé qui doit être examinée et mise en évidence dans l'approche régionale de la gouvernance adaptative est la suivante : Quels nouveaux outils, ressources et structures de gestion sont nécessaires pour parvenir à une gouvernance adaptative avec prévoyance et planification intégrée des ressources de manière à tenir compte des conséquences sur les thèmes environnementaux?

Les enjeux critiques du thème de la gouvernance adaptative pourraient inclure des facteurs de changement, comme la démographie et l'évolution démographique; les modes de consommation; le commerce illégal d'espèces de flore et de faune en péril; les changements sur le plan de l'utilisation de l'énergie; l'innovation dans le traitement des compromis, par exemple entre la protection des écosystèmes et le développement économique, afin d'éviter d'avoir à choisir entre l'un ou l'autre; la nécessité de prévoir; la capacité d'anticiper diverses possibilités; un paysage institutionnel évolutif intégrant de nouvelles données et encourageant les intervenants des secteurs public et privé et de la société civile à une plus grande action intégrée et collaborative (Halpern, 2015; Thaler et Sunstein, 2008).

La gouvernance adaptative se bute à un nouveau problème, qui est le degré de certitude du marché que le secteur privé exige, car le succès de la mise en œuvre des mesures de gouvernance adaptative dépend de la répartition des investissements en capital par rapport à la flexibilité des politiques. La politique provinciale de la Colombie-

### Encadré 3.3.2 : L'État de Washington protège les secteurs coquilliers de la baie Samish en adoptant de nouvelles approches de gouvernance.

Plusieurs gouvernements étatiques et locaux remettent en question les normes et adoptent de nouvelles méthodes de travail pour affronter les problèmes environnementaux les plus pressants. La gestion allégée est l'une de ces méthodes d'amélioration continue servant à mobiliser des équipes de personnel de première ligne afin de générer des réponses et des solutions rapides. La méthode allégée a été appliquée d'abord dans l'industrie manufacturière du secteur privé, mais a réussi à s'implanter dans d'autres industries. Elle est réputée pour avoir apporté des améliorations à la vitesse, la qualité et la rentabilité en éliminant les déchets des processus.

Les efforts déployés par le comté de Skagit dans l'État de Washington pour restaurer les coquillages de la baie Samish constituent un exemple de réussite de la méthode allégée pour la résolution de problèmes. En travaillant à l'échelle des organismes, des ordres de gouvernement et des divisions entre des intérêts privés et publics, les administrateurs du comté ont fait œuvre de pionniers sur le plan de la résolution novatrice de problèmes et de l'harmonisation des mesures à l'échelle de ces administrations.

Il y a cinq ans, des milliers d'hectares de bancs coquilliers de la baie Samish ont été fermés à la récolte après que des niveaux dangereux de pollution bactérienne par des coliformes fécaux aient été détectés dans la rivière Samish. Au cours des trois années suivantes, une grande coalition de groupes travaillant sous la bannière de la Clean Samish Initiative (initiative pour une rivière Samish propre) a pu réduire considérablement les niveaux de pollution. Cependant, la progression s'est retrouvée au point mort avant que les normes de l'État sur la pollution ne soient atteintes, et la qualité de l'eau est restée dangereuse pendant les périodes pluvieuses de l'année.

Dans le cadre de l'initiative axée sur les résultats du gouverneur de l'État de Washington, plusieurs organismes étatiques différents se partageant la responsabilité de la restauration des secteurs coquilliers ont commencé à chercher des moyens de mieux harmoniser leurs efforts. En utilisant des outils de la méthode allégée, ils ont concentré leurs activités sur le bassin versant de la Samish et, à la fin de 2014, ils ont lancé un long processus visant à sensibiliser les partenaires locaux et à jeter les fondements d'une action commune audacieuse.

Les travaux ont abouti au printemps de 2015 quand une équipe très diversifiée d'intervenants de première ligne s'est réunie lors d'un atelier intensif centré sur la recherche des causes profondes des problèmes et pas seulement des symptômes. Les participants représentaient trois instances gouvernementales locales, cinq agences gouvernementales différentes, des conchyliculteurs, des producteurs laitiers et la Nation indienne locale Samish. En travaillant dans le cadre du plan que l'équipe avait élaboré, la Clean Samish Initiative a déployé des efforts concertés pendant 90 jours pour déterminer et réduire les sources de pollution bactérienne par les coliformes fécaux dans la rivière Samish. Ces intervenants ont suivi des approches allégées fondées sur la collaboration pour cerner les problèmes restants et trouver des solutions pratiques sur le terrain afin d'éliminer les sources de pollution.

Les travaux sont maintenant caractérisés par une meilleure analyse des données, des employés habilités ayant un meilleur moral, une réduction de la complexité du processus, une meilleure vitesse de traitement, l'élimination des obstacles bureaucratiques et le déploiement rapide de solutions innovantes. La collaboration et l'innovation n'ont augmenté qu'après les 90 premiers jours, lorsque « l'amélioration continue » est devenue la nouvelle façon de faire de l'équipe. Les efforts visant à rouvrir les bancs coquilliers, après avoir connu un point mort, montrent à nouveau des progrès et un dynamisme croissant.



Groupe de coordination en matière de mollusques et crustacés relevant certains défis pour trouver des solutions efficaces sur le terrain  
©S. Klein

Britannique relativement à la taxe sur le carbone sans incidence sur les recettes est un bon exemple d'équilibre entre la certitude des marchés et la flexibilité réglementaire.

### 3.3.2 Nouvelle génération de l'informatique et de l'analyse environnementales

#### Exploiter la révolution des données

Les grands ensembles de données qui représentent la nature complexe de l'environnement et du comportement humain peuvent donner des résultats scientifiques incroyables. De nouvelles façons de relier les ensembles de données pour en tirer des enseignements utiles et des techniques créatives pour la visualisation des données font partie intégrante du processus de collecte de renseignements très utiles pour la prise de décisions. L'Amérique du Nord prouve depuis longtemps qu'elle peut relever des défis environnementaux grâce à son utilisation efficace des données. Cependant, en cette ère de connectivité accrue, d'analyses avancées et d'amélioration de l'informatique, cette région devra plus que

jamais faire preuve de leadership en matière de données en ajoutant de la valeur aux analyses.

La transformation rapide de l'information en temps réel sur les systèmes environnementaux peut se révéler un outil puissant pour l'élaboration des politiques. Aux États-Unis, les partenariats public-privé ont montré comment l'information peut être recueillie, analysée et utilisée pour éclairer les réponses stratégiques et informer le public. Les programmes de données ouvertes comme [ouvert.canada.ca](http://ouvert.canada.ca) et [data.gov](http://data.gov) deviennent de plus en plus populaires pour l'accès à des données et des ressources aux fins de la recherche. Les outils de collecte de données, tels que l'imagerie satellitaire, les nouveaux capteurs et les compteurs intelligents, favorisent la transformation et offrent de meilleures options pour répondre aux urgences environnementales ([data.gov](http://data.gov), 2015).

#### De meilleures données mènent à de meilleures décisions

À un moment où les effets des changements climatiques sont plus fréquents que jamais, il y a un besoin urgent

pour les décideurs de déterminer et de suivre de nouvelles méthodes pour aborder les enjeux. Les anciennes approches qui consistaient à recourir à la surveillance, à l'établissement de rapports et aux lois et règlements et aux codes pour gérer et atténuer les problèmes environnementaux ne tiennent plus la route. En période d'urgence, ce sont les méthodes les plus flexibles, rapides et précises qui permettent de prévenir ou de minimiser les risques environnementaux qui auront le plus d'influence. La révolution des données est bien amorcée et offre des possibilités sans précédent aux entreprises, aux gouvernements et aux citoyens pour exploiter les données afin de prendre des décisions éclairées en matière de protection de l'environnement (IEAG, 2014).

L'Amérique du Nord a fait des progrès considérables sur de nombreux plans, dont l'utilisation des données, de l'informatique et des analyses en mettant les données entre les mains des décideurs afin d'apporter des changements cruciaux aux systèmes; l'évaluation et la détection rapides des risques environnementaux; la gestion des systèmes complexes et la visualisation des données et le recours à l'économie comportementale pour favoriser la performance environnementale. Les exemples emblématiques de la section suivante illustrent comment l'Amérique du Nord est en train de transformer les données en données exploitables.

### **Prise de décision rapide, opportune et percutante**

Le nouveau paysage de données permet de communiquer des renseignements utiles aux décideurs qui peuvent apporter des changements cruciaux aux systèmes. Cette voie permet d'exploiter la puissance d'une infrastructure de données forte ayant une portée quasi universelle, en combinaison avec une forte augmentation de données pertinentes et une compréhension croissante des besoins des décideurs. L'agriculture de précision constitue l'un des exemples les plus avancés. Les décideurs agricoles de tous les niveaux doivent avoir accès à une information de qualité supérieure pour relever des défis environnementaux et économiques complexes. Il y a eu une croissance exponentielle au cours

des dernières décennies de la quantité de données recueillies sur les fermes du Canada et des États-Unis. Des données pertinentes sont saisies en temps réel par des capteurs de rendement, des applications de téléphone intelligent, des capteurs et des images d'identification par radiofréquence (IRF) provenant de satellites ou de drones pour appuyer une meilleure prise de décisions (Heppner, 2015). En tirant parti de l'analyse des données, les agriculteurs peuvent appliquer ce qu'il faut de soins et de ressources au bon endroit et au bon moment pour extraire autant de valeur que possible de chaque graine et minimiser les effets environnementaux en réduisant les déchets et la consommation d'énergie.

L'azote est un engrais efficace pour produire des rendements de cultures élevés, mais il peut se transformer rapidement de l'utile au nuisible lorsque l'excès est déversé dans l'eau, l'air et le sol. Il en résulte une contamination de l'eau potable, une eutrophisation des rivières et des lacs, des émissions de gaz à effet de serre – l'oxyde nitreux et d'autres formes de pollution par l'azote. Toutefois, les entreprises spécialisées dans l'agriculture de précision offrent des applications logicielles qui permettent aux agriculteurs d'appliquer efficacement des engrais azotés dans leurs champs. Les agriculteurs peuvent analyser et gérer les données recueillies sur leurs champs et déterminer des zones de gestion d'après l'analyse géospatiale pour, ensuite, faire varier en conséquence le taux d'engrais appliqué dans ces zones (Moran, 2013).

Le recours à l'agriculture de précision pourrait s'étendre bien au-delà de la production de cultures annuelles, elle a le potentiel de révolutionner les approches suivies pour surveiller et gérer les vergers, le bétail et les forêts. De nouvelles méthodes d'agriculture de précision permettant de recueillir des données en temps réel sur l'environnement représentent une étape importante vers une agriculture de haute qualité et durable. Cette infrastructure de données très utiles, universellement appliquée, pourrait soutenir les efforts visant à nourrir une population mondiale de 9,6 milliards de personnes en 2050 (Lowenberg-DeBoer, 2015).

### Encadré 3.3.3 : Les droits des Autochtones et l'exploitation des sables bitumineux

La grande majorité des gisements de sables bitumineux du Canada se trouve dans la partie nord-est de la province de l'Alberta. Cette ressource de pétrole a une grande teneur en énergie, mais les réserves se retrouvent en faibles concentrations, à de faibles profondeurs et s'étendent sur une vaste zone géographique par rapport aux réserves de pétrole habituelles. Par conséquent, cette ressource est extraite au moyen de procédés d'extraction à ciel ouvert et sa transformation nécessite de grandes quantités d'eau, dont une certaine partie est rejetée dans les réseaux d'eau souterraine, ce qui a des effets considérables sur l'environnement et le climat.

De nombreuses collectivités autochtones, dont cinq Premières Nations et sept collectivités locales de Métis, habitent dans cette région de l'Alberta. Leur relation avec les projets industriels est complexe. Jim Boucher, chef de la Première Nation de Fort McKay établie dans la région, a déclaré : « nous devons être réalistes [...] à propos de ce qui se passe ici dans les exploitations de sables bitumineux. Elles sont gigantesques et détruisent les terres; nos terres. De plus, les membres de nos communautés n'ont plus aucune possibilité d'emploi et ils ne retirent aucun bénéfice, à l'exception des sables bitumineux » [Traduction libre]. Cette dichotomie entre le développement économique et la santé de l'environnement et des êtres humains est difficile pour tous les échelons des gouvernements (Sterritt, 2014).

#### Évaluation rapide et détection des risques environnementaux

Les urgences environnementales, comme les déversements de pétrole, la contamination des eaux souterraines et le rejet de déchets toxiques, nécessitent des réponses rapides qui exigent l'utilisation rapide de nombreuses données et informations scientifiques provenant de plusieurs sources afin de minimiser les dommages environnementaux.

Le nouveau paysage des données permet une évaluation et une détection beaucoup plus rapide des risques environnementaux, en raison de la baisse des coûts, de capteurs plus puissants et plus flexibles et d'une approximation de la fonctionnalité *plug-and-play* (prêt-à-l'emploi). Le rythme et l'ampleur sans précédent des capacités de suivi et d'évaluation qui ont été déployées à la suite du déversement de pétrole de Deepwater Horizon en 2010 dans le golfe du Mexique constituent un cas d'espèce (Lubchenco *et al.*, 2012).

L'intervention menée dans le cas de Deepwater Horizon s'est appuyée sur les méga données d'intégration et

d'interopérabilité pour contenir les contaminants, arrêter le déversement de pétrole et limiter les dommages. Les secteurs public et privé ont coordonné leurs interventions en intégrant en quelques semaines les données d'ingénierie, les renseignements et les conseils. Des équipes de scientifiques ont participé à cette réponse accélérée afin d'analyser les données océaniques, météorologiques et végétales, et prévoir les zones qui seraient touchées afin de dépêcher rapidement du personnel et de l'équipement pour le nettoyage. Il y a eu une accélération rapide de l'acquisition de données scientifiques sur le confinement et l'atténuation des déversements en eaux profondes depuis cette intervention, bien que les scientifiques soulignent encore l'importance d'obtenir plus de données de référence pour comprendre rapidement et clairement les écosystèmes, les niveaux de toxicité, la santé humaine et le déplacement du pétrole avant la catastrophe. Les leçons apprises sont applicables aux futurs incidents et à la sensibilisation du gouvernement et de l'industrie sur les meilleures façons de se préparer et d'intervenir en cas de catastrophe (Alexander-Bloch 2014; Lubchenco *et al.*, 2012).



### Encadré 3.3.4 : Commission de coopération environnementale

Depuis 1994, le Canada et les États-Unis collaborent avec le Mexique par l'intermédiaire d'une organisation intergouvernementale unique appelée Commission de coopération environnementale (CCE). La CCE a été créée par l'Accord nord-américain de coopération dans le domaine de l'environnement (ANACE), qui a été négocié, puis est entré en vigueur en même temps que l'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA) pour veiller à ce que le libre-échange à l'échelle continentale soit accompagné d'une coopération efficace et d'une amélioration continue sur le plan de la protection de l'environnement de la part de chaque pays.

La CCE se compose d'un conseil, d'un secrétariat et d'un comité consultatif public mixte (CCPM). Le Conseil est l'organe directeur de la Commission et se compose de représentants de niveau ministériel de chaque pays. Le Secrétariat offre un soutien technique, administratif et opérationnel au Conseil. Le Comité consultatif public mixte (CCPM), composé de cinq citoyens de chaque pays, donne des avis au Conseil sur les questions qui relèvent de l'ANACE.

La CCE est financée à parts égales par Environnement et Changement climatique Canada, l'USEPA et le Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales du Mexique. Le plan stratégique de la CCE de 2015 à 2020 met l'accent sur trois thèmes d'activité coopérative :

- l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation de leurs effets;
- la croissance verte;
- les collectivités et les écosystèmes durables.

En plus de favoriser la coopération entre les trois gouvernements nationaux, la CCE a des pouvoirs et des objectifs uniques, y compris ceux-ci :

1. Favoriser la participation du public et la transparence. Les tentatives de la CCE de faire participer le public non seulement dans le secteur de la CCE elle-même, mais aussi de fournir au public la possibilité de présenter des commentaires aux trois gouvernements sur toute question relevant du champ d'application de l'ANACE.
1. Enquêter sur l'application des lois relatives à l'environnement. Les articles 14 et 15 de l'ANACE offrent aux citoyens la possibilité de demander au Secrétariat d'enquêter sur tout manquement d'un ou de plusieurs des trois pays dans la mise en œuvre et l'application de ses propres lois environnementales.
1. Appuyer les initiatives communautaires. Depuis 2010, la CCE a lancé un programme de subventions, connu sous le nom de Partenariat nord-américain pour l'action communautaire en environnement (PNAACE), pour financer les efforts des petites organisations engagées qui établissent des partenariats à l'échelle communautaire.

D'autre part, les limites des systèmes de détection de fuites à distance ne peuvent pas être sous-estimées. Les détecteurs à distance peuvent mieux détecter les ruptures et les déversements importants, mais ne détectent pas nécessairement bien les petits déversements, selon les données recueillies par la Pipeline and Hazardous Materials

Safety Administration (PHMSA). Il n'y a pas de solution parfaite pour repérer les déversements de pétrole, ce qui laisse entendre que les entreprises doivent allier la meilleure technologie de détection des fuites aux connaissances des opérateurs expérimentés (O'Connor, 2014; Song, 2012).

La détection des proliférations d'algues nuisibles est un autre exemple de la façon dont les progrès technologiques permettent de réduire le temps nécessaire pour réagir aux risques environnementaux. Ces proliférations se produisent naturellement, mais, ces dernières années, on a observé une intensification de celles-ci dans le monde. Cette intensification est causée par des facteurs comme les changements climatiques, le ruissellement agricole riche en éléments nutritifs, les fermes aquacoles côtières et le transport d'algues nuisibles dans l'eau de ballast des navires.

Une imagerie satellitaire de haute résolution, des détecteurs plus puissants et de meilleures capacités de communication ont considérablement contribué à la détection des proliférations d'algues nuisibles. De nouveaux instruments permettant de recueillir de manière autonome des données pertinentes de haute fréquence sur les algues nuisibles et l'environnement peuvent améliorer les capacités de prévision, favoriser des stratégies de prévention et minimiser l'obligation d'effectuer des analyses d'échantillons coûteuses sur des navires hydrographiques (Seltenrich, 2014). Le recours à la technologie pour prévoir et suivre les proliférations d'algues nuisibles peut réduire considérablement leurs effets sur la santé humaine, la pêche et l'économie.

## **Gestion des systèmes complexes et visualisation des données**

L'information est comprise plus facilement et plus rapidement quand des représentations visuelles sont utilisées pour communiquer des problèmes complexes.

Les défis environnementaux exigent des décideurs de visualiser et d'analyser de grands volumes de données et d'agir en se fondant sur ces données pour comprendre le passé et prévoir l'avenir.

En collaboration avec des universités, la nouvelle plateforme de Google Earth pour l'analyse scientifique et la visualisation d'ensembles de données géospatiales aide des partenaires fédéraux, étatiques et privés à prendre des décisions plus ciblées pour restaurer et protéger l'environnement.

L'Université du Montana a élaboré un outil de cartographie interactive, Sage Grouse Initiative (SGI), qui combine des couches d'éléments d'information essentiels pour dresser un tableau plus cohérent des paysages connectés. Par exemple, il est possible de visualiser les zones qui sont susceptibles de se rétablir après un incendie de forêt et de résister à une invasion de bromes des toits. Étant donné que le moteur Google Earth a été créé pour le Web, il est possible d'intégrer immédiatement les données scientifiques à la planification et la prise de décisions (Heater, 2016).

La nouvelle technologie permet une visualisation, une compréhension et une gestion plus efficaces des systèmes complexes. Ces capacités sont le résultat d'une combinaison de réseaux de détecteurs, de normes d'interopérabilité, d'une architecture de données ouvertes, d'environnements de modélisation ouverts et de l'émergence de puissants outils de données sur le Web. Elles sont à l'origine d'une avancée révolutionnaire sur le plan de l'évaluation des risques d'incendie en Amérique du Nord et des nouvelles méthodes de surveillance des réseaux de bassins versants au moyen de détecteurs en réseau couplés à des modèles hydrologiques répartis en temps réel.

L'Open Water Data Initiative (initiative de données ouvertes sur l'eau) est un exemple de projet ayant adopté une approche intégrée de la compréhension des problèmes en alliant un ensemble complet de données sur l'eau dans un cadre national de données hydrologiques à la capacité de tirer parti des infrastructures, des outils et des systèmes existants. Ce genre de cadre intégré permet des recherches plus rapides, des prévisions précises, une modélisation accrue et une meilleure compréhension des interactions entre l'eau, la terre et le climat dans une période de grands changements hydrologiques. Les scientifiques, les météorologues et les équipes d'intervention d'urgence peuvent résoudre les problèmes et élaborer plus efficacement des solutions en exploitant la plateforme géospatiale (Blodgett *et al.*, 2015; OWDI, 2015).

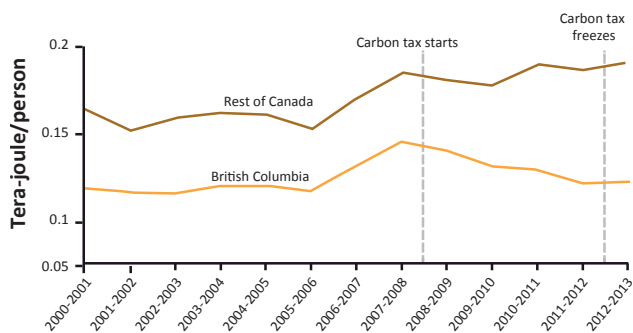
Les technologies perturbatrices permettent désormais une meilleure visualisation et une meilleure prévision de la

### Encadré 3.3.5 : Taxe de la Colombie-Britannique sur le carbone sans incidence sur les recettes

En 2008, la province canadienne de la Colombie-Britannique a lancé un régime de taxe sur le carbone sans incidence sur les recettes, qui a pour effet de diminuer l'utilisation des combustibles fossiles par rapport au reste du pays, sans nuire à l'économie provinciale (Mankiw, 2015). En plus de mettre un prix sur le carbone, le projet de taxe sur le carbone de la Colombie-Britannique n'a aucune incidence sur les recettes, ce qui signifie que chaque dollar généré par la taxe revient aux résidents de la Colombie-Britannique grâce à des réductions d'autres taxes. Le ministre des Finances de la Colombie-Britannique est tenu par la loi de préparer chaque année un plan de trois ans pour le recyclage des recettes de la taxe sur le carbone par d'autres réductions fiscales (Murray et Rivers, 2015; ministère des Finances de la Colombie-Britannique, 2015).

La Colombie-Britannique impose un certain nombre de taxes liées au carbone principalement aux carburants de transport, au gaz naturel et aux combustibles utilisés dans les procédés industriels; en même temps, elle offre un certain nombre de réductions d'impôts, y compris une réduction du taux d'imposition des particuliers, un crédit d'impôt pour les mesures climatiques aux résidents à faible revenu, une réduction des taux d'imposition des petites entreprises, une réduction du taux général de l'impôt des sociétés et des réductions de l'impôt sur les biens industriels et agricoles. En outre, la Colombie-Britannique a remis un paiement unique de 100 dollars canadiens à tous les résidents en juin 2008 (Sumner et al., 2009).

Figure 3.3.1 : Les ventes de combustibles soumises à la taxe sur le carbone en Colombie-Britannique



Source : Elgie et McClay (2013)

L'imposition d'une taxe à la consommation sur les émissions de gaz à effet de serre serait politiquement difficile, quels que soient ses mérites sur le plan de l'efficacité environnementale et économique. Une leçon importante tirée de la taxe sur le carbone de la Colombie-Britannique est que le soutien et l'acceptation populaires d'une taxe sur le carbone dépendent des prix du carburant en vigueur et des conditions économiques au moment du lancement. Bien que l'imposition d'une taxe sur le carbone semble avoir été politiquement populaire en Colombie-Britannique et au Canada quand elle a été initialement lancée, l'opposition s'est accentuée lorsque les prix du carburant ont augmenté et que les conditions économiques se sont détériorées. Il demeure difficile de déterminer si les taxes sur le carbone peuvent obtenir un soutien pendant une période économique difficile (Duff, 2009; Wiebe et Duff, 2009).

propagation des incendies de forêt en temps réel à l'aide de nouveaux instruments satellitaires à haute résolution, de détecteurs, de cartes interactives et de données historiques. L'analyse prédictive des données, les outils de modélisation et les simulateurs d'incendie sont essentiels pour aider les pompiers à prendre des décisions proactives (Ressources naturelles Canada, 2015c).

Lorsqu'il existe des lacunes dans les données, les scientifiques citoyens tiennent un rôle essentiel pour combler les lacunes sur lesquelles les gouvernements sont incapables de recueillir des données pertinentes. La science citoyenne, aussi connue sous le nom de science communautaire, constitue un mouvement croissant qui fait participer le public à des découvertes, à la surveillance et à l'expérimentation scientifiques dans un large éventail de disciplines et de recherches (Theobald *et al.*, 2015). Par exemple, le Community Collaborative Rain, Hail and Snow Network (réseau de collaboration communautaire sur la pluie, la grêle et la neige) a recours à l'externalisation ouverte des données et fait appel à près de 20 000 bénévoles pour

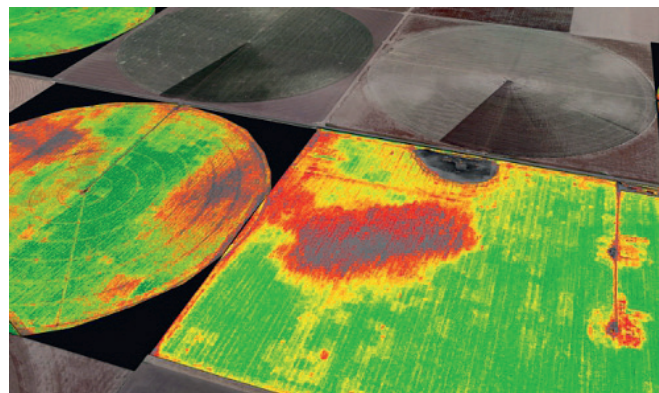
recueillir des données quotidiennes sur les précipitations au Canada et aux États-Unis (Doesken et Reges, 2010).

### **L'économie comportementale pour stimuler le rendement environnemental**

Enfin, en même temps que la technologie des données et des systèmes d'information a pris son envol, le domaine de l'économie comportementale a donné lieu à une nouvelle approche de l'élaboration des politiques qui est très adaptée à l'utilisation efficace de l'information.

Il existe plusieurs exemples de la façon dont le recours efficace à l'économie comportementale a donné lieu à des changements importants qui ont influé positivement sur l'environnement. L'équipe des sciences sociales et comportementales (SBST) de la Maison-Blanche a découvert qu'une petite fenêtre contextuelle qui s'affiche automatiquement avait le pouvoir de faire économiser de l'argent et des ressources. En effet, un message simple s'affichant dans cette fenêtre encourage les employés du

Figure 3.3.2 : L'information agricole à l'aide des drones



Les entreprises technologiques fournissent des renseignements agricoles recueillis par des drones permettant aux utilisateurs d'enregistrer des données aériennes sur les cultures au niveau des champs afin de comprendre les problèmes qui limitent le rendement. Grâce à ces données rapides et fiables à l'appui de décisions sur le terrain, cette technologie présente un énorme potentiel pour les producteurs agricoles désireux d'accroître les rendements des cultures.

Source : © Agribotix LLC, 2016.

corps exécutif à passer à l'impression recto verso et permet d'économiser 300 millions de feuilles de papier par an (Holdren, 2015). La SBST cherche à mieux comprendre le comportement humain, comme la façon dont les gens se mobilisent, participent et répondent aux politiques et aux programmes, aux fins de l'amélioration des politiques et des programmes fédéraux.

Le domaine de l'économie comportementale attire l'attention des économistes-écologues pour comprendre les motivations et les forces motrices du comportement humain sur le plan de la prise de décision. Le comportement des consommateurs est complexe et difficile à prévoir de manière fiable – en dépit des recherches, des connaissances et de la sensibilisation orientée vers des choix bénéfiques pour l'environnement, de nombreux consommateurs continuent de compter sur les ressources non renouvelables, ne parviennent pas à recycler, ont gardé des habitudes de gaspillage, sous-utilisent les transports en commun et ont des comportements peu respectueux de l'environnement ou qui lui nuisent. L'économie comportementale est un domaine de recherche actif qui donne des « coups de pouce » efficaces pour encourager le changement de comportement (Frederiks *et al.*, 2015).

Cette science est également appliquée à la gestion axée sur la demande, encourageant les consommateurs à changer la façon dont ils utilisent l'électricité. L'Energy Information Administration (EIA) des États-Unis s'intéresse à la façon dont l'économie comportementale peut influencer sur la demande d'énergie. Il est difficile de répondre à une forte demande; par conséquent, la gestion axée sur la demande a pour objet de motiver les clients à utiliser moins d'électricité pendant les heures de pointe ou à consommer de l'électricité pour leurs besoins pendant les périodes creuses, le soir et les fins de semaine. Des stratégies, comme les récompenses, la sensibilisation ou les incitatifs financiers, sont mises en œuvre pour encourager le changement de comportement.

La société Opower est un bon exemple de l'application commerciale de la gestion axée sur la demande. L'économie comportementale a le potentiel de favoriser la protection de

l'environnement et de générer des propositions solides pour la conception des politiques environnementales (EIA, 2014).

### Méga données, lourde responsabilité

L'Amérique du Nord est riche en données et pourrait tenir un rôle clé en aidant les pays pauvres en données à relever les défis du développement et à atteindre les objectifs de développement durable (ODD). Le défi consiste à mobiliser les ressources et à combler les lacunes de l'accès et de l'utilisation des données entre les pays développés et en développement, entre les pays riches et pauvres en information, et entre les secteurs public et privé. La **figure 3.3.6** montre comment les économies avancées sont en avance pour ce qui est de presque tous les indicateurs d'accès, d'utilisation et d'incidence des technologies numériques. Entre-temps, il existe des outils qui permettent de passer sans transition aux technologies actuelles, comme les téléphones cellulaires, et de recueillir des données, fournir des renseignements comportementaux et diffuser l'information. Les agriculteurs des pays en développement sont en mesure d'obtenir des prévisions météorologiques sur leurs téléphones ainsi que de communiquer avec d'autres agriculteurs.

Dans l'ensemble, la distribution de la technologie et de l'innovation des pays développés aux pays en développement pour le bien commun fera en sorte que les données joueront un rôle déterminé dans la réalisation des ODD (IEAG, 2014).

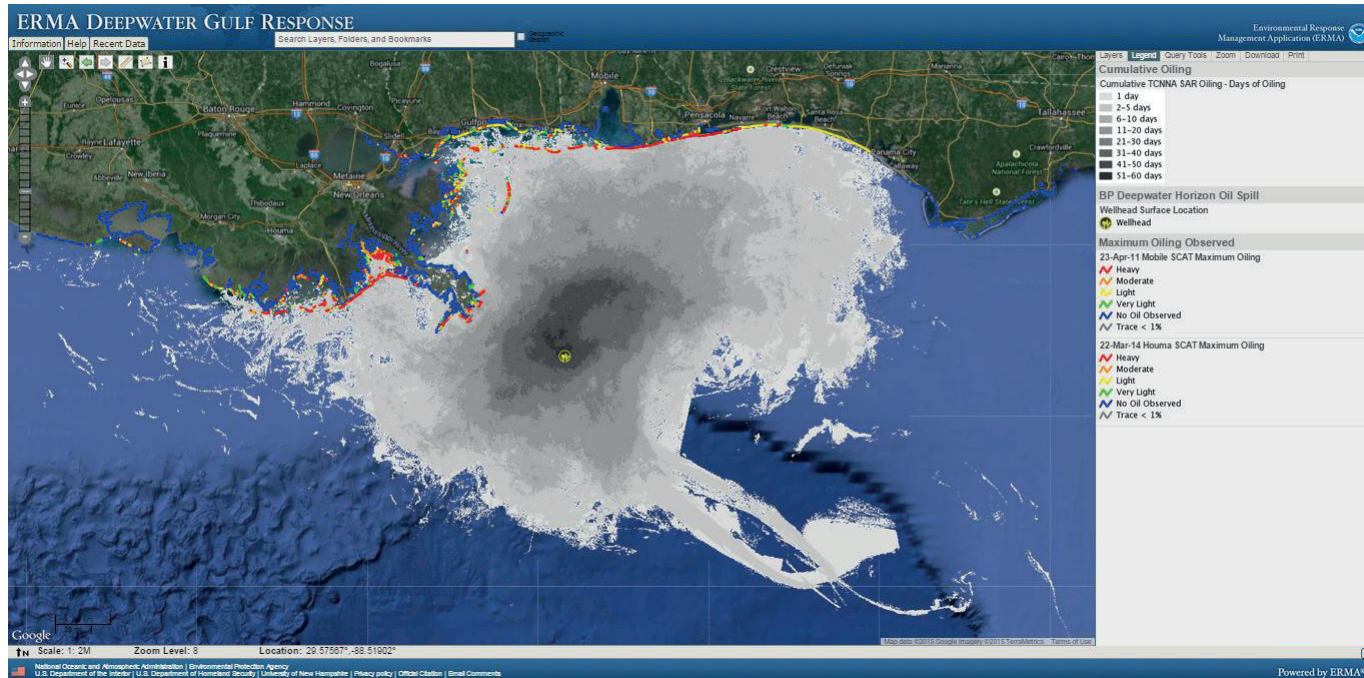
### 3.3.3 Faire avancer le développement durable à l'échelle des villes

L'expérience récente en Amérique du Nord montre que les villes sont bien adaptées pour gérer les problèmes, car elles créent des changements sociaux, sont collectivement bien adaptées à répondre aux nécessités et sont accessibles.

La capacité des villes à créer des changements est souvent plus prometteuse que celle des gouvernements nationaux. Elles peuvent réglementer directement l'utilisation des terres et modifier les politiques de taxe foncière avec une



Figure 3.3.3 : ERMA : application de cartographie Web à l'appui de l'intervention dans le golfe lors de l'explosion de la plateforme Deepwater Horizon



L'équipe ERMA (Environmental Response Management Application) a créé une nouvelle version régionale de l'application de cartographie Web, intégrant des données propres au golfe du Mexique et à l'évolution rapide du déversement de pétrole provenant de la plateforme Deepwater Horizon, quelques jours seulement après la catastrophe. Sur cette image, on voit l'emplacement de la tête de puits, la progression de jour en jour de la nappe d'hydrocarbures à la surface de l'océan et le niveau de déversement observé sur le rivage.

Source : NOAA, 2014

plus grande liberté. Mis à part quelques exceptions, les villes sont généralement moins paralysées par les dissensions idéologiques, ce qui permet de se concentrer plus facilement sur la résolution de problèmes fondée sur les intérêts et les preuves.

Au cours des dernières années, les villes nord-américaines ont saisi les occasions d'apporter des améliorations spectaculaires sur diverses questions environnementales.

Contrairement à l'année 2000, lorsque l'on considérait généralement que les villes européennes avaient fait plus de

progrès en matière de développement durable que celles de l'Amérique du Nord, une comparaison faite en 2011 a permis de constater des réussites spectaculaires au Canada et aux États-Unis, ce qui rétrécit, voire comble, l'écart entre les deux continents (EIU, 2011; Beatley, 2012 ).

En Amérique du Nord, on reconnaît de plus en plus que bon nombre des avancées les plus prometteuses en matière d'intervention environnementale découlent de la fusion créatrice de plusieurs éléments des instruments de politique et souvent de manières inédites. Par conséquent, il y a un intérêt accru à soutenir des efforts continus visant à créer

des conditions favorables à cette innovation en matière de politiques. Par exemple, l'investissement dans des outils d'analyse et de recherche méthodologique facilitant la mise en œuvre de la comptabilité du capital naturel contribue à une meilleure gestion des ressources et à une plus grande transparence, reddition de comptes et compréhension du risque. De même, l'investissement dans les infrastructures de données et d'information, y compris les cadres juridiques et stratégiques qui soutiennent ces infrastructures, facilite les activités d'envergure pouvant tirer parti de la puissance des données et de l'information pour atteindre des objectifs environnementaux.

En Amérique du Nord, les villes sont devenues plus en plus des centres d'innovation dynamique sur le plan des politiques environnementales. Ces dernières années, les politiques environnementales urbaines ont fait l'objet de beaucoup d'attention et ont été de plus en plus au cœur d'initiatives audacieuses s'attaquant à certains des éléments les plus difficiles du programme de développement durable.

Les villes se révèlent capables d'aborder des enjeux difficiles de manière pragmatique et constructive, sans susciter autant de dissensions et de polarisation qui caractérisent une grande partie du milieu des politiques environnementales à l'échelle nationale. Ce contraste entre la polarisation nationale et le pragmatisme urbain concorde avec une constatation générale qui confirme que les politiques urbaines sont relativement non partisans (Ferreira et Gyorko, 2009). La plupart des villes américaines organisent des élections d'une manière non partisane; des 30 plus grandes villes, seules huit d'entre elles ont tenu des élections partisans (NLC, 2015).

En plus d'avoir un climat politique favorable, en général, les villes se sont aussi souvent dotées d'un ensemble d'instruments stratégiques qui convient bien à un groupe de problèmes épineux en matière de développement durable pour lesquels la recherche de solutions se révèle difficile et complexe.

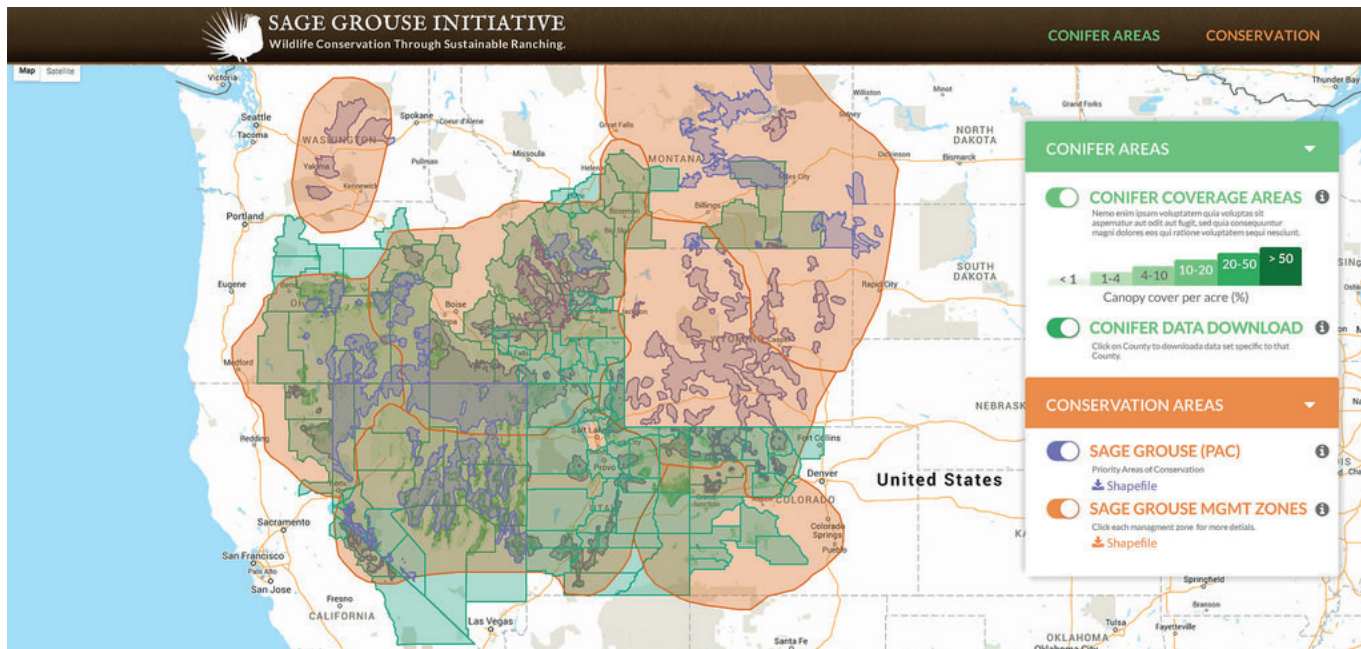
Dans une plus grande mesure que les gouvernements nationaux, elles peuvent coordonner les mesures et les investissements dans plusieurs secteurs, soutenir des recherches à long terme de compromis justes et de stratégies efficaces et se livrer à une planification détaillée axée sur le lieu.

## **Approches novatrices aux défis des infrastructures urbaines**

Les villes servent de lieux expérimentaux pour l'expression pratique de politiques axées sur le développement durable et les régimes d'adaptation progressive (Whitehead, 2013; Betsill, 2001). Des menaces à la sécurité écologique urbaine ont incité les villes à prendre des mesures novatrices pour atténuer les futures contraintes écologiques et protéger les intérêts sociaux et économiques. Cela représente un éloignement par rapport à la sagesse traditionnelle qui perçoit les contraintes des ressources comme des facteurs limitant la croissance et met plutôt l'accent sur un cadre systématique reconnaissant la nécessité de se préparer adéquatement à un futur anticipé (Hodson et Marvin, 2009). Les villes se distinguent par leurs aptitudes et leurs capacités à mettre en œuvre le changement souhaité.

Les villes modernes sont souvent confrontées au problème du ruissellement des eaux de surface en raison des surfaces imperméables couvrant de vastes espaces urbains (Spirn, 1984). Par exemple, dans la ville de Philadelphie, en Pennsylvanie, il faut à peine un dixième de pouce (2,54 mm) de pluie pour que le vieux réseau d'égout unitaire de la ville rejette des volumes importants d'eaux pluviales et d'eaux usées non traitées dans les cours d'eau (Bauers, 2009). Pour remédier à ce problème d'infrastructures urbaines, Philadelphie a élaboré le premier et seul plan d'infrastructure verte qui soit approuvé par l'USEPA. Ce plan vise à convertir 34 % des surfaces imperméables existantes dans les zones de drainage du réseau d'égout unitaire en « acres reverdis » d'ici 2036 et faire économiser 5,6 milliards de dollars américains par la même occasion en évitant la voie traditionnelle des infrastructures grises.

Figure 3.3.4 : Outil de cartographie interactive de l'initiative concernant le Tétrás des armoises



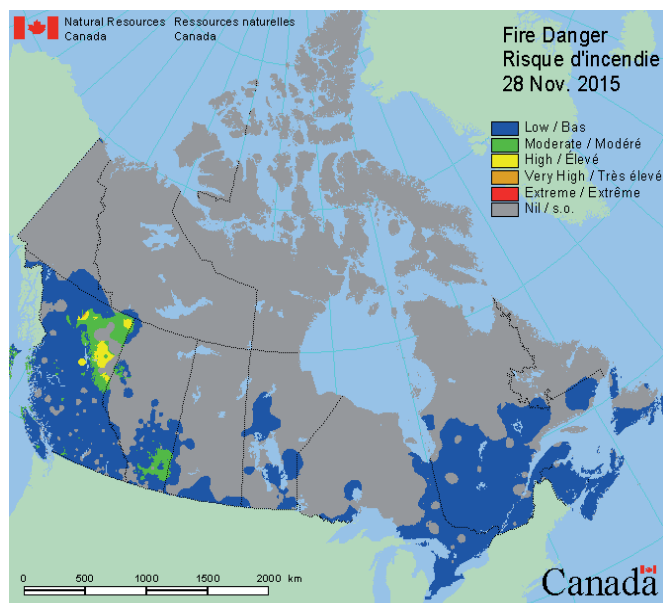
L'application Web interactive de l'initiative concernant le Tétrás des armoises permet aux écologistes de planifier les meilleures initiatives de conservation afin de rétablir l'habitat du Tétrás des armoises.

### Encadré 3.3.6 : Lancement de l'initiative sur les données du climat avec une solide participation des secteurs public et privé.

En 2014, la Maison-Blanche a lancé l'initiative sur les données du climat, une idée nouvelle et ambitieuse axée sur le regroupement de données ouvertes du gouvernement à grande échelle et de processus de conception concurrentiels visant à élaborer des plans fondés sur les données et des outils de résilience pour les collectivités locales.

L'engagement pris par les secteurs privé et philanthropique contribuera à la mise en œuvre d'initiatives pour offrir aux collectivités de toute l'Amérique du Nord l'information et les outils dont elles ont besoin pour se préparer face aux impacts actuels et futurs du climat. L'initiative sur les données du climat s'élargit en s'appuyant sur les succès remportés par l'Administration Obama qui a exploité efficacement les données ouvertes du gouvernement. Depuis le lancement du projet en 2009, le gouvernement a diffusé, sur son site Web central de données, une quantité importante de données précieuses difficiles à obtenir dans des secteurs comme l'énergie, la santé, l'éducation, le développement mondial et la sécurité publique. Les chercheurs, les innovateurs et les entrepreneurs utilisent ces données ouvertes pour créer des services, faire des affaires et utiliser des outils et des applications (Maison-Blanche 2014).

Figure 3.3.5 : Système canadien d'information sur les feux de végétation : Intensité du front au Canada, 2015



Source : Ressources naturelles Canada 2015c

Le programme « Green City, Clean Waters » (ville verte, eaux pures) de Philadelphie est un projet d'infrastructure verte de collecte des eaux pluviales avec un « effet à triple rendement » prévoyant divers avantages environnementaux, sociaux et économiques. On estime que ce plan permettra de compenser 1,5 milliard de livres de carbone par an, ce qui équivaut à retirer 3 400 voitures des routes, en plus de 8,5 millions de dollars américains en améliorations de la qualité de l'eau et de l'habitat sur une période de 40 ans.

Durant le processus, le projet permettra de créer 250 emplois verts locaux et d'autres types d'emplois, y compris des occasions particulières pour les prisonniers de réintégrer la société. Environ 20 décès liés à l'asthme seront évités, on enregistra une diminution de 250 jours d'absence du travail et de l'école, et il y aura 140 décès liés à la chaleur urbaine de moins sur 20 ans. Les ajouts afférents à l'infrastructure verte

devraient se traduire par une augmentation de la valeur des propriétés de l'ordre de 390 millions de dollars américains sur 45 ans, de pair avec une augmentation simultanée des impôts fonciers que la Ville prélèvera (PWD, 2011).

L'infrastructure verte est devenue une stratégie de planification importante qui a permis d'améliorer les systèmes de l'espace urbain au cours des dernières décennies (Tzoulas *et al.*, 2007). Dans un sens plus général, l'infrastructure verte peut être définie comme un système complexe s'étendant à plusieurs contextes géographiques, constitué de multiples composantes (p. ex., les arbres, le sol et l'infrastructure construite) organisées au sein d'un paysage, accomplissant de multiples fonctions et offrant tout un éventail d'avantages (Rouse et Bunster-Ossa, 2013).

Les ajouts de l'infrastructure verte à ce projet s'étendront sur bon nombre d'espaces, notamment 38 % de rues vertes, 2 % d'écoles vertes, 3 % d'installations publiques vertes, 5 % de parcs de stationnement verts, 10 % d'espaces verts, 16 % d'industries, d'entreprises, de commerces et d'institutions vertes, 6 % d'allées, de voies d'accès et de chemins piétonniers verts et 20 % d'habitations vertes. Depuis l'adoption de cette initiative en juin 2011, le Philadelphia Watershed Department (PWD) et des promoteurs privés ont présenté à la ville plus de 1 100 « outils verts s'appliquant aux eaux de ruissellement » (PWD, 2011).

Bien que bon nombre de villes aux États-Unis aient eu recours à des infrastructures vertes pour gérer les débordements d'égouts unitaires, Philadelphie est la première ville à s'appuyer principalement sur des infrastructures vertes. En complément à ces initiatives, en 2006, le PWD a mis en place des règlements exigeant des promoteurs qu'ils gèrent le premier pouce (25,4 mm) de pluie pour tous les nouveaux projets d'aménagement et de réaménagement de certaines tailles (Hansen, 2007).

Le plan de Philadelphie n'est pas le résultat d'un changement soudain de politiques, d'attitudes du public ou de bonnes relations, mais plutôt le fruit d'une coordination longue d'une décennie entre des organismes, qui s'est traduite par



la fusion de trois services (qui sont devenus le Philadelphia Watershed Department) ainsi que par la création d'un partenariat avec des organismes sans but lucratif visant à changer les attitudes du public (Madden, 2010).

L'adoption de techniques de collaboration et de mécanismes de coordination novateurs est facilitée par une motivation à réduire les vulnérabilités (Hughes, 2015). On considère que la gouvernance est un facteur qui influe sur l'efficacité des mesures d'adaptation au climat (Mazmanian *et al.*, 2013). Tandis que la gouvernance a été comprise par le passé comme un cadre d'intervention mis en place par le gouvernement pour répondre aux préoccupations du public, cette enclave s'est élargie pour englober d'autres acteurs importants dans la gestion de ces préoccupations (Bell et Hindmoor, 2009). Cette approche est bien reflétée dans la coordination réussie du programme d'infrastructure verte pour les eaux de ruissellement de Philadelphie, ainsi que dans le programme récent de parc de Riverfront de Newark, au New Jersey, qui a reçu le Smart Growth Achievement Award de la part de l'USEPA en 2015.

De nouveaux mécanismes de collaboration ont été créés lorsque le Department of Environmental Protection du New Jersey et l'Army Corps of Engineers (États-Unis) ont conjointement examiné le permis d'aménagement du secteur riverain pour le projet de parc de Riverfront, afin d'exécuter rapidement ce qui est habituellement un processus d'examen poussé. Situé sur le site d'une ancienne fonderie de métaux et dans le voisinage d'Ironbound (Newark), une zone résidentielle présentant une diversité ethnique élevée et un grand nombre de cols bleus, le bord de la rivière Passaic était inaccessible à la population durant plusieurs décennies en raison de son utilisation commerciale et de sa contamination. Grâce à un processus de participation novateur qui a réuni plus de 6 000 résidents lors d'excursions en bateau le long de la rivière et à des programmes éducatifs de sensibilisation à l'intention des jeunes, la Ville a dépassé les objectifs de sa campagne « 2 cents from 2 percent » qui visaient à ce que les citoyens influent sur la conception du projet de parc et que les nouveaux aménagements reflètent

les valeurs et les intérêts de la collectivité, tout en préservant l'identité de celle-ci (USEPA, 2015m).

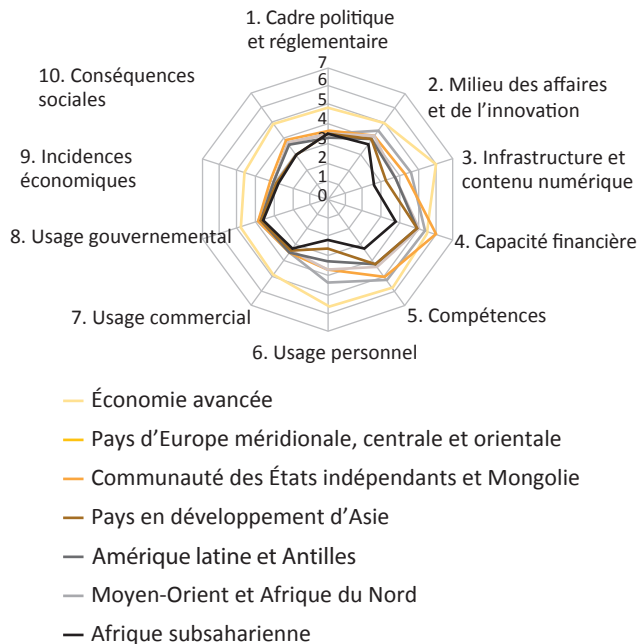
Outre son utilisation comme espace public, ce parc agit en même temps comme site de traitement passif des eaux de ruissellement en étant une zone non construite qui possède aussi de petits canaux de drainage s'écoulant parallèlement aux sentiers de promenade. En outre, des mécanismes financiers novateurs ont permis à la Ville de Newark d'utiliser les espaces verts du parc comme outil de recouvrement de l'environnement. Le « recouvrement » renvoie généralement au pavage d'un site ou à la construction d'une structure, mais l'utilisation de cet outil a permis à la Ville d'étirer son budget et d'attribuer des fonds pour l'assainissement à l'aménagement du parc de Riverfront (Ville de Newark, 2012). La présence de ce parc peut favoriser le rétablissement d'habitats perdus et le retour d'espèces fauniques et contribuer à réduire les inondations et la pollution par les eaux de ruissellement (USEPA, 2015n).

Entre-temps, dans la municipalité régionale d'Halifax, en Nouvelle-Écosse, la congestion routière a suscité des débats en 2011 concernant la nécessité d'imposer un « péage à la congestion » sur les routes qui mènent à la ville (CBC, 2013). Le problème de la congestion n'est pas nouveau à Halifax, puisqu'un document de discussion préparé en 2001 par la chambre de commerce d'Halifax (CCH) a indiqué que les réseaux de transport de la municipalité étaient dans un « état critique » et que cela affectait de façon négative quatre différents centres de commerce : le parc industriel Burnside, Bayers Lake Park, le centre-ville d'Halifax et les établissements de vente au détail qui se trouvent le long de la route de Bedford (CCH, 2001).

Pour résoudre ce problème de transport, la municipalité régionale d'Halifax a rédigé, en 2006, un plan de transport actif qui a été par la suite mis à jour en 2014. En 2010, la Ville a également élaboré un plan fonctionnel de la gestion de la demande en transport qui a par la suite été intégré dans le plan régional de 2014, aboutissant ainsi à la fusion de la gestion de la demande en transport et du transport actif.



Figure 3.3.6 : Inégalités dans l'accès aux services des technologies de l'information et des communications (TIC) et dans l'utilisation de ceux-ci



Source : ERC, 2014

La gestion de la demande en transport agit en tandem avec le transport actif en facilitant les programmes, politiques et initiatives qui augmentent l'efficacité du transport et permettent d'atteindre des objectifs précis qui accordent souvent la priorité au « transport actif » (p. ex., toutes les formes de modes de transport à énergie humaine comme la marche et la pratique du vélo) (Seber, 2014).

Le plan régional de la municipalité régionale d'Halifax énonce les objectifs suivants : favoriser des modes de vie sains, accroître la mobilité et la sécurité publique, améliorer la qualité de l'environnement et réduire la dépendance à l'égard des automobiles, en tant que facteurs de motivation pour le transport actif (MRH, 2014). En faisant participer

des citoyens en ligne et en personne, la Ville d'Halifax a pu établir un ordre de priorité parmi les options en matière de transport dont elle a le plus besoin. Il s'agissait de réseaux de pistes cyclables intégrées à la route et de voies cyclables améliorées.

En Amérique du Nord, les villes commencent déjà à mettre en œuvre des projets liés aux objectifs du développement durable (ODD) et à lutter contre les changements climatiques à l'échelon municipal par des moyens divers et entrepreneuriaux qui sont porteurs de progrès tangibles. L'enjeu du climat occupe maintenant une place de choix dans le programme d'élaboration des politiques de presque toutes les grandes villes de la région et, à bon nombre d'endroits, les chefs de file locaux se sont montrés efficaces à réduire les émissions et à améliorer l'adaptation au climat.

Ces progrès se traduisent par l'émergence d'un urbanisme stratégique, qui ne sera catalysé de façon plus poussée qu'avec la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030.

### 3.4 Conclusion

La description faite ici des options et de la réponse de l'Amérique du Nord en matière de politiques environnementales concernant l'air, le sol, le biote, l'eau et les déchets nous montre que les décideurs de cette région du monde font face à de nombreux défis. En ce qui concerne les enjeux importants de l'adaptation aux changements climatiques et de l'énergie, le Canada et les États-Unis ont un rôle important à jouer pour inverser la courbe des émissions. Les deux pays ont participé aux négociations de Paris visant à conclure un accord universel et juridiquement contraignant sur le climat et à maintenir la hausse des températures mondiales sous la barre des 2 °C. La mise en œuvre de l'accord sera essentielle à l'atteinte de ces cibles ambitieuses.

Il ne fait pas de doute que la prise de décisions en matière d'environnement est un processus complexe, notamment lorsqu'il est nécessaire de recourir à une approche de pensée systémique pour influencer sur les interventions. Cependant,

### Encadré 3.3.7 : Réseau LEO – Utilisation de la technologie pour partager des observations sur l’environnement

Le monde évolue rapidement, et des observateurs locaux peuvent déceler des changements subtils dans les conditions météorologiques, les paysages terrestres et marins et les communautés végétales et animales. En 2009, l’Alaska Native Tribal Health Consortium (ANTHC) a mis sur pied le réseau des observateurs locaux de l’environnement (LEO) en reconnaissance de la valeur des connaissances locales et traditionnelles et de la nécessité de disposer d’un outil pour documenter et partager des observations sur l’environnement. Le but consistait à accroître la sensibilisation à l’égard des vulnérabilités et répercussions liées aux changements climatiques et à établir un lien entre les personnes qui possèdent des connaissances écologiques traditionnelles et locales, les responsables des politiques et les experts techniques. Le réseau LEO repose sur l’application Google Maps et permet d’afficher des observations d’événements inhabituels ou uniques dans l’environnement, puis de partager ces observations avec les membres du réseau. Les cartes contiennent des descriptions d’événements, des photos, des commentaires d’experts et des liens vers des ressources documentaires. Le réseau LEO s’est élargi et inclut maintenant des centaines de participants qui contribuent à améliorer notre compréhension des nouveaux effets des changements climatiques.

Il s’agit d’un réseau d’observateurs locaux et d’experts en la matière qui partagent des connaissances sur des événements inhabituels touchant la faune, l’environnement et les conditions météorologiques. Ces observations reposent sur les connaissances locales et traditionnelles ainsi que sur l’expérience des membres du réseau. Grâce au réseau LEO, vous pouvez établir un lien avec d’autres personnes au sein de votre collectivité et ainsi contribuer à la détection et à la surveillance d’événements ayant des effets sur l’environnement et à les comprendre. Vous pouvez également entrer en contact avec des experts en la matière de nombreux organismes différents et devenir membre d’une communauté d’observateurs plus élargie.

Les collectivités de l’Arctique ont été parmi les premières à être touchées par des impacts significatifs des changements climatiques. En 2009, l’ANTHC a créé le Center for Climate and Health afin de contribuer à décrire les liens entre les changements climatiques, les impacts environnementaux et les effets sur la santé. En 2012, le réseau LEO a été lancé afin d’aider les représentants du système de santé tribal et les observateurs locaux à partager de l’information sur le climat et d’autres éléments déclencheurs de changements environnementaux.

En 2015, l’ANTHC et Resource Data Inc. (RDI) ont mis au point une application pour le réseau LEO permettant d’améliorer l’accès aux données et aux caractéristiques d’analyse du réseau ainsi que la gestion des données. Au cours de la même année, le réseau LEO a été choisi comme programme modèle sous la présidence états-unienne du Conseil de l’Arctique pour sa contribution à l’amélioration de la sensibilisation et des communications sur les changements climatiques dans la région circumpolaire. Aujourd’hui, le réseau LEO continue à évoluer et à créer de nouveaux partenariats avec des observateurs locaux dans l’Arctique et partout dans le monde.

### Encadré 3.3.8 : Des villes effectuent un virage en réponse aux changements climatiques

Au cours des vingt dernières années, les villes sont devenues des endroits déterminants pour la mise en œuvre de politiques en matière de changements climatiques. Peu de temps après la tenue de la Conférence sur l'atmosphère en évolution en 1988 à Toronto qui a permis d'intégrer les changements climatiques au programme des politiques nationales et internationales, Toronto est devenue la première ville à établir un objectif de réduction des émissions municipales (Bulkeley et Betsill, 2003; Lambright et al., 1996). Depuis lors, des centaines de villes à travers le monde ont pris des engagements au chapitre de la gouvernance du climat et, lorsque ces mesures sont considérées au fil du temps, on peut distinguer clairement deux phases dans la mise en œuvre de ces engagements.

La première phase est appelée le « volontarisme municipal » (Bulkeley et Betsill, 2013). Cette phase concerne principalement des villes d'Amérique du Nord et d'Europe de taille petite et moyenne, qui ont été propulsées dans le monde de la politique climatique par des entrepreneurs en politique qui ont vu là des occasions d'utiliser l'enjeu du climat à des fins de reconnaissance politique et qui ont mis l'accent sur le leadership par l'exemple. Des réseaux municipaux transnationaux ont également été mis sur pied, comme le programme Villes pour la protection du climat du Conseil international pour les initiatives écologiques communales (CIIEC). Durant les années 1990, ces réseaux se sont étendus à des villes d'Asie, d'Australie et d'Amérique latine. Les activités menées étaient en grande partie des activités d'autogouvernance, en ce sens qu'elles visaient la réduction des émissions au sein des opérations municipales plutôt qu'au sein de la collectivité plus élargie (Alber et Kern, 2008). Les enjeux concernant la capacité institutionnelle et l'économie politique des zones urbaines ont souvent créé des obstacles pour les gouvernements municipaux, et creusé l'écart entre la théorie et la pratique des mesures prises concernant le climat (Krause, 2011).

La deuxième phase actuelle d'« urbanisme stratégique » se caractérise par un éventail élargi d'acteurs engagés dans des activités de gouvernance du climat, un portrait plus complet des changements climatiques dans un contexte urbain et des expériences acquises grâce à la mise en œuvre de nombreux types de projets différents axés sur des aménagements à faible production de carbone (Bulkeley et Betsill, 2013). Ainsi, les changements climatiques sont devenus partie intégrante de plus vastes programmes urbains, comme le développement économique, plutôt que d'être une sphère distincte des politiques (Hodson et Marvin, 2010; While et al., 2010). Par comparaison avec la première phase, cela reflète aussi un engagement politique accru face à l'enjeu du climat, par l'entremise d'initiatives comme le Mayors Climate Protection Agreement des États-Unis (Gore et Robinson, 2009). Le réseau des C40 Cities repose sur la participation de bon nombre de grandes villes du monde – la ville de New York ayant joué un rôle de chef de file – qui forment des partenariats avec certaines des plus grandes sociétés multinationales du monde et des établissements financiers pour élaborer de nouvelles technologies et des formes de gouvernance du climat en milieu urbain comprenant des infrastructures résilientes et à faible émission de carbone (Bulkeley, 2013).

il existe dans cette région un fort consensus entre les représentants des gouvernements et les spécialistes sur l'importance de renforcer les méthodes classiques d'élaboration de politiques en matière d'environnement par des mesures novatrices pouvant transformer le comportement du système. Les mesures visant à encourager l'adoption de modes de consommation et de production durables et la comptabilisation du capital naturel permettent aux praticiens de tenir compte de tous les biens et services écosystémiques requis pour assurer le bien-être humain et écologique.

Les solutions que nous avons décrites en tant que thèmes intersectoriels, comprenant des formes de gouvernance souples et novatrices, l'amélioration de l'analyse des données et des capacités de représentation visuelle ainsi que l'expérimentation de solutions de nature socioécologique dans les villes, confirment un fort potentiel de transformation très importante de la manière dont la région relève les défis environnementaux se profilant à l'horizon.



© Joshua Resnick

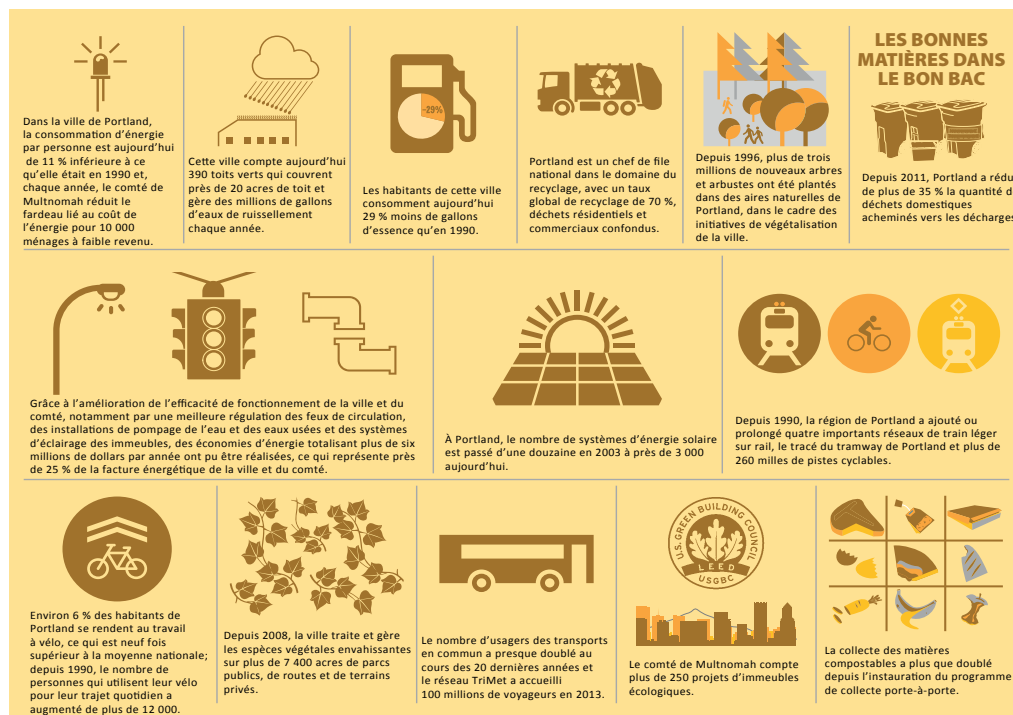


## Encadré 3.3.9 : Leadership de la Ville de Portland en matière de réduction des émissions de carbone

Depuis 1990, les émissions de carbone totales ont diminué de 14 % à l'échelle locale, tandis que 75 000 emplois ont été ajoutés à l'économie et que la population a connu une croissance de 31 %, des progrès étant réalisés vers l'atteinte de l'objectif de réduction de 80 % des émissions de carbone locales par rapport au niveau de 1990 d'ici 2050, avec un objectif intermédiaire d'une réduction de 40 % d'ici 2030.

Les stratégies de planification utilisées par la Ville de Portland et par le comté de Multnomah permettent de constater que les enjeux interreliés des changements climatiques, des inégalités sociales, de la volatilité économique, des systèmes naturels dégradés et de la hausse croissante du coût de la vie exigent une réponse intégrée qui va bien au-delà d'une réduction des émissions de carbone. Pour atteindre l'objectif de réduction de 80 % des émissions locales de carbone d'ici 2050, il est nécessaire de repenser le fonctionnement de la collectivité et de s'éloigner des combustibles fossiles tout en renforçant l'économie locale et en modifiant les pratiques fondamentales dans les domaines du développement urbain, des transports, de la construction et de la consommation.

Figure 3.3.7 : Réalisations du plan d'action sur le climat de la Ville de Portland et du comté de Multnomah



Source : Bureau of Planning and Sustainability de la Ville de Portland, 2015



### Encadré 3.3.10 : Coopération entre les administrations municipales en matière de développement durable

Le Conseil international pour les initiatives écologiques communales (CIIEC) a été mis sur pied en 1990 par 200 administrations locales de 43 pays qui se sont réunies pour le premier congrès mondial des autorités locales pour un avenir durable au siège des Nations Unies, dans la ville de New York. Les activités du CIIEC ont débuté en 1991 et ont été menées par un secrétariat mondial situé à Toronto, au Canada, et un secrétariat européen situé à Freiburg, en Allemagne.

Les premiers programmes mondiaux du CIIEC comprenaient l'Agenda local 21, des programmes faisant la promotion de la gouvernance participative et de la planification locale pour un développement durable ainsi que le réseau des villes pour la protection du climat (Cities for Climate Protection™), le premier et plus grand programme du monde à soutenir les villes dans la planification de mesures concernant le climat reposant sur un processus à cinq jalons, incluant des inventaires des émissions de gaz à effet de serre en vue de réduire les émissions de manière systématique. Les programmes et les campagnes mis en œuvre par le Conseil vont bien au-delà des seuls aspects environnementaux et couvrent des enjeux beaucoup plus larges en matière de développement durable. Reconnaisant cet état de fait, le CIIEC a élargi officiellement le mandat de l'association en 2003, renommant cette dernière CIIEC – Administrations locales pour la durabilité.

D'ici 2050, on prévoit que les deux tiers de l'humanité vivra dans des villes. Des indications prouvent le sérieux des nouvelles initiatives de développement durable en milieu urbain, notamment la création, en 2008, du réseau des directeurs pour la durabilité urbaine (Urban Sustainability Directors Network [USDN]), qui a débuté par un échange informel d'information entre une poignée de directeurs responsables du développement durable des villes, et qui s'est beaucoup élargi depuis. Quand le réseau a tenu sa première réunion officielle en 2009, il comptait 70 membres; aujourd'hui, il regroupe 136 directeurs responsables de la durabilité municipale du Canada et des États-Unis. Le réseau met l'accent sur l'apprentissage entre pairs et sur la diffusion de l'innovation. Il a publié un guide pour rendre les villes plus vertes et diffuse régulièrement à ses membres un bulletin d'information sur de nouvelles idées, des innovations et des leçons pratiques (USDN, 2015).

[Voir les liens vers le chapitre 3](#)

[Voir les références pour le chapitre 3](#)



A large, empty billboard structure is silhouetted against a twilight sky. The billboard consists of two tall, vertical panels, each divided into several horizontal sections. The sky transitions from a deep blue at the top to a lighter, hazy orange near the horizon. The overall mood is contemplative and futuristic.

## CHAPITRE 4

**Perspectives : grandes tendances, nouveaux enjeux, technologies et développement durable**



## 4.1 Mise en contexte

La nature ainsi que la portée des occasions et des défis actuels de l'Amérique du Nord exigeront de la région qu'elle tire parti de sa longue expérience en matière d'innovation, de réglementation environnementale et de systèmes de données intégrés tout en misant sur sa prospérité comparative, l'abondance de ses ressources naturelles et l'éducation de sa population.

La collaboration de longue date entre le Canada et les États-Unis, dans un climat pacifique et constructif, représente

également une occasion d'unir leurs efforts vers l'atteinte et la mise en œuvre d'objectifs environnementaux communs.

Même si la région a fait des progrès intéressants en ce qui concerne plusieurs enjeux environnementaux, notamment la qualité de l'eau et de l'air ainsi que la gestion des déchets, il reste à relever des défis importants pour lesquels la structure réglementaire connaît des difficultés.

Les activités en Amérique du Nord ont non seulement une incidence sur l'environnement et les collectivités de

### Messages clés

Les perspectives pour l'Amérique du Nord sont une combinaison de nouvelles possibilités et de nouveaux problèmes : bien que les conditions environnementales pour ce qui est de l'air, de l'eau et du biote soient positives dans une large mesure, les tendances à certains endroits sont négatives, et les conditions suscitent des inquiétudes. La mise en œuvre de politiques n'a pas encore réglé tous les problèmes environnementaux et, dans certains cas, la situation ne fait qu'empirer continuellement. Ces cas se caractérisent généralement par des interactions complexes, souvent non anticipées, au sein des systèmes.

- Les réponses de l'Amérique du Nord à ces circonstances reflètent la diversité, l'ingéniosité et l'innovation de la région. Les décideurs en Amérique du Nord combinent le meilleur des politiques environnementales traditionnelles à des approches novatrices et il est prouvé que ce mélange porte ses fruits.
- On assiste déjà à une diffusion grandissante de l'innovation au moyen d'applications mobiles et autres afin d'améliorer l'accès à l'information, d'ajuster les systèmes de production et de consommation, d'augmenter l'efficacité, de réduire les déchets et les impacts environnementaux et d'éclairer les processus de gouvernance.
- La population nord-américaine continuera de croître et, même si globalement elle est vieillissante, la structure démographique est relativement stable et mature. L'urbanisation de la population se poursuit, avec ce qu'elle implique en matière de modèles de consommation, d'utilisation de ressources naturelles, d'impacts environnementaux et de demandes d'infrastructures urbaines améliorées.
- L'énergie verte prend de l'importance et est de plus en plus concurrentielle sur le plan économique, même sans l'avantage d'interventions environnementales spécifiques.
- Des innovations en matière de gouvernance visant à promouvoir le développement durable en Amérique du Nord voient le jour dans des villes « intelligentes » et au sein de systèmes agricoles et de la gestion environnementale grâce à l'appui de mégadonnées, de la science citoyenne et de systèmes de prise de décisions intégrés et adaptatifs qui permettent de répondre de façon rapide et flexible dans le contexte d'une région évoluant à grande vitesse..

la région, mais elles jouent également un rôle dans la dégradation de l'environnement mondial. La connectivité entre les consommateurs nord-américains et le commerce international offre à la région une occasion de contribuer à une transformation vers le type de gestion de la consommation, de la production et des ressources nécessaire à un avenir commun durable. Les gouvernements, établissements d'enseignement, organisations de la société civile, entreprises, industries et consommateurs se partagent un même rôle ici.

Alors que des progrès encourageants en matière de développement durable ont pu être constatés en Amérique du Nord, la nature de ce qu'il reste à faire nécessitera une mobilisation de tous les éléments de la société nord-américaine. Au nombre des défis se trouvent l'adaptation aux conséquences des changements climatiques, la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la consommation durable. Un avenir durable requiert des approches de gouvernance prospectives et efficaces visant à aborder les défis futurs et à saisir les occasions. Pour ce faire, il faudra distinguer les tendances ainsi que les changements économiques, sociaux et technologiques, identifier les éléments de systèmes interreliés et miser sur les changements novateurs.

La section 4.1 décrit les tendances et projections actuelles de l'économie, de la population et de la démographie, de l'environnement et du secteur de l'énergie afin de reconnaître les défis, risques et occasions futurs éventuels. Dans le contexte des tendances projetées, et afin de progresser vers un avenir durable, nous cherchons à relever les occasions et les défis découlant des technologies émergentes et potentiellement perturbantes (4.2) et des technologies déjà en expansion, mais relativement nouvelles dans des domaines intersectoriels importants tels que les villes, l'agriculture, l'eau, l'énergie et le transport (4.3). La section 4.4 aborde les systèmes de gouvernance et outils essentiels à la progression du développement durable en Amérique du Nord, notamment la promotion et l'atteinte des objectifs de développement durable et des processus stratégiques, la gouvernance adaptative, l'amélioration

de l'utilisation des données, les technologies mobiles et la science citoyenne.

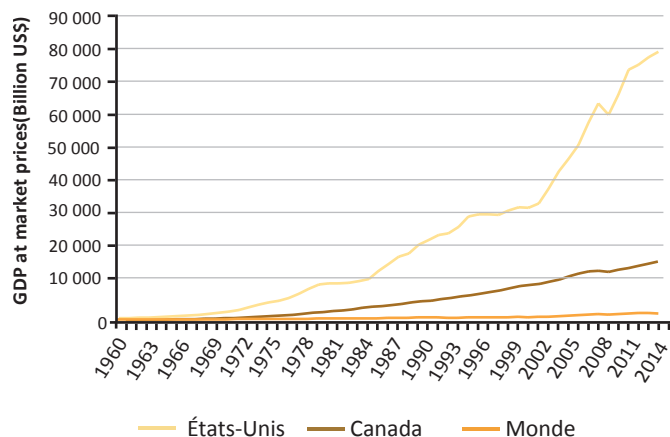
#### 4.1.1 Tendances économiques

L'Amérique du Nord est une région aisée du monde et un partenaire commercial principal pour plusieurs pays. Sur le plan de la taille totale, le PIB des États-Unis était de près de 17,5 mille milliards de dollars américains en 2014, le plus important au monde (il était d'environ 1,8 mille milliards de dollars américains pour le Canada). La Chine est la deuxième plus importante économie du monde avec un PIB d'environ 10,4 mille milliards de dollars américains (Banque mondiale, 2016). La prédiction de la croissance du PIB, des récessions ou reprises futures est entachée d'incertitude, mais l'Amérique du Nord semble en bonne voie de demeurer l'économie la plus importante pendant un certain temps. La figure suivante illustre le PIB de l'Amérique du Nord par rapport au reste du monde. Le PIB de la région est élevé comparativement au niveau mondial; toutefois, à la fin des années 1980 lorsque des pays anciennement communistes ont commencé à modifier leurs économies et lorsque des économies émergentes ont connu une croissance considérable de leur PIB, la part relative de l'Amérique du Nord à l'échelle mondiale a commencé à chuter.

En même temps, le PIB par habitant a augmenté continuellement dans la région depuis les années 1960. Le PIB par habitant est relativement similaire entre les deux pays; il s'échelonne entre 50 000 dollars américains et 55 000 dollars américains. Ce niveau est environ 5 fois plus élevé que le même indicateur à l'échelle mondiale (**figure 4.1.1**).

Tenter de prévoir l'avenir relève du défi et la plupart des prévisions ne couvrent que les quelques prochaines années. Selon les études qualitatives souvent fondées sur les points de vue des experts, on s'attend à ce que le glissement du pouvoir économique mondial des économies avancées établies en Amérique du Nord et dans les pays de l'Europe de l'Ouest et du Japon se poursuive au cours des 30 prochaines années (Banque mondiale, 2016). La Chine a déjà surpassé les États-Unis en 2014 pour devenir la plus grande économie

Figure 4.1.1 : PIB de l'Amérique du Nord par rapport au reste du monde



Source : Banque mondiale, 2016

en ce qui concerne la parité des pouvoirs d'achat (PPP<sub>2</sub>). Le rôle de la Chine pour ce qui est d'autres indicateurs économiques, notamment le taux de change (MER) devrait continuer de prendre de l'importance au cours des prochaines décennies. Cependant, l'Amérique du Nord et l'Europe resteront de très importants joueurs de l'économie mondiale pour plusieurs décennies à venir. Ceci comprend le PIB par habitant relativement élevé par rapport au revenu moyen des économies émergentes de pointe. On prévoit également que les États-Unis et le Canada seront toujours perçus comme une source d'occasions de placement à faible risque, grâce à leur stabilité politique et institutionnelle et leur règle de droit.

La capacité de ces deux pays en tant que leaders de l'innovation mondiale est reconnue depuis plusieurs décennies grâce à leur stabilité politique et institutionnelle à long terme. Prenons, à titre d'exemple, Silicon Valley, le plus important centre d'innovation technologique au monde. Le Canada de son côté a lui aussi ses propres centres, dont Waterloo (De Vynck, 2015). L'innovation technologique qui oriente plusieurs des économies mondiales et d'autres changements au sein des sociétés continuera d'être l'un des

principaux moteurs du changement en Amérique du Nord et sa diffusion se poursuivra à l'échelle mondiale.

En Amérique du Nord, la richesse n'est pas répartie également. Des disparités sur le plan des revenus et des occasions existent. Les profils changeants de la répartition des revenus en Amérique du Nord reflètent une tendance vers un écart grandissant entre les très riches et les très pauvres, tout comme dans des pays d'autres régions. Cette disparité est également présente entre les générations, principalement celles des jeunes et des personnes âgées (Beine *et al.*, 2009). Donc, même les objectifs de développement durable (ODD) mondiaux récemment établis sont pertinents pour les diverses régions de l'Amérique du Nord pour des segments importants de la population de l'Amérique du Nord.

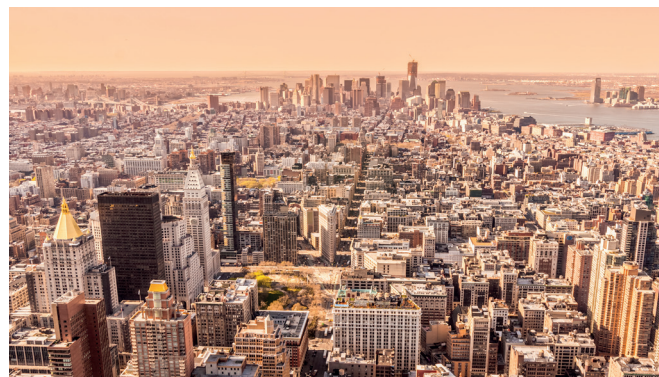
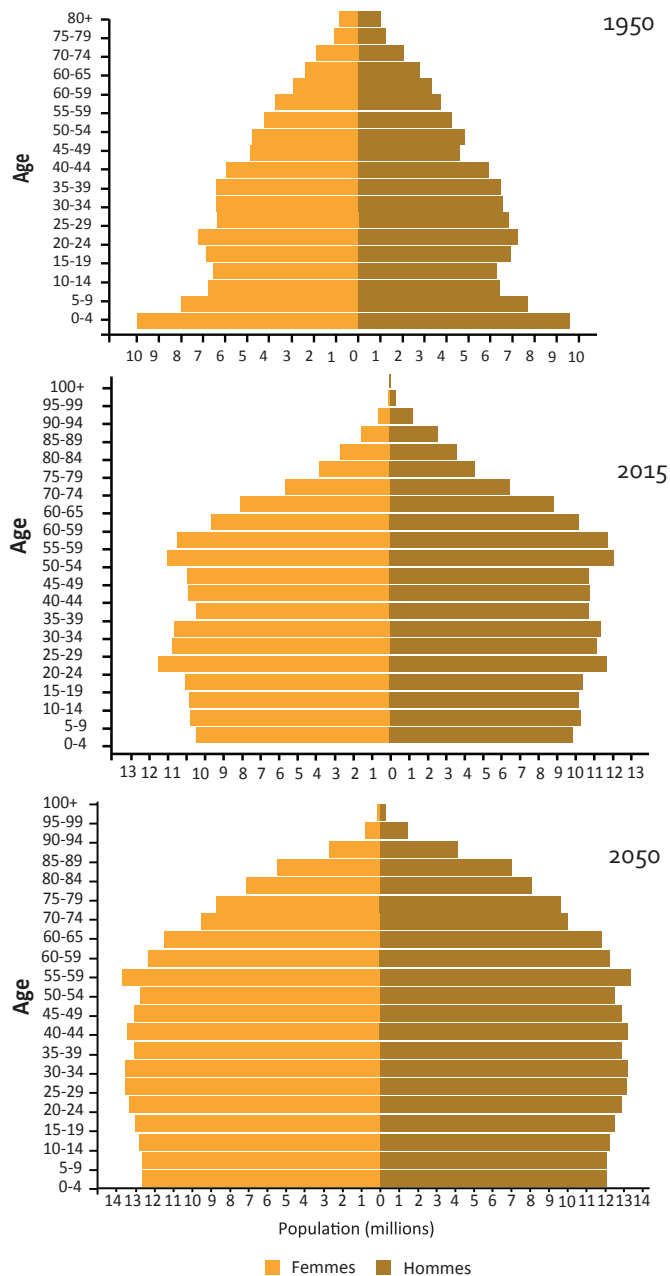
#### 4.1.2 Population et tendances démographiques

La population actuelle de l'Amérique du Nord est de 355 millions d'habitants, dont 320 millions vivent aux États-Unis et 35 millions au Canada (Colby et Ortman, 2015; Statistique Canada, 2015). La population totale aux États-Unis devrait augmenter de 98,1 millions entre 2014 et 2060, ce qui représente une augmentation moyenne de 2,1 millions de personnes par année. En 2014, la projection de population née au pays était de 276 millions et ce segment de la population devrait augmenter de 62 millions d'ici 2060 (Colby et Ortman, 2015). Pour la même période, la population née à l'étranger devrait augmenter de 42 millions à 78 millions (Colby et Ortman, 2015). Selon un scénario de croissance moyenne, la population canadienne augmentera de façon continue, passant de 35,5 millions en 2014 à 52,6 millions en 2061 (Statistique Canada, 2011). Selon cette tendance, on s'attend à ce que le taux de croissance de la population au cours des cinquante prochaines années soit inférieur à celui des trois dernières décennies (1980 à 2010).

Alors que la croissance de la population a été constante au Canada et aux États-Unis, ni l'un ni l'autre de ces deux pays n'a connu une croissance comparable à certains autres pays. Au cours des 50 prochaines années, on s'attend à ce que les taux de croissance des deux pays soient inférieurs aux



Figure 4.1.2 : Le Canada et les États-Unis (combinés), vieillissement de la population, 1950, 2015 et 2050



© Luciano Mortula

taux des trois dernières décennies passées. On constate également une augmentation considérable du nombre de personnes âgées de plus de 65 ans dans la région, nombre qui a d'ailleurs récemment dépassé celui des personnes âgées de moins de 15 ans (figure 4.1.2).

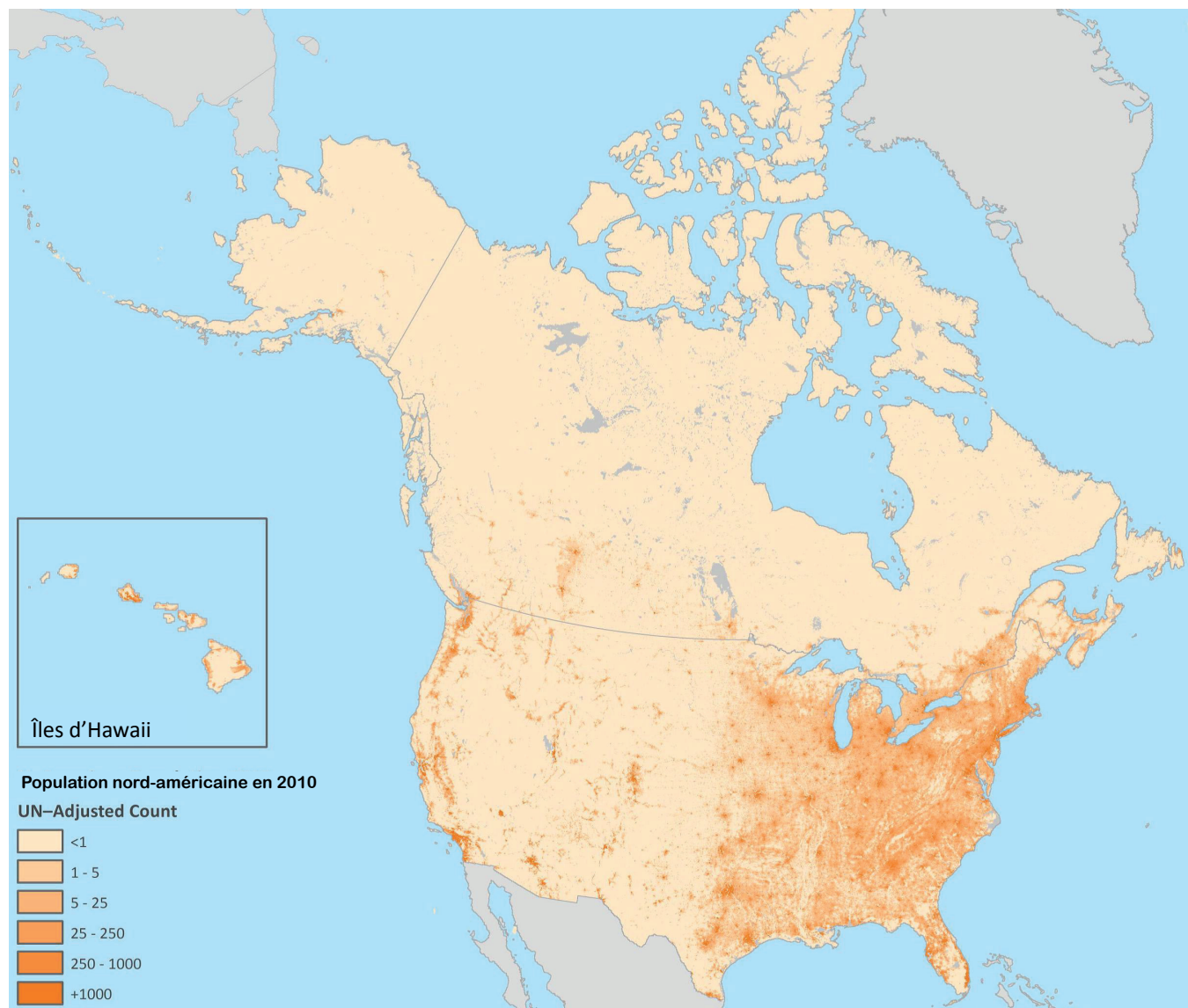
La répartition de la population demeure inégale sur le continent en raison de l'augmentation de l'urbanisation et de la centralisation des populations dans les grandes villes souvent situées dans les zones côtières du XXI<sup>e</sup> siècle. Cette région compte certains des paysages les plus urbanisés du monde. Au Canada et aux États-Unis, plus de 80 % de la population est urbaine (McPhearson *et al.*, 2013); selon les Nations Unies, 82 % de la population du Canada et 81 % de la population des États-Unis vivaient dans des villes en 2014 (DAESNU, 2014). D'ici 2050, les Nations Unies prévoient une augmentation de l'urbanisation, avec un taux de population urbaine pouvant atteindre 87 % aux États-Unis et 88 % au Canada (DAESNU, 2014). De plus, la concentration de la population en Amérique du Nord tend à se trouver dans quelques-unes des plus grandes villes.

### 4.1.3 Changements climatiques et énergie

Aucune région n'est à l'abri des conséquences des changements climatiques. L'Amérique du Nord est aux prises avec de graves sécheresses susceptibles de durer longtemps tandis qu'ailleurs, des pluies catastrophiques et des inondations locales font des ravages. La montée du niveau de la mer menace les littoraux en Amérique du Nord; les

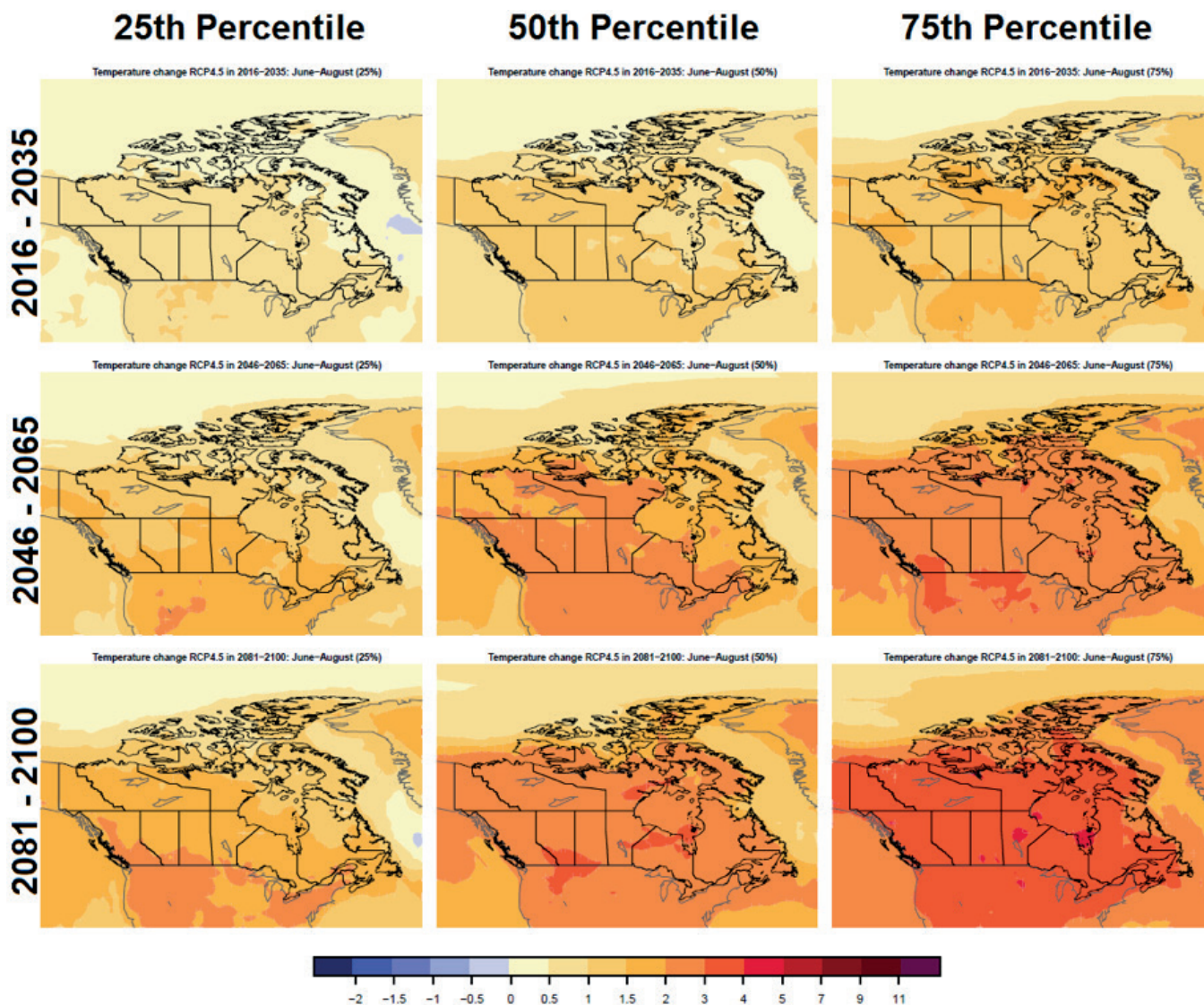
Source : Colby et Ortman, 2015; DAESNU, 2015; Statistique Canada, 2011

Figure 4.1.3 : Densité de la population de l'Amérique du Nord, en 2015



Source: CIESIN 2015

Figure 4.1.4 : Projection des changements climatiques en Amérique du Nord

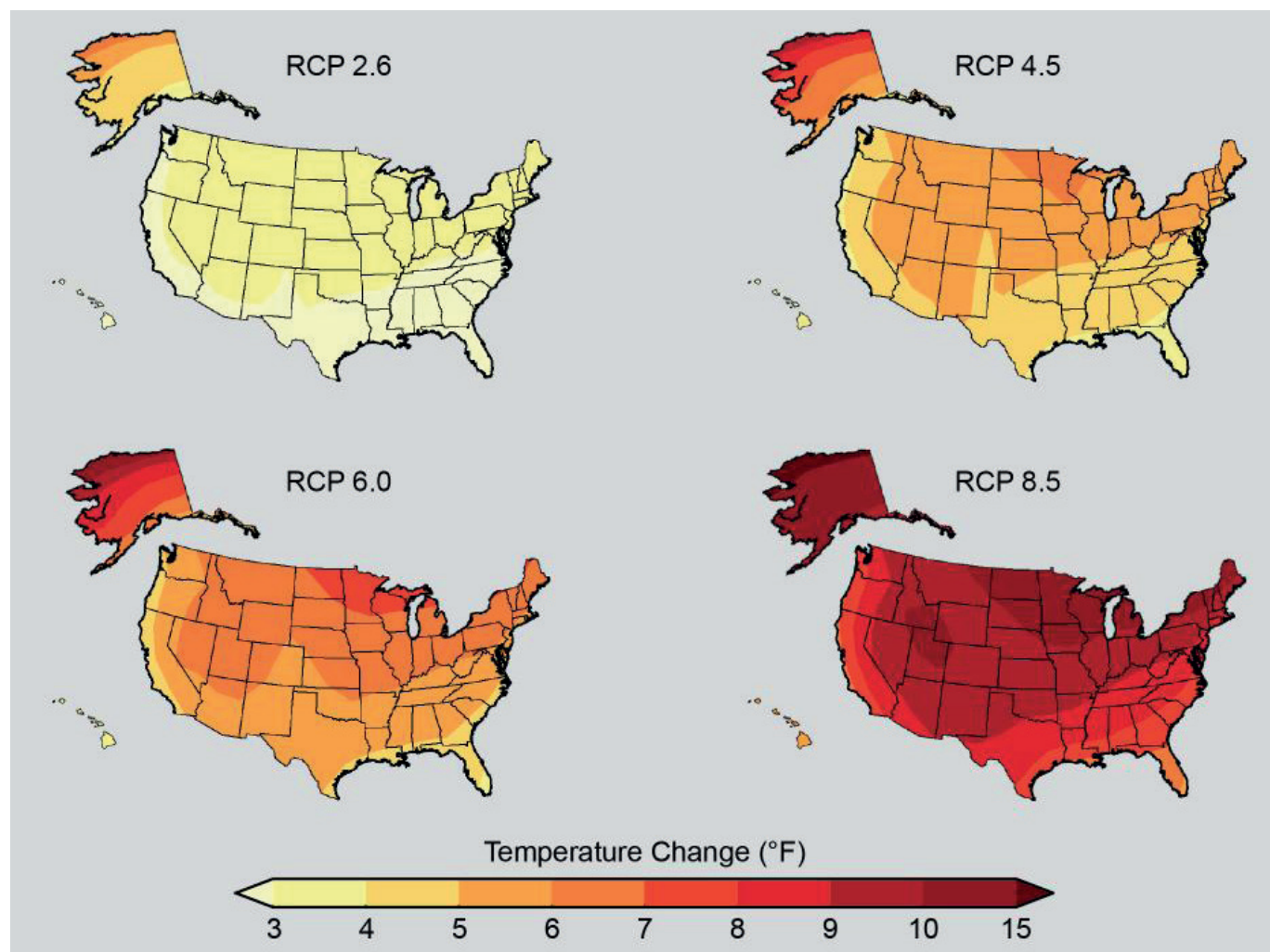


La projection des variations des températures (°C) de l'air de surface en été au Canada pour le milieu et la fin du XX<sup>e</sup> siècle est basée sur des simulations exécutées dans le cadre du projet CMIP<sub>2</sub> et sur de plus récents scénarios de profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP). Les variations sont calculées par rapport à la période de référence de 1986 à 2005. L'échelle de couleurs indique les variations des températures en °C. Les variations positives (réchauffement) sont indiquées par des couleurs allant du jaune au rouge, et les périodes de refroidissement en bleu.

Source : Environnement et Changement climatique Canada, 2016a



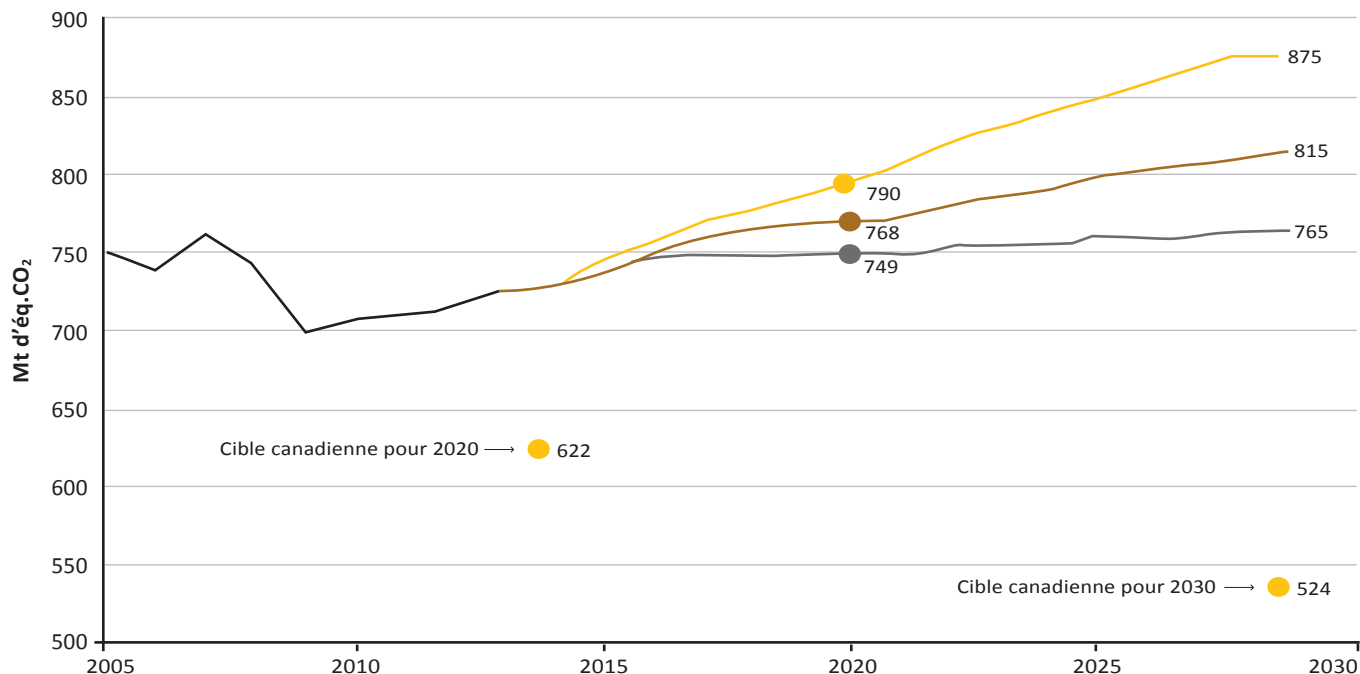
Figure 4.1.5 : Projection des variations des températures d'ici 2071-2099



Les plus récentes projections des modèles (CMIP<sub>5</sub>) en ce qui concerne les variations des températures aux États-Unis tiennent compte d'une gamme d'options élargie pour le comportement humain, dont un scénario inférieur à ce qui a été considéré auparavant (RCP2.6). Ce scénario présume des réductions des émissions, c.-à-d. une diminution de plus de 70 % par rapport aux niveaux actuels d'ici 2050 et de plus importantes diminutions d'ici 2100, et un réchauffement correspondant moins important. À l'extrémité supérieure, un des scénarios (RCP8.5) présume des augmentations continues des émissions et un réchauffement correspondant plus important. Les variations des températures des scénarios intermédiaires du RCP4.5 (assez semblable à B1) et du RCP6.0 sont également illustrées. Les projections indiquent une variation de la température moyenne à la fin du siècle actuel (2071-2099) par rapport à la fin du siècle dernier (1970-1999).

Source : Walsh *et al.*, 2014

Figure 4.1.6 : Projection des émissions au Canada en 2020 et 2030 (Mt d'éq. CO<sub>2</sub>)



La courbe passée des émissions de gaz à effet de serre (GES) montre un niveau d'émissions de 749 Mt au départ en 2005, une baisse à 699 Mt en 2009, puis une hausse à 726 Mt en 2013. À partir de 2013, trois courbes de tendance représentent trois scénarios uniques pour la projection des émissions de GES fondés sur trois hypothèses différentes en matière de croissance économique et de coûts énergétiques. La courbe au-dessus de la courbe du milieu partageant le même point de départ en 2013 représente le scénario où la croissance du PIB est plus élevée que la moyenne et les coûts du pétrole et du gaz sont élevés. Les valeurs de cette dernière sont de 749 en 2020 et de 765 en 2030. La courbe du milieu débutant en 2013 est le scénario de référence. Ses valeurs en 2020 et 2030 sont de 768 Mt et 815 Mt respectivement. La courbe sous celle du milieu dont le point de départ est le même en 2013 représente le scénario où la croissance du PIB est plus lente et les coûts du pétrole et du gaz sont peu élevés. Ses valeurs en 2020 et 2030 sont de 790 Mt et 875 Mt respectivement. Les cibles de réduction des émissions de gaz à effet de serre sont également mentionnées sur le graphique. La cible est de 622 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> pour 2020 et de 524 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> pour 2030.

Source : Environnement et Changement climatique Canada, 2016b

viles situées au niveau ou sous le niveau de la mer, soulèvent les inquiétudes. Les effets récents de l'ouragan Katrina sur La Nouvelle-Orléans et de l'ouragan Sandy sur New York et le New Jersey montrent le potentiel destructeur des ouragans et une incapacité sociale générale à en gérer les effets. Les régions de l'Arctique font également face à plusieurs défis au XXI<sup>e</sup> siècle et le climat, de par son incidence sur les ressources alimentaires, les infrastructures et l'habitation ainsi que sur les modes de vie traditionnels, est un élément crucial commun de ces défis.

En 2014, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a confirmé que des changements climatiques importants ont pris place en Amérique du Nord, notamment des événements extrêmes, incluant les sécheresses et les inondations (GIEC, 2014). Le GIEC affirme en substance, avec un degré de confiance très élevé, que, selon les projections, les stress et vulnérabilités liés au climat, particulièrement en ce qui concerne les vagues de chaleur extrême, les fortes précipitations et la diminution du manteau neigeux augmenteront en fréquence et/ou en



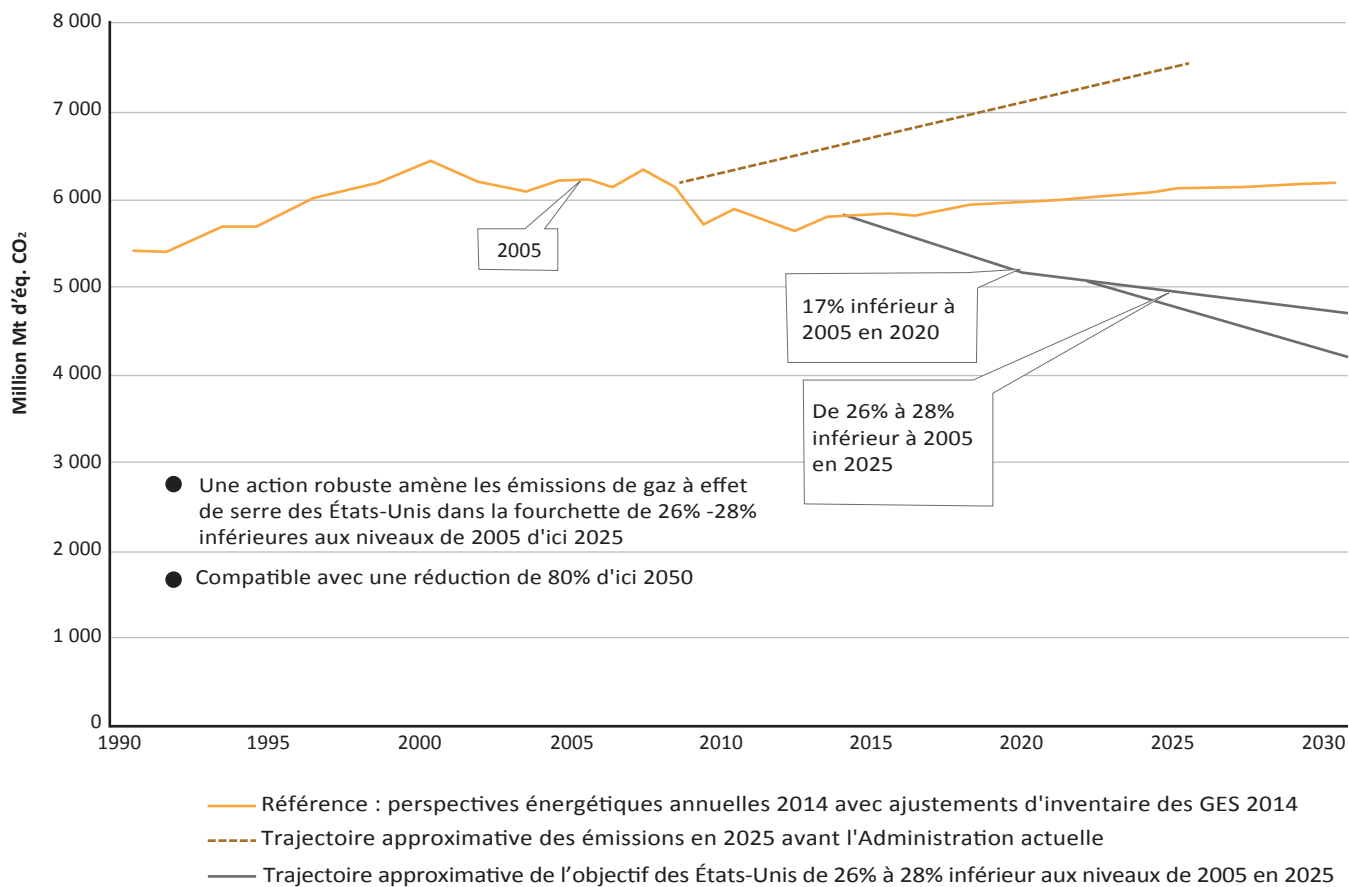
gravité au cours des prochaines décennies. De plus, presque toutes les parties de l'Amérique du Nord seront touchées à certains moments par des vagues de chaleur extrême plus fréquentes et à d'autres par des précipitations quotidiennes extrêmes du fait du réchauffement planétaire.

Enfin, un élément d'importance pour les collectivités et les écosystèmes déjà fragilisés de l'Arctique et du Nord, le GIEC a établi que l'Amérique du Nord connaîtra de plus fréquentes années de faibles accumulations de neige, une période de

fonte de la neige plus tôt que la normale s'accompagnant d'un ruissellement précoce, ainsi qu'un accroissement du ruissellement sur la plupart des régions de l'ouest des États-Unis et du Canada (Romero-Lankao, 2014).

À l'heure actuelle, en Amérique du Nord, ce sont les réseaux des services publics d'électricité et les transports qui contribuent le plus aux émissions de gaz à effet de serre. Les réseaux des services publics d'électricité dépendent d'un certain nombre d'installations de production d'énergie

Figure 4.1.7 : Émissions de GES passées et prévues des États-Unis par rapport aux objectifs de l'administration Obama



Source : UNDS, 2016

de très grande taille et d'un vaste réseau de distribution d'énergie.

L'atténuation et la réduction des émissions de gaz à effet de serre sont certes essentielles au ralentissement des changements climatiques, mais il existe également d'autres solutions possibles. Selon l'évaluation de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), les émissions de gaz à effet de serre dans les secteurs industriels et autres secteurs continueront d'augmenter. L'AIE estime cependant que les émissions découlant de la production d'énergie industrielle (qui ne comprend pas les réseaux de services publics d'électricité) pourraient être réduites de moitié si de meilleures technologies étaient mises en place au cours des trois prochaines décennies (**encadré 4.1.1**).

Des réductions additionnelles seraient également possibles en développant des moyens de transport plus intelligents et en élargissant l'utilisation des options d'énergie verte au secteur résidentiel.

Les États-Unis et le Canada ont appuyé ardemment l'accord mondial conclu à Paris en décembre 2015 et élaborent activement des politiques ambitieuses visant à respecter les engagements qu'ils ont pris.

Le 31 mars 2015, les États-Unis ont présenté officiellement leurs contributions déterminées à l'échelle nationale visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et affirmé leur intention d'atteindre, à l'échelle de l'économie, une cible de réduction des émissions de 26 à 28 % inférieure aux niveaux de 2005 en 2025 et de déployer les efforts nécessaires à une réduction de 28 % de leurs émissions. En mai 2015, le Canada a, à son tour, présenté ses contributions déterminées à l'échelle nationale et affirmé son intention d'atteindre, à l'échelle de l'économie, une cible de réduction des émissions de 30 % inférieure aux niveaux de 2005 d'ici 2030 (Canada, 2015). Le 10 mars 2016, le président Obama des États-Unis et le premier ministre Trudeau du Canada ont publié une déclaration commune indiquant leur engagement à se joindre à l'Accord de Paris et à le signer en mettant en évidence une vision partagée d'une économie nord-américaine prospère

et durable, les occasions offertes par la croissance propre avancée, une action coordonnée à l'échelle nationale en ce qui concerne le climat, un approfondissement de la collaboration relative aux énergies propres et un nouveau partenariat visant à saisir les occasions et relever les défis liés à l'évolution de l'Arctique (Gouvernement du Canada, 2016).

Les efforts continus déployés par le Canada et les États-Unis afin de mettre en place l'historique Accord de Paris que les deux pays ont signé le 22 avril 2016 et l'augmentation de leur ambition avec le temps joueront un rôle déterminant. Outre la mise en œuvre de leurs CPDN respectives, il leur faudra aussi redoubler d'efforts en matière d'adaptation et de planification de la résilience.

#### 4.1.4 Terres et eaux

L'Amérique du Nord dispose d'impressionnantes ressources en eau et d'un solide réseau d'infrastructures hydrauliques qui permet de desservir la plupart des collectivités en eau potable et de gérer l'eau destinée à l'irrigation, à l'alimentation hydroélectrique ainsi qu'aux usages industriels, récréatifs et de la faune aquatique et terrestre. La situation et les tendances actuelles des ressources en eau en Amérique du Nord sont décrites à la section 2.4.

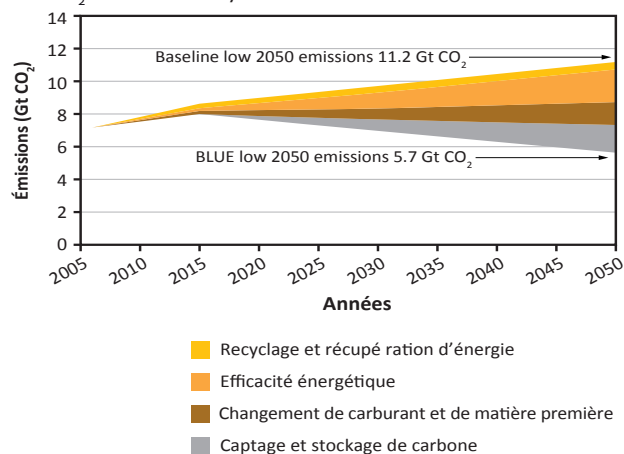
Au cours des dernières années, le problème de sécheresse a pris de l'ampleur dans la zone aride de la région, à l'ouest du 100° méridien (voir la section 2.4.2). En combinaison avec une dépendance non durable à l'égard des aquifères souterrains et les changements climatiques, ce problème laisse présager, dans plusieurs régions de l'ouest des États-Unis, une crise de l'eau en devenir qui aura un impact sur les collectivités agricoles et urbaines. La sécheresse pourrait avoir des incidences à long terme pour les établissements humains et les écosystèmes dans la plupart des zones vulnérables de l'Amérique du Nord (NASA, 2015).

On prévoit déjà que la plupart des États des États-Unis connaîtront des pénuries d'eau à l'échelle régionale (p. ex. dans des États spécifiques) au cours de la prochaine décennie (US Government Accountability Office, 2014). Certaines

## Encadré 4.1.1 : Réduction potentielle des émissions du secteur de la production d'énergie dans les pays de l'OCDE, avec un accent particulier sur l'Amérique du Nord

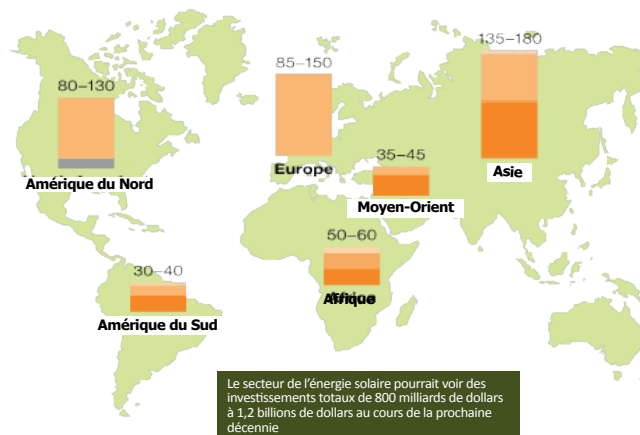
The International Energy Agency (IEA) has developed a series of forecasts of industry emissions. Industry accounts for 40 per cent of emissions from energy production and has developed a series of scenarios to assess the emission reduction potential of industry through implementing of best available technology (BAT) and development and deployment of new technologies over the studied time frame 2006 - 2050. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) a établi une série de prévisions des émissions industrielles. La part des émissions provenant de la production d'énergie représente 40 % des émissions industrielles. L'AIE a également élaboré une série de scénarios pour évaluer la capacité de réduction des émissions de l'industrie en mettant en œuvre la meilleure technologie disponible et en développant et déployant de nouvelles technologies au cours de la période d'étude, c'est-à-dire de 2006 à 2050.

Figure 4.1.8: Technologies for reducing CO<sub>2</sub> emissions  
Figure 4.1.8 : Technologies de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> from industry



Source : AIE, 2009

Figure 4.1.9 : Croissance du potentiel de l'énergie solaire photovoltaïque, ajouts à la capacité cumulée en gigawatts pour 2012-2020



Source : McKinsey & Company, 2012



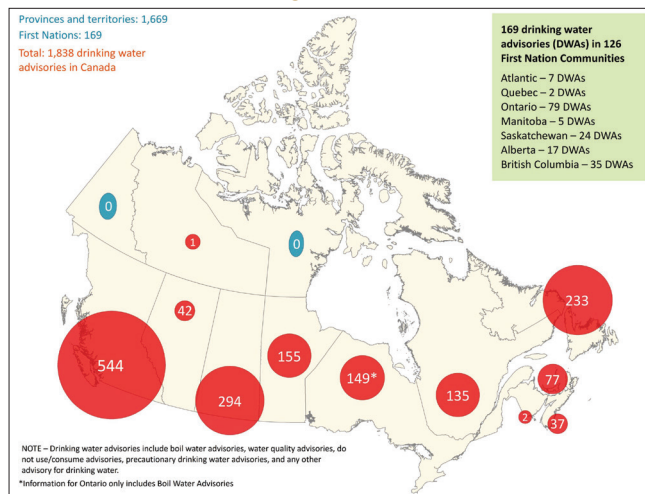
parties du Canada atteignent elles aussi les limites en eau propre disponibles. En 2015, au moins 1 838 avis concernant la qualité de l'eau potable, 1 669 dans des collectivités du Canada et 169 dans 126 collectivités des Premières Nations ont été émis, souvent en raison de la dégradation d'infrastructures (Le Conseil des Canadiens, 2015).

Le partage de bassins hydrographiques entre les centres urbains, les districts agricoles et les installations industrielles aggrave davantage les problèmes écologiques des habitats naturels soumis à un stress hydrique et des cycles hydrologiques interrompus. Les impacts liés aux changements climatiques et les autres défis exigeront de la région qu'elle s'adapte aux nouvelles tendances en matière d'hydrologie. Des changements devront être apportés pour améliorer la protection et la gestion des zones inondables, l'utilisation de l'eau dans les secteurs agricoles, municipaux et industriels ainsi que la gestion du stockage de l'eau afin de compenser les effets de la variabilité du climat (Graf *et al.*, 2010).

Étant donné les défis énoncés ci-dessus, surtout avec les menaces qui découlent des changements climatiques, l'une des exigences clés est une meilleure gestion des pénuries en eau et des sécheresses. Les États-Unis vivent actuellement de très graves sécheresses (section 1.2.5) et de façon encore plus menaçante, la NASA prévoit des mégasécheresses extrêmement graves (sécheresses durant plus de trois décennies) au XXI<sup>e</sup> siècle (NASA, 2015) – une étude de la NASA indique que la probabilité actuelle d'une mégasécheresse est de 12 %. La probabilité d'une sécheresse rappelant le « Dust Bowl » des années 1930 et susceptible de durer jusqu'à 35 ans est très élevée.

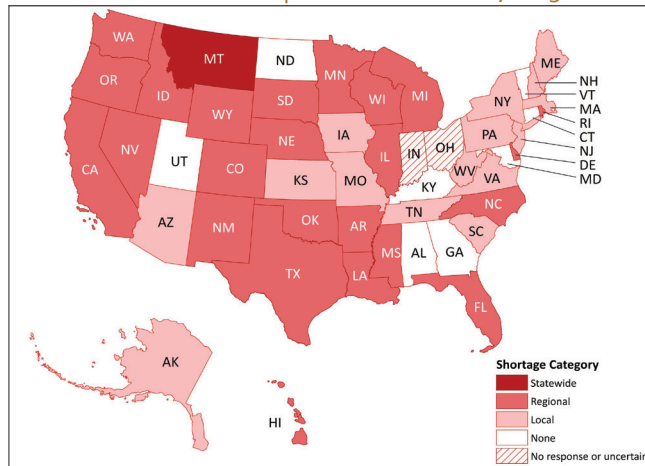
Les sécheresses, en plus d'affecter l'eau disponible pour la consommation humaine, l'habitat de la faune et l'agriculture, ont d'autres conséquences. En 2015, les feux de forêt aux États-Unis ont été si fréquents et intenses que la possibilité que certaines des terres affectées puissent être reboisées est réduite (Schwartz, 2015). Ces conclusions sont fondées sur les nombreux cas d'arbres femelles matures qui ont été complètement ravagés par les flammes et ne peuvent donc

Figure 4.1.10a : Pénuries d'eau et avis concernant la qualité de l'eau au Canada en 2015



Source : Le Conseil des Canadiens, 2015

Figure 4.1.10b : Pénuries d'eau probables dans des États des États-Unis au cours de la prochaine décennie, 2013.



Le Government Accountability Office a réalisé un sondage auprès de gestionnaires de l'eau de 50 États, a examiné les rapports et documents d'instances comme les organismes fédéraux et les organisations mondiales et a mené des entrevues auprès de représentants et experts fédéraux, y compris des représentants de l'environnement et de l'industrie, afin de mieux comprendre les enjeux en matière d'eau douce aux États-Unis.

Source : US GAO, 2014a

plus fournir de graines, et sur le fait que le sol est si carbonisé qu'une remise en végétation prendra beaucoup de temps.

Au Canada, les feux de forêt ont des effets importants sur les écosystèmes forestiers. Chaque année, environ 53 000 incendies brûlent 2 millions d'hectares au Canada selon une moyenne sur 10 ans (**tableau 4.1.1**). Alors que seulement 2 à 3 % des feux de forêt s'étendent sur plus de 200 hectares, ils représentent plus de 97 % de la superficie annuelle brûlée (CIFFC, sans date). Étant donné la taille du Canada, l'utilisation de données de télédétection est un moyen rentable d'obtenir un aperçu global des feux de forêt en temps quasi réel.

Cette situation crée un besoin de techniques de surveillance avancées, par exemple la validation par satellite et sur le terrain, et des systèmes de coordination de l'information efficaces afin d'obtenir des réponses en temps rapide et opportun, des prévisions précises et une coordination efficace entre les provinces et les régions.

Comme dans le cas de la consommation de l'eau, les changements à venir en matière d'utilisation et de couverture des terres seront basés sur la croissance démographique, l'expansion considérable des zones urbaines et la dépopulation des zones rurales. En Amérique du Nord, les changements en matière d'utilisation des sols ont été relativement modérés au cours des dernières années; par exemple, entre 2005 et 2010, un changement de 1,2 % seulement de la couverture des terres a été noté (**tableau 4.1.2** - CCE, 2010). Aux États-Unis, les scénarios d'utilisation des terres présumant une expansion des zones suburbaines et exurbaines de 15 à 20 % entre 2000 et 2050; selon les prévisions, on assistera à une réduction des terres cultivées et des zones forestières plus importante qu'en 1997, de 6 et 7 %, respectivement, d'ici 2050 (Brown *et al.*, 2014). Au Canada, la conversion accrue des terres autour des zones urbaines devrait mener à la réduction et à la disparition des petites forêts et des zones naturelles près des zones urbaines. De plus, l'urbanisation est habituellement associée à des rejets accrus de polluants de

Tableau 4.1.1 : Résumé des feux de forêt, Canada et États-Unis

	2015 (à ce jour)	Canada			États-Unis total
		Moyenne sur 10 ans (à ce jour)	% normal	Prescrit	
Nombre	6 669	5 301	126	58	43 931
Zone (ha)	3 953 043	2 089 888	189	8 311	3 398 504

Source : Centre interservices des feux de forêt du Canada (CIFFC)

Tableau 4.1.2 : Superficie touchée par des changements en kilomètres carrés et variation en % des données de la carte de couverture terrestre de 2005 et de celle de 2010

Zone	km <sup>2</sup>	%
Amérique du Nord	259 285	1,22
Canada	204 049	2,06
États-Unis	52 294	0,55
Mexique	2 942	0,15

Source : CCE, 2010

sources ponctuelles et non ponctuelles telles que l'effluent d'usines de traitement des eaux usées, les fuites de fosses septiques ainsi que les pesticides et engrais utilisés pour l'agriculture. Sans mesures d'atténuation, ces rejets de polluants auront une incidence négative sur la biodiversité et l'habitat (El-Khoury *et al.*, 2014).

Étant donné les changements projetés en matière de ressources en eau et d'utilisation des terres, et les enjeux spécifiques tels que les sécheresses et feux de forêt, il est essentiel de se concentrer sur la gestion intégrée des terres



et des eaux afin de réduire les impacts cumulatifs et les conséquences non intentionnelles des politiques ciblées précisément sur la conservation ou le développement.

#### 4.1.5 Produits chimiques et santé humaine

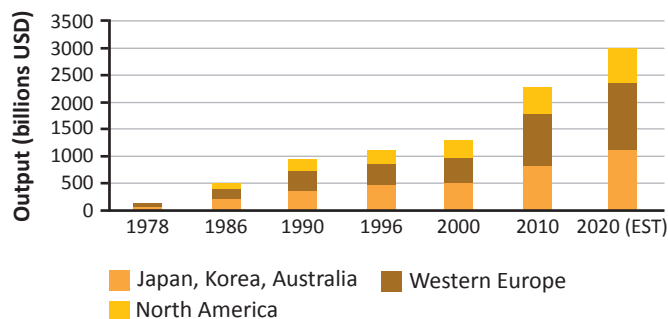
La contamination ponctuelle et les polluants chimiques et pharmaceutiques persistants suscitent des inquiétudes grandissantes en matière de santé humaine et d'environnement à l'échelle de l'Amérique du Nord.

Bien que des programmes de gestion, de réglementation et de supervision des produits chimiques soient en place tant au Canada qu'aux États-Unis, ceux-ci ne sont pas toujours en mesure de s'adapter à la complexité environnementale résultant de l'utilisation répandue des produits chimiques, particulièrement lorsqu'il est question de combinaisons de produits. Cette situation ne changera pas rapidement ou aisément puisque le développement de nouveaux composés et l'utilisation de produits chimiques connaissent une croissance continue. Comme l'illustre la **figure 4.1.11**, la production de produits chimiques devrait augmenter de 25 % aux États-Unis et de 27 % au Canada entre 2012 et 2020.

Le *Toxic Substances Control Act* (TSCA) exige de l'USEPA qu'elle compile, procède à la mise à jour et publie une liste des substances chimiques qui sont fabriquées ou transformées, y compris les substances importées, aux États-Unis. Environ 85 000 substances sont recensées actuellement (USEPA, 2015a) aux fins de cette réglementation et les nouvelles substances produites sont ajoutées à la liste, à raison d'environ 400 par année. Avec le développement et la croissance des nanotechnologies, l'USEPA a passé en revue environ 160 substances d'échelle nanométrique depuis 2005 aux fins d'un éventuel ajout à la liste (USEPA, 2015b). Environnement Canada et Santé Canada gèrent le Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) établi en 2006.

Le PGPC a été conçu pour faire en sorte que les substances chimiques existantes et nouvelles fassent l'objet d'une évaluation des risques pour la santé environnementale et la santé humaine, et que des mesures de prévention ou de

Figure 4.1.11 : Croissance de la production de produits chimiques



Source : PNUÉ, 2013

gestion de ces risques soient élaborées et mises en œuvre. Au cours des deux dernières décennies, ce sont quelque 23 000 produits chimiques à usage commercial qui ont fait l'objet d'un triage. Le Canada est l'un des quelques pays qui atteindront l'objectif mondial de 2020 en matière de saine gestion des produits chimiques et des déchets.

En outre, le Canada et les États-Unis tiennent à jour des registres de rejets et de transferts des polluants. Le registre des États-Unis porte le nom de Toxic Release Inventory (USEPA, 2015b) et celui du Canada se nomme Inventaire national des rejets de polluants (Environnement Canada, 2015). Ces registres permettent une analyse de plusieurs aspects des émissions polluantes en Amérique du Nord. De plus, le recours à des méthodes de chimie verte pour la conception des produits et des procédés qui éliminent ou réduisent la production ou l'utilisation de produits dangereux pourrait être la solution pour aborder ces risques éventuels (USEPA, 2016a).

#### Nouveaux contaminants préoccupants

La contamination des réseaux d'eau douce par de nouveaux contaminants ne faisant l'objet d'aucune surveillance ou réglementation est un problème pour les deux pays en Amérique de Nord (voir la section 2.6.1). De tels contaminants

préoccupants pourraient avoir des effets néfastes sur la santé écologique ou humaine (Halden, 2015; Rosi-Marshall *et al.*, 2013). Ils comprennent des contaminants pouvant être réellement nouveaux, donc non reconnus ou ne faisant l'objet d'aucune surveillance régulière, et des contaminants non réglementés (Hull *et al.*, 2015). Selon les estimations, le nombre de ces contaminants serait d'environ 40 000 et augmenterait chaque jour (Halden, 2015). Ils comprennent une grande variété de produits chimiques de synthèse et de particules d'ingénierie, allant des médicaments pharmaceutiques, des produits de soins personnels, des nanomatériaux, des microplastiques et des débris de plastique (Bellenger et Cabana, 2014) aux édulcorants artificiels (Spoelstra *et al.*, 2013) et aux drogues illicites (Rosi-Marshall *et al.*, 2015).

Même s'il ne s'agit pas d'un nouveau contaminant, le plomb détecté dans des concentrations élevées dans l'approvisionnement en eau potable de la ville de Flint, au Michigan (voir la section 2.4) a dirigé l'attention sur les infrastructures hydrauliques et sur les concentrations de plomb sécuritaires dans l'eau potable. Cette source de préoccupation est présente depuis 2015. La gestion future des nouveaux contaminants préoccupants (NCP) nécessitera des efforts supplémentaires axés sur les réponses existantes, y compris des techniques de surveillance améliorées permettant de détecter la présence de ces contaminants à de faibles concentrations, sur la recherche pour mieux comprendre les effets des NCP sur la santé humaine et l'environnement ainsi que le développement de nouvelles technologies capables de les extraire des eaux usées.

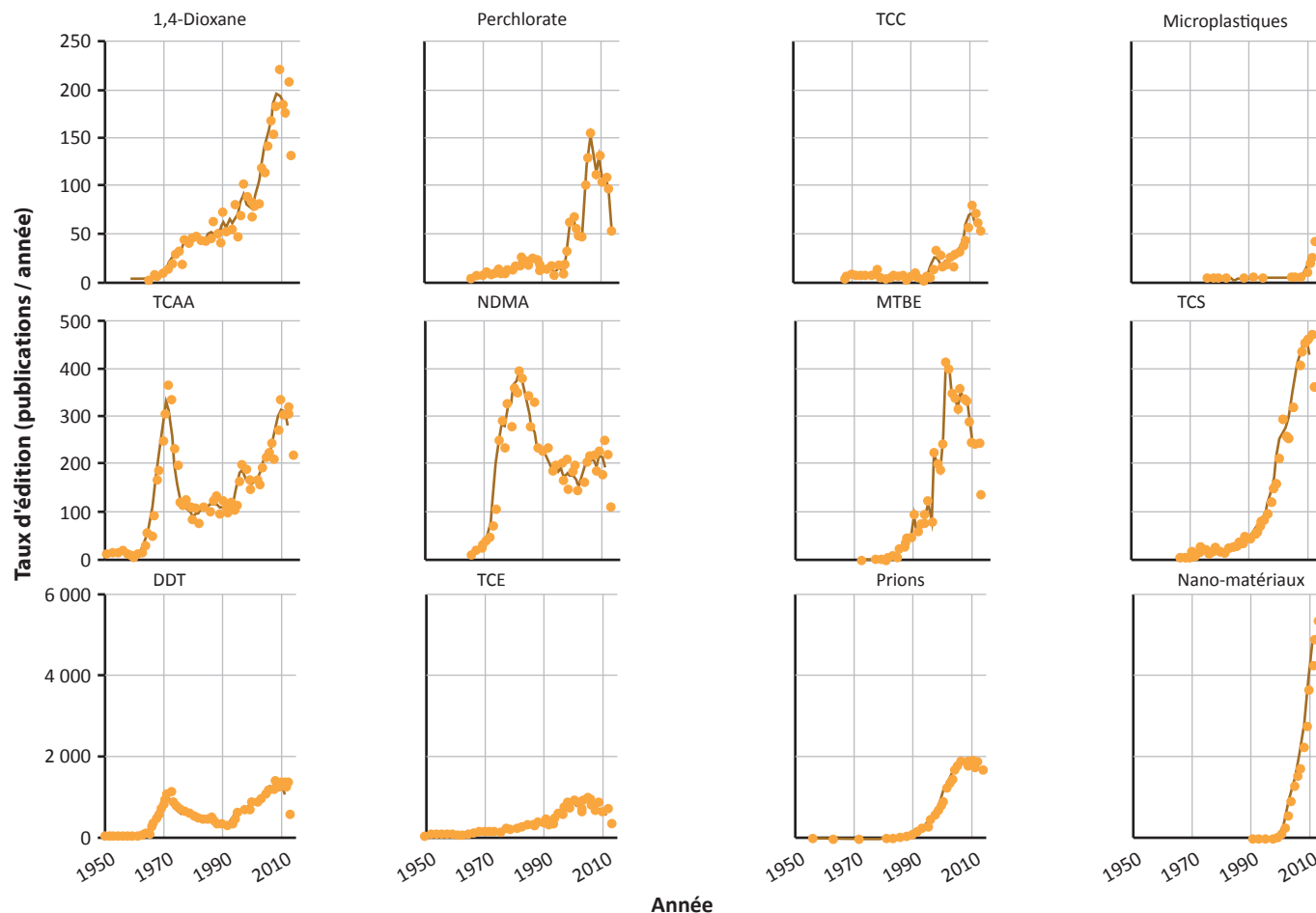
L'évaluation de la présence de nouveaux contaminants préoccupants à de faibles concentrations est devenue possible grâce à des méthodes d'analyse extrêmement sensibles disponibles actuellement et permettant de déceler des milliers de contaminants à des quantités traces (Pal *et al.*, 2014). Des approches visant à établir des limites pour des contaminants particuliers ont été proposées, mais n'ont pas encore été testées et seront révisées continuellement au rythme de la progression de la compréhension. Ces

incertitudes compliquent la communication avec le public et entravent l'acceptation de l'eau potable tirant son origine des eaux usées (Pal *et al.*, 2014). Dans certains cas, l'utilisation de produits chimiques dont le potentiel de pollution de l'eau et les risques écotoxiques sont élevés pourrait devoir être restreinte, par exemple l'utilisation répandue des antibiotiques dans l'élevage animal (Kemper, 2008).

Une incertitude demeure quant aux effets de plusieurs nouveaux contaminants préoccupants sur la santé humaine et sur l'environnement. La plupart de ces contaminants ne sont pas systématiquement surveillés ou ne sont pas éliminés, en vertu d'une réglementation, par des procédés de traitement des eaux usées et, dans bien des cas, les données relatives à leur présence ou concentration sont rares et assez sporadiques. De plus, même si des preuves tirées d'études de cas et d'expériences sur les impacts éventuels d'une variété de ces contaminants commencent à apparaître, la détection des composés ne signifie pas nécessairement des effets sur le biote aquatique ou la santé humaine. La compréhension du devenir, du transport et des effets sur l'environnement et la santé humaine des nouveaux contaminants non surveillés et non réglementés représente un secteur de recherche active en Amérique du Nord (**figure 4.1.12**), et des fonds de multiples organismes fédéraux tels que l'USEPA, l'USGS et la National Science Foundation aux États-Unis, et le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, Environnement Canada et Pêches et Océans Canada au Canada sont consacrés au soutien des divers aspects de cette recherche dans des établissements à l'échelle de la région.

Même s'ils font l'objet d'un nombre grandissant de corpus scientifiques et d'ouvrages populaires, les nouveaux contaminants préoccupants demeurent difficiles à réglementer en raison de leur diversité et de leur quantité, de la difficulté de les surveiller, du manque de produits standards auxquels les comparer, ainsi que de l'incertitude concernant leurs répercussions sur les écosystèmes et la santé humaine. Certains problèmes de surveillance peuvent être pris en compte grâce à la définition de contaminants indicateurs (Metcalf, 2013).

Figure 4.1.12 : Activité de publication relative à de nouveaux contaminants préoccupants sélectionnés, de 1950 à 2013



Les graphiques illustrent la somme des publications par année par contaminant et les courbes de tendance de publication calculées à partir des moyennes sur trois ans de l'activité de publication annuelle. Cela signifie que l'intérêt à l'égard de la recherche est en hausse.

Source : Halden, 2014

Malgré l'incertitude entourant les impacts sur la santé écologique et humaine des nouveaux contaminants préoccupants, plusieurs administrations infranationales en Amérique du Nord, dont sept aux États-Unis, ont réglementé ou banni les microbilles, un type de nouveau contaminant préoccupant (Rochman *et al.*, 2015). Les États-

Unis ont adopté une loi fédérale, en 2015, qui interdira la production de produits de soins personnels contenant des microbilles, à compter de 2017. Au Canada, la province de l'Ontario a pris des mesures pour limiter les microbilles dans les produits de soins personnels (Ontario, 2015) tandis que le gouvernement fédéral a déclaré les microbilles comme

étant toxiques en 2015 (Environnement Canada, 2015) et il s'emploie à élaborer des règlements qui permettraient d'éliminer l'utilisation de microbilles dans les produits de soins personnels (Environnement Canada, 2015).

## 4.2 Technologies émergentes et potentiellement perturbatrices

Des innovations voient constamment le jour et trouvent leur utilité dans divers secteurs de l'économie. Cette section porte sur des technologies innovatrices qui pourraient changer l'avenir à long terme, comme notre situation a changé depuis 50 ans. Puisque ces technologies ne cessent de croître et de se multiplier, elles peuvent avoir des effets positifs et négatifs sur la qualité de l'environnement et sur nos efforts à créer un avenir durable. En raison des incidences de ces innovations, celles-ci sont également définies comme « perturbatrices », car elles peuvent transformer radicalement les systèmes social, économique, environnemental et de gouvernance. Les incidences sur ces systèmes incluent des changements de la demande en main-d'œuvre en raison d'une productivité accrue rendue possible par la technologie, une augmentation des données et de la capacité d'analyse pour des services cibles, nombre d'utilisations de la nanotechnologie à des fins industrielles et médicales, comme les nanoparticules de dioxyde de titane, les nanoparticules d'argent et par la biologie synthétique qui entraîne pour sa part des changements sur le plan de l'économie et du flux des matières premières des secteurs agricole, forestier, énergétique et minier et, enfin, par l'intelligence artificielle qui nous permet de mieux résoudre des problèmes complexes grâce à des quantités importantes de données, bien souvent en temps réel. Dans la section suivante, nous abordons ces technologies émergentes potentiellement perturbatrices et leurs incidences, tant positives que négatives sur l'environnement et la durabilité. Ces incidences représentent également des difficultés pour les responsables des politiques et les gouvernements qui doivent répondre à l'évolution rapide en mettant en place des politiques novatrices capables d'adopter un point de vue systémique tout en demeurant souples et adaptables.

### 4.2.1 Impression en trois dimensions (3D)

Mise au point au cours des années 1980, l'impression tridimensionnelle visait principalement le prototypage, mais cette technologie a introduit plusieurs nouveaux concepts pour la fabrication et les chaînes d'approvisionnement. Tout d'abord, la fabrication peut être localisée. Au lieu d'être produits en masse à un nombre d'emplacements limité, certains produits sont maintenant fabriqués en plus petits nombres au point d'utilisation, réduisant ainsi les besoins en matière de transport et les coûts. De même, la technologie d'impression en 3D permet la production d'articles nécessaires qui ne conviennent pas à la production de masse ou qui doivent être produits en grande quantité.

Un autre aspect non négligeable de ce type de fabrication est sa capacité additive : au lieu d'entreprendre une production qui nécessite de grandes quantités de matériaux et qui produit des déchets, les matériaux de production ne sont utilisés que pendant le processus pour façonner ou créer le produit. Toutefois, jusqu'à maintenant, les matériaux utilisés dans l'impression 3D n'ont pas été développés en tenant compte de leurs incidences sur l'environnement, des risques pour la santé et de la façon de les recycler ou de les éliminer (Olson, 2013). D'ailleurs, les incertitudes sont nombreuses quant aux conséquences environnementales de ces technologies (Rejeski et Huang, 2015). Comme les imprimantes 3D sont de plus en plus accessibles, des politiques appropriées doivent être mises en place pour gérer les changements à apporter aux méthodes de fabrication et à l'utilisation des matériaux.

### 4.2.2 Biologie synthétique

La biologie synthétique, comme domaine général de technologies émergentes ou nouvelles, comporte également sa part de promesses et d'inquiétudes en ce qui concerne les organismes vivants. En fait, selon la revue *Science*, la percée scientifique de 2015 revient à la méthode de modification du génome appelée CRISPR (Travis, 2015). Cette technique a d'abord été utilisée pour la première modification délibérée de l'ADN d'embryons humains. Il est déjà prévu de produire des porcs résistants à plusieurs virus ainsi que du blé qui peut se défendre contre un champignon

## Encadré 4.2.1 : Nanotechnologie et environnement

Selon les prévisions, le développement des produits créés à partir de nanomatériaux et des technologies connexes connaîtra une croissance exponentielle au cours de la prochaine décennie. Cependant, les répercussions des nanoproduits sur les écosystèmes aquatiques sont peu connues. Une expérience sur l'ajout de particules de nano-argent dans un lac a été menée dans la Région des lacs expérimentaux en Ontario de 2013 à 2014. Cette expérience représente une contribution unique à l'effort du groupe de travail de l'OCDE sur les nanomatériaux fabriqués et permet d'évaluer les risques de ces produits pour l'environnement (WPMN, 2007). L'expérience sur un lac entier visait à définir les techniques, les procédures et les politiques qui doivent être élaborées pour évaluer les changements de la fonction des écosystèmes associés au rejet de nanoparticules dans l'environnement. Les risques potentiels de l'ingestion de nanomatériaux par les humains n'a pas encore fait l'objet d'une recherche adéquate. Il s'agit d'un autre exemple de la façon dont d'autres facteurs et pressions, hormis ceux qui sont associés à la santé écologique, motivent le développement et l'utilisation de nouvelles technologies. On pourrait aussi inclure des conséquences imprévues dans des régions où, par exemple, le stress hydrique est une préoccupation sérieuse et grandissante (Trent University, 2015).

ubiquiste, des tomates qui se conservent plus longtemps, des arachides non allergènes, des peupliers et d'autres nouvelles cultures pouvant être transformés en biocarburants à titre de stratégies de réaction aux changements climatiques, comme la tolérance au sel, la tolérance à la sécheresse et la résistance aux insectes (Travis, 2015). Le développement et la manipulation des processus naturels pour la production de nouvelles parties ou de nouveaux systèmes biologiques ou même pour le remplacement de la production classique, par exemple dans la production de biocarburants (Woodrow Wilson, 2015), peuvent être d'une grande utilité. Bien qu'elle n'en soit qu'à une étape très précoce, voire spéculative, la biologie synthétique est une « *révolution technologique qui transformera plusieurs marchés, notamment les marchés de l'énergie, de l'agriculture, des soins de santé, des produits chimiques et de la biorestauration* » [traduction libre] (Woodrow Wilson, 2015). Que des limites soient appliquées à la biologie synthétique – la nature de ces limites, les décideurs et la façon dont les limites seront appliquées – demeure une question importante qui n'a pas été abordée en général par les responsables des politiques.

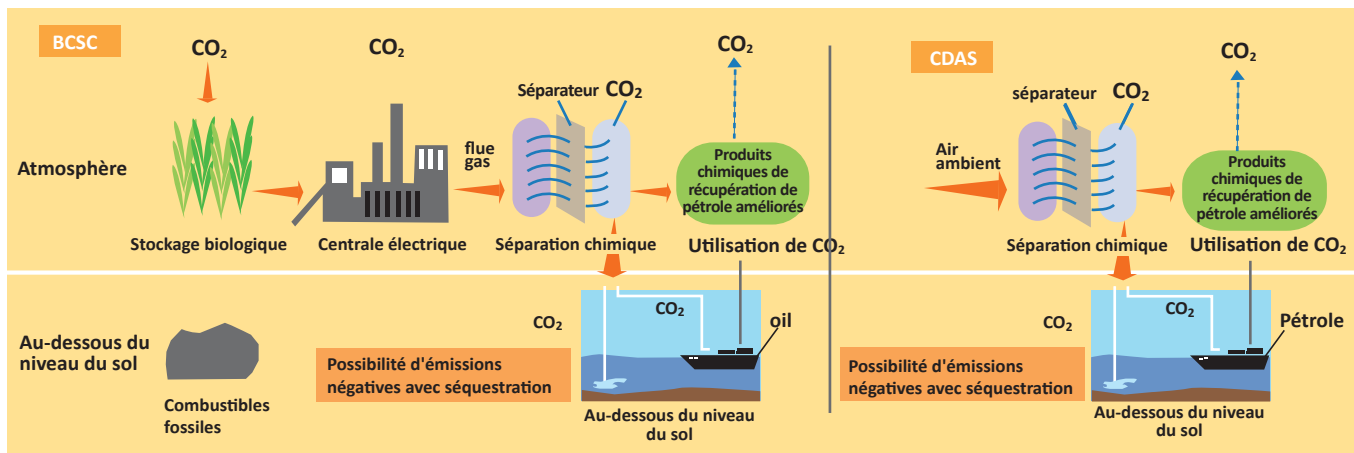
### 4.2.3 Géo-ingénierie ou intervention climatique

Ces mesures et ces technologies visent à contrecarrer les changements climatiques extrêmes potentiels dont les effets seraient catastrophiques. La géo-ingénierie propose deux grandes approches, la première étant la modification de l'albédo ou de la réflectance du rayonnement solaire par la Terre dans l'espace. Les risques associés à ces modifications potentielles sont méconnus, particulièrement aux échelles mondiales nécessaires pour une réelle modification du climat. Les éruptions volcaniques sont des processus naturels qui représentent le mieux ces modifications. La deuxième approche consiste à éliminer ou à séquestrer le dioxyde de carbone contenu dans l'atmosphère. La **figure 4.2.1** illustre ces processus et technologies.

Il est difficile de prévoir toutes les utilisations et conséquences possibles de ces nouvelles biotechnologies. Néanmoins, dans un contexte d'adaptation aux changements climatiques, les nouvelles biotechnologies offrent plusieurs possibilités, notamment une meilleure transformation du CO<sub>2</sub> par les plantes et les algues de manière à rendre la bioénergie avec captage et stockage du CO<sub>2</sub> plus efficace, ainsi qu'une meilleure résistance des cultures aux effets du climat.



Figure 4.2.1 : Bioénergie avec captage et stockage du CO<sub>2</sub> (à gauche) et captage direct du CO<sub>2</sub> dans l'air et stockage (CDAS)



Dans le cas de la bioénergie avec captage et stockage du CO<sub>2</sub> (BCSC, à gauche), les cultures absorbent le dioxyde de carbone présent dans l'air pendant leur croissance. Les cultures peuvent être brûlées dans une centrale pour produire de l'électricité, et le dioxyde de carbone produit est capté et séquestré sous terre. Dans le cas du captage direct du CO<sub>2</sub> dans l'air et séquestration (CDAS, à droite), le dioxyde de carbone est extrait de l'atmosphère lors du passage de l'air dans des structures filtrantes, puis stocké sous terre. Les flèches orange représentent les flux de dioxyde de carbone tandis que les flèches tiretées représentent les émissions de dioxyde de carbone résiduelles.

Source : US NAS, 2015

La Global CO<sub>2</sub> Initiative a été créée pour atteindre le but ambitieux de capter 10 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> et de les transformer en produits utiles (CO<sub>2</sub> Sciences Inc., 2016). Pour donner suite à cet effort du secteur privé annoncé à Davos le 21 janvier 2016, l'objectif sera financé à raison de 100 millions de dollars américains par année sur dix ans.

### 4.2.3 Nanotechnologie

Le prix Nobel de chimie de 1996 a été remis pour la découverte des fullerènes. Bien que la recherche sur ce sujet ait été entreprise bien avant la remise du prix, cette annonce publique a confirmé l'importance de la nanotechnologie. Depuis, les gouvernements de partout dans le monde ont versé d'importantes sommes dans la recherche sur les nanotechnologies; la National Nanotechnology Initiative des États-Unis (US NNI, 2015a) a obtenu plus de 20 milliards de dollars américains depuis 2001 pour ses recherches. La nanotechnologie n'est pas qu'un domaine de recherche.

On retrouve son application dans toutes les sphères de l'économie.

Les estimations actuelles des revenus tirés des nanoproduits des secteurs de l'énergie et de l'environnement s'élèvent à plus de 19 milliards de dollars américains en 2013 et à plus de 28 milliards de dollars américains en 2014 (Flynn *et al.*, 2014).

Les nanotechnologies et les nanomatériaux sont appliqués aux technologies vertes, comme la production d'électricité à partir d'énergie solaire (European Commission Science for Environment Policy, 2015; US NNI, 2015b). Parallèlement, l'expansion des nanotechnologies a soulevé des questions relativement aux risques possibles pour la santé liés à l'environnement (Weisner *et al.*, 2006), par exemple, une exposition imprévue à des nanomatériaux ou à des produits créés à partir de nanomatériaux. Selon la base de données du Project on Emerging Nanotechnologies, plus de 1 600 produits de consommation contiennent des

nanomatériaux (Woodrow Wilson, 2015). Bien que cette base de données ne permette pas de prouver avec certitude l'exposition des humains à ces différents nanomatériaux, elle révèle les possibilités d'une exposition.

Eisen *et al.* (2011) dresse une liste des préoccupations que présente l'exposition aux nanoparticules de synthèse pour la santé et recommande une recherche approfondie qui prévoit la surveillance des risques et des études prospectives de cohorte des maladies cardiovasculaires et respiratoires.

Les risques potentiels pour les écosystèmes et autres organismes sont également envisagés. Comme les produits et les déchets industriels tendent à aboutir dans les cours d'eau, la toxicité dans les systèmes aquatiques soulève également des préoccupations. D'ailleurs, des données montrent le risque écologique potentiel (Moore, 2006). Toutefois, l'USEPA affirme, en substance, qu'à l'heure actuelle, les données sur les effets des nanomatériaux sur la santé des écosystèmes sont insuffisantes (USEPA, 2015e).

#### 4.2.5 Intelligence artificielle

L'intelligence artificielle a déjà connu un essor considérable au cours de la dernière décennie. Cependant, l'intelligence artificielle est encore utilisée pour accomplir une tâche propre à la résolution de problèmes, comme la reconnaissance faciale et vocale, l'exécution d'algorithmes complexes (par exemple dans les diagnostics de patients), l'évaluation de grands ensembles de données dans les opérations boursières et l'optimisation de décisions en matière de production et de chaînes de valeur.

À cet égard, l'intelligence artificielle permet une utilisation plus efficace des ressources dans les processus de production et une sensibilisation accrue des consommateurs qui peuvent ainsi faire des choix plus éclairés. De nombreuses applications logicielles sont déjà intégrées aux appareils électroniques personnels pour numériser, communiquer de l'information et offrir des choix ciblés à un utilisateur.

Du point de vue de la gestion de l'environnement, l'intelligence artificielle permet de créer des outils d'aide à la prise de décisions rapides et bien fondées en matière de gestion de l'environnement. Il peut s'agir d'outils pour évaluer des données en temps réel provenant de nombreux postes de surveillance, pour traiter de grands ensembles de données ou pour fournir de l'information à jour aux responsables des politiques et aux utilisateurs. Par exemple, l'intelligence artificielle peut être associée à des modèles écologiques pour prévoir une modification de la répartition et de la migration de certaines espèces en raison des changements climatiques ou une modification de la répartition d'espèces envahissantes. Parallèlement, les données provenant de satellites et de capteurs peuvent être utilisées en combinaison avec d'autres données provenant de capteurs locaux (comme les capteurs de drones) pour optimiser les processus agricoles, notamment l'automatisation de tracteurs et d'épandeurs, et pour suivre les aliments, de leur production jusqu'à leur consommation. Bien que les exemples fournis soient axés sur la résolution de problèmes précis, on s'attend à ce que l'étape suivante consiste, pour les chercheurs et les informaticiens, à faire progresser l'intelligence artificielle de sorte que les ordinateurs puissent acquérir des connaissances générales qui leur permettraient de fonctionner dans de nouvelles situations ou de mieux répondre au contexte et à l'humeur de l'utilisateur ainsi que d'automatiser de nombreuses tâches pour améliorer grandement l'efficacité et la productivité personnelle (Policy Horizons, 2012).

#### 4.2.6 Systèmes de transport

Bien que les voitures autonomes et semi-autonomes soient toujours en voie de développement, il est important de comprendre, d'un point de vue environnemental, que des changements considérables pourraient être apportés aux systèmes de transport actuels. Ces changements ne seront pas seulement constatés dans les transports personnels, mais également dans les systèmes de transport en commun ainsi que dans les services fournis dans les hôpitaux, les

entrepôts et les usines. Les progrès réalisés sur le plan des « voitures sans conducteur » reposent grandement sur les progrès réalisés en matière d'intelligence artificielle pour calculer et interpréter de grandes quantités de données en vue d'offrir un produit fluide et plus efficace. Il s'agit là d'un domaine d'activité très prometteur pour les personnes et les entreprises nord-américaines.

Par exemple, les personnes plus âgées qui ont été contraintes à abandonner l'utilisation de la voiture pourraient encore « conduire » une voiture. Ainsi, une population vieillissante nord-américaine continuerait d'utiliser l'automobile qui vient avec son lot de conséquences sur l'environnement.

D'un autre point de vue, la technologie de voiture sans conducteur peut également faire la promotion de conséquences environnementales moins graves, d'une utilisation plus efficace des réseaux routiers actuels et, par exemple, réduirait le besoin de stationner une voiture : la voiture s'arrête pour faire descendre un passager et repart directement à l'emplacement du prochain passager (The Economist, 2015a). Les applications pour téléphones intelligents qui peuvent rapidement « héler » une voiture (qui sera sans doute une voiture sans conducteur) seront probablement à l'origine des changements qui se produiront, à long terme, dans les habitudes d'achat et d'utilisation des voitures.



Les premiers résultats d'une recherche en cours au Department of Transportation des États-Unis donnent à penser que les véhicules automatisés peuvent apporter de profonds changements à la sécurité, la mobilité et l'énergie ainsi que des avantages environnementaux au sein des systèmes de transport de surface aux États-Unis.

© US Department of Transportation

## Encadré 4.2.2 : Scénarios – Économie et réseaux numériques du Canada

Les scénarios suivants donnent un aperçu d'un avenir plausible dans lequel différentes technologies émergentes font partie des systèmes de production et de consommation au Canada. Les scénarios illustrent les incidences possibles de ces technologies émergentes sur l'économie et la qualité de vie des citoyens.

**2025 – Redoubler d'efforts (situation prévue) :** En 2025, 50 % de la population mondiale participe à l'économie numérique et a les moyens de le faire. À l'exception de quelques grandes multinationales, la plupart des entreprises déploient de grands efforts pour ne pas se laisser dépasser par les changements qui se succèdent à un rythme effréné. Les centres de formation axés sur les compétences numériques appuyés par les gouvernements et orientés par le milieu des affaires n'ont pas su répondre à la demande. De nombreux Canadiens consomment des produits et services numériques personnalisés qui sont, pour la plupart, fabriqués à l'extérieur du Canada.

**2025 – Consolidation mondiale (diminution graduelle) :** Un certain nombre de grandes entreprises mondiales innovent et fusionnent. Elles mettent à contribution toutes les technologies numériques à leur disposition pour produire des biens et services à faible coût et hautement personnalisés pour l'ensemble de la classe moyenne mondiale. Or, comme les technologies en place accroissent la productivité et exigent moins de travailleurs, le chômage est en hausse, tout particulièrement chez ceux qui ne possèdent ni les connaissances ni les compétences nécessaires pour intégrer la nouvelle économie. Par exemple, de nouveaux modes d'apprentissage ont révolutionné le milieu de l'enseignement en faisant appel à l'intelligence artificielle et à la fusion de données pour offrir et certifier des programmes de formation sur des compétences de base présentés sous forme de vidéos d'une durée de dix minutes. Le tout est entièrement financé par la publicité.

**2025 – Arrivée de l'économie numérique (progrès graduel) :** C'est l'innovation dans les technologies de pointe qui est la force motrice de cette nouvelle ère de prospérité mondiale et des changements qui se succèdent rapidement. Les chaînes d'approvisionnement mondiales sont plus courtes et plus numérisées. Les avancées dans le domaine de l'impression 3D permettent à d'habiles investisseurs de personnaliser rapidement un large éventail de produits. Moins de matériaux sont exportés. L'intelligence artificielle est intégrée dans un nombre grandissant de produits vendus à titre de services : vos espadrilles de course et votre toilette sont branchées à l'Internet afin de surveiller votre santé, ce qui vous permet de réduire vos primes d'assurance. Des données recueillies auprès de nombreuses sources permettent de cerner les nouveaux enjeux et d'effectuer une analyse des systèmes. De nombreux services gouvernementaux sont offerts automatiquement au moyen de logiciels intelligents par l'entremise des lunettes, tablettes et téléphones intelligents des citoyens.

**2025 – Progression successive vers l'économie de la cocréation (transformation) :** Les changements technologiques qui se sont succédés rapidement engendrent une situation constante de chômage élevé dans plusieurs pays. En 2025, l'infrastructure d'une nouvelle économie voit le jour, une économie permettant à des chaînes humaines complexes d'organiser la production et l'échange de biens et de services sans utiliser d'argent, car l'argent se fait rare. L'économie numérique, l'économie traditionnelle et l'économie de cocréation continuent de coexister et alimentent les chaînes d'approvisionnement mondiales de différentes façons. En effet, le gouvernement est beaucoup plus efficace et il travaille en réseau. La démocratie numérique permet de dégager rapidement un consensus qui, bien qu'éphémère, provient de voix fort variées.

Source : Horizons de politiques Canada, 2012

L'augmentation du télétravail et d'autres changements qui réduisent l'utilisation de bureaux centraux ainsi que la croissance continue du magasinage en ligne entraînent des changements dans les besoins en matière de transport. Un autre changement considérable qui pourrait toucher les systèmes de transport est la livraison de colis par drone. Les principaux obstacles relèvent plus probablement de l'ordre réglementaire que technologique; dans dix ans, cette méthode de livraison pourrait être assez courante (The Economist, 2015b). Tous les changements importants des systèmes de transport auront bien sûr des répercussions sur les polluants classiques, les émissions de gaz à effet de serre et les modes de vie durables.

Ces technologies émergentes comporteront leur lot de possibilités et d'enjeux pour les utilisateurs et les responsables des politiques quant à l'amélioration de la qualité de vie, la gestion de l'environnement et la durabilité globale de la région. Beaucoup de ces enjeux et possibilités sont étudiés dans plusieurs mises en situation

**Encadré 4.2.2.** L'accessibilité à grande échelle de ces technologies émergentes signifie que celles-ci s'imposeront dans notre vie quotidienne en moins d'une décennie. Cette croissance des technologies jumelées, des grandes bases de données et de l'intelligence artificielle pour gérer un nombre grandissant de nos technologies (transports, appareils ménagers, appareils mobiles, etc.) dans nos vies est communément appelée l'« Internet des objets » (Wired, 2016). Cet Internet des objets crée des occasions et des défis pour les responsables des politiques cherchant à anticiper et à répondre rapidement aux conséquences possibles pour l'environnement ainsi qu'aux enjeux sociaux posés, comme les problèmes de respect de la vie privée, les changements aux types et aux structures d'emploi, les changements des besoins en matière d'éducation et autres.

## 4.3 Possibilités d'innovation clés pour les enjeux intersectoriels en Amérique du Nord

Au-delà des technologies nouvelles et émergentes qui n'ont pas été intégrées jusqu'à maintenant et qui présentent également des occasions et des enjeux, un certain nombre d'innovations et de possibilités ont déjà été adoptées par certains secteurs et régions. Cela est particulièrement le cas des « villes intelligentes » où l'on retrouve un accès amélioré aux services, des systèmes de transports durables, une agriculture intelligente et durable, des pratiques de planification et de conservation de l'eau et une production d'énergie verte. Les premières applications de ces innovations indiquent déjà qu'elles peuvent apporter des changements globaux importants dans la région si elles sont mises en œuvre à grande échelle.

Par conséquent, le rôle du gouvernement est d'élaborer des politiques et des mesures pour soutenir la progression de ces innovations, et le rôle des citoyens et des entreprises est de s'engager à exploiter les nouvelles possibilités.

### 4.3.1 Villes intelligentes et infrastructure urbaine

Quatre-vingts pour cent de la population nord-américaine vit dans un centre urbain, pour la plupart dans une grande ville. Ce qui se produit à l'intérieur et autour de ces villes peut faire évoluer la région vers un avenir durable. De plus en plus, les villes représentent des centres d'innovation dynamiques en Amérique du Nord. Ces dernières années, une attention accrue a été accordée aux politiques environnementales urbaines qui se caractérisent de plus en plus par des efforts visant à remédier à certains des problèmes les plus épineux sur le plan du développement durable. Par exemple, des



maires de villes américaines ont proposé une entente de protection du climat à la conférence des maires de 2005.

L'objectif était d'atteindre ou de dépasser les objectifs du Protocole de Kyoto pour réduire le réchauffement planétaire (US Mayors, 2008). Les maires ont également joué un rôle déterminant dans la réussite de la 21<sup>e</sup> Conférence des Parties de la CCNUCC, tenue à Paris.

Selon une évaluation exhaustive des grandes infrastructures des États-Unis menée par l'American Society of Civil Engineers, l'ensemble des infrastructures du pays obtient une note de D+ et le coût lié aux changements à apporter pour améliorer l'état et la qualité des grandes infrastructures est évalué à 3,6 mille milliards de dollars (ASCE, 2013). La situation est semblable au Canada où la qualité des infrastructures est passable ou très mauvaise pour environ 30 % des infrastructures municipales (Félio, 2012). Cet état des choses incite à se concentrer davantage sur le réaménagement qui met l'accent sur des solutions novatrices, permanentes, durables et parées à faire face aux changements climatiques plutôt que sur des solutions classiques qui ne feront que reproduire les erreurs du passé.

Au cours des vingt dernières années, les villes sont devenues des endroits déterminants pour la mise en œuvre de politiques sur les changements climatiques. Peu de temps après que la Conférence sur l'atmosphère en évolution de 1988 à Toronto ait permis d'intégrer les changements climatiques au programme des politiques nationales et internationales, Toronto est devenue la première ville à établir des objectifs de réduction des émissions municipales (Bulkeley et Betsill, 2003; Lambright *et al.*, 1996). S'efforçant de montrer l'exemple, les réseaux municipaux transnationaux, comme le Conseil international pour les initiatives écologiques communales (CIIEC), Des villes pour la protection du climat, Alliance pour le climat et Energy Cities, ont contribué à créer des liens entre les villes par le partage de pratiques exemplaires et la promotion d'un modèle de gouvernance du climat qui est essentiellement un modèle de mesure des émissions, d'établissement d'objectifs et d'élaboration et de mise en œuvre de plans d'action sur les changements

climatiques (Hoffmann, 2011; Kern et Bulkeley, 2009; Betsill et Bulkeley, 2004). Les occasions sont nombreuses pour les villes nord-américaines de collaborer avec d'autres villes d'ailleurs, notamment de l'Europe, par l'intermédiaire de réseaux comme 100 villes résilientes, World Cities Network et Sustainable Cities Network.

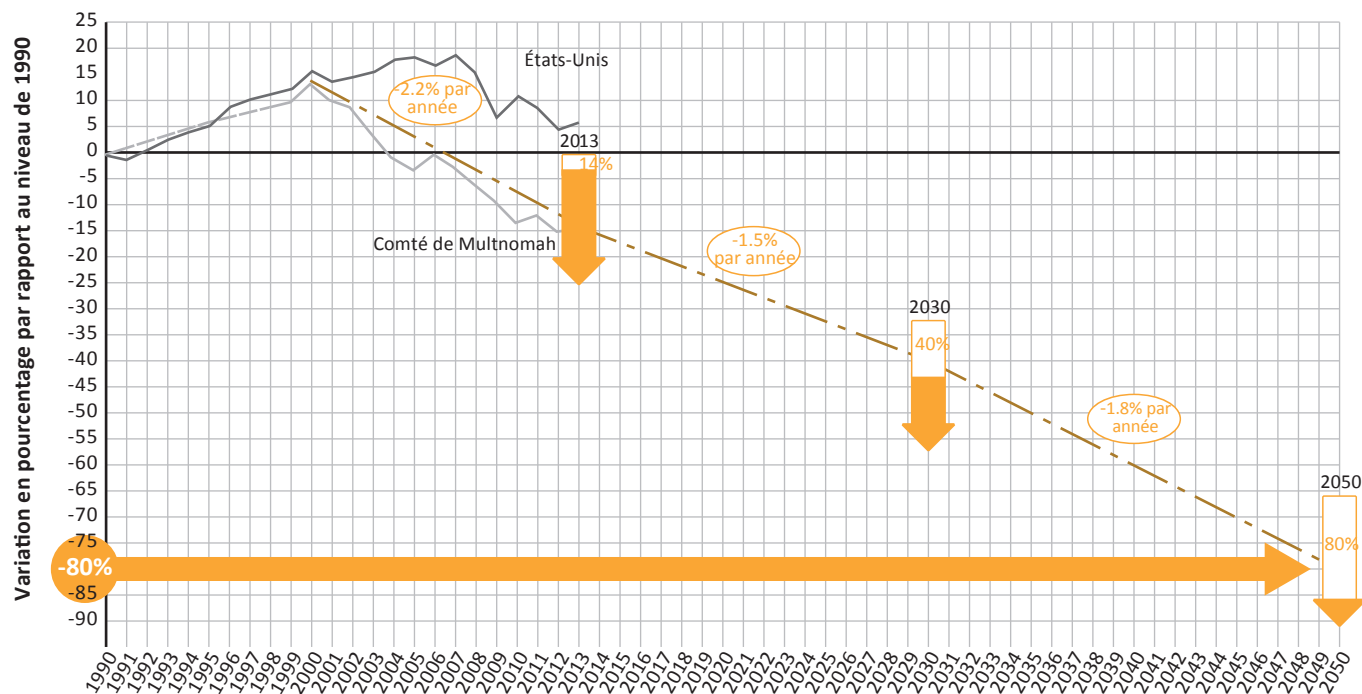
En Amérique du Nord, les villes intelligentes comptent renforcer davantage leur capacité d'adaptation. Le concept de « villes intelligentes » reflète une préoccupation sur le plan de l'efficacité et du bien-être de la collectivité.

Le concept fait appel à l'utilisation efficace des ressources pour réparer et entretenir l'infrastructure et à l'utilisation des plus récentes innovations et technologies pour fournir les services communautaires nécessaires. Le besoin de mettre en commun les idées, de faire connaître les pratiques exemplaires et d'intégrer la conception intelligente à la planification urbaine est la raison de la création de l'initiative de la Fondation Rockefeller « 100 villes résilientes ». Les villes nord-américaines retenues à l'issue d'un concours pour faire partie de cette initiative sont Berkeley, Boston, Boulder, Chicago, Dallas, El Paso, Jacksonville, Los Angeles, Montréal, La Nouvelle-Orléans, New York, Norfolk, Oakland, Pittsburgh, San Francisco, San Juan, St. Louis et Tulsa. L'initiative Peg fournit une plateforme en ligne pour recueillir, interpréter et communiquer de l'information permettant aux citoyens de connaître les changements qui s'opèrent dans leur ville.

Portland, en Oregon, en est un bon exemple. En 1993, Portland, était la première ville des États-Unis à créer un plan d'action local de réduction des émissions de dioxyde de carbone. Depuis, les administrations de la ville de Portland et du comté de Multnomah ont élaboré en collaboration des « plans de protection du climat » à jour qui servent à concevoir et à mettre en œuvre les mesures de réduction des émissions de dioxyde de carbone dans la ville et le comté (**figure 4.3.1**).

Grâce aux efforts accomplis au niveau local et au niveau mondial, comme la création du regroupement C40 Cities Climate Leadership Group (Gordon, 2013), la croissance des émissions de gaz à effet de serre pourrait être renversée,

Figure 4.3.1 : Réduction de 80 % des émissions de carbone à Portland et dans le comté Multnomah par rapport au niveau de 1990, d'ici 2050



Source : City of Portland Bureau of Planning and Sustainability, 2015

du moins dans certaines parties du monde. Par contre, la tendance à long terme en matière de réduction des émissions dans toutes les grandes agglomérations du monde reste inconnue. L'entente conclue récemment à Paris a dynamisé les efforts. De plus, les initiatives prises dans chaque État, par exemple Cal-Adapt, permettent de fournir des outils et des données utiles pour les localités. L'innovation et le leadership assurés par les villes pour répondre aux préoccupations environnementales et progresser sur de nombreux fronts dictent une tendance qui se poursuivra en Amérique du Nord.

### 4.3.2 Transport durable

Le transport de marchandises et de personnes est à la base de la société nord-américaine. Par contre, le transport est aussi une source importante de pollution atmosphérique et de gaz à effet de serre.

Un système de transport plus efficace et intégré qui ne pollue pas et qui contribue au bien-être des humains ainsi qu'au développement durable et à la santé des collectivités est une illustration parfaite d'un enjeu intersectoriel répondant à un

certain nombre d'objectifs et de cibles de développement durable. Prenons à titre d'exemple la vision pour 2035 du Manitoba qui met en avant-plan l'accès et les possibilités. Plutôt que de se concentrer uniquement sur le système de transport en soi, la vision tient compte des citoyens financièrement et physiquement défavorisés. Selon les objectifs du programme sous-jacent, les services de transport en commun sont plus importants et leur intégration à la conception et à la configuration des villes sera favorisée.

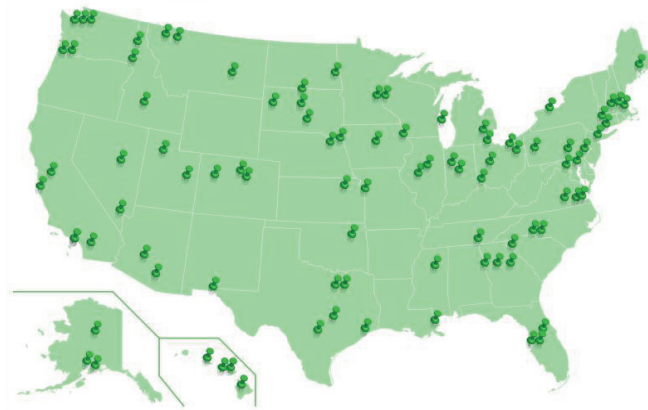
Pour encourager le transport durable, les États-Unis réalisent divers projets dans tout le pays (**figure 4.3.2**). Par exemple, Los Angeles a réduit grandement ses émissions en élargissant ses réseaux de transport en commun et de pistes cyclables; elle est d'ailleurs la première grande ville à avoir remplacé son parc d'autobus par des autobus alimentés au gaz naturel comprimé (US DOT, 2015a).

De plus, aux États-Unis, l'augmentation des véhicules-milles parcourus annuellement a ralenti considérablement au cours des 30 dernières années et l'on s'attend à ce que ce ralentissement soit encore plus marqué selon les prévisions de la Federal Highway Administration des États-Unis (2015).

Pour terminer, des changements importants s'opèrent déjà dans les transports, particulièrement dans les villes, en raison de l'utilisation des téléphones intelligents et de la technologie mobile ainsi que de l'intérêt croissant pour les véhicules électriques. Ces changements conduisent à des moyens de transport plus efficaces ainsi qu'à une réduction des émissions, y compris des gaz à effet de serre. Par exemple, les services de covoiturage et d'autopartage donnent aux utilisateurs un accès à une voiture tout près d'eux pour se rendre à un endroit précis.

Ces services fonctionnent par abonnement ou à l'utilisation et permettent aux usagers d'utiliser le transport selon leurs besoins dans des villes congestionnées et dont les espaces de stationnement sont peu nombreux et coûteux et où il n'est plus possible ou pertinent de posséder une voiture.

Figure 4.3.2 : Projets de transport durable aux États-Unis, 2015



Projets de transport financés par le gouvernement fédéral offrant des approches modernes, durables et responsables sur le plan de l'environnement pour mobiliser les passagers et les entreprises de transport commercial tout en réduisant le bilan carbone et en améliorant l'efficacité.

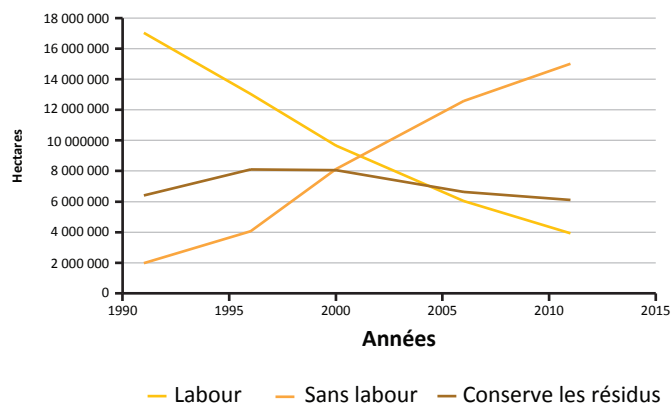
Source : US DOT, 2015b

Une croissance plus rapide que prévu du marché des véhicules électriques indique l'amorce d'un nouveau virage dans le secteur des transports en Amérique du Nord. Comme on s'attend à ce que le coût des batteries continue de baisser, la tendance à l'adoption et à la promotion des véhicules électriques devrait se poursuivre. Ces véhicules, de même que les voitures hybrides rechargeables et les véhicules électriques offerts par un éventail de constructeurs automobiles, pénétreront lentement le marché de l'automobile et réduiront davantage l'incidence des voitures sur l'environnement.

### 4.3.3. Agriculture durable et adaptée au climat

La gestion des ressources naturelles comme la terre et l'eau a une incidence directe sur notre capacité à répondre

Figure 4.3.3 : Tendances des pratiques de travail du sol dans les Prairies canadiennes



Source : Statistique Canada, 2015

aux besoins des générations futures et à surmonter les problèmes, comme les changements climatiques.

Les changements climatiques en particulier, jumelés à d'autres facteurs, comme l'urbanisation et la dégradation des sols, menacent les productions agricoles. L'agriculture adaptée au climat est une expression générique employée pour décrire les caractéristiques d'une production qui favorise la résilience des systèmes agricoles tout en réduisant les gaz à effet de serre. Il existe de nombreuses façons de mettre en œuvre les pratiques d'agriculture adaptée au climat, notamment par la réduction du travail du sol, la gestion du sol pour réduire le ruissellement, la conservation de l'eau et l'application d'engrais et d'autres substances de façon plus précise et ciblée.

Le travail réduit du sol et la culture sans labour sont des pratiques utilisées depuis longtemps au Canada. Par exemple, la plupart des exploitations agricoles des Prairies canadiennes pratiquent le travail réduit du sol ou la culture sans labour depuis les années 1980. Ce type de gestion des terres comporte des avantages comme la réduction de l'érosion et une meilleure qualité des matières organiques

du sol ainsi que des avantages pour l'environnement comme une meilleure qualité des sols, de l'eau et de la biodiversité et une réduction des émissions de gaz à effet de serre (AAC, 2007). Parallèlement aux États-Unis, les données publiées par le Department of Agriculture (2010) indiquent qu'en 2009, environ 35,5 % des terres en culture de soya, de maïs, de coton, de riz, de blé, d'avoine, de sorgho et d'orge, représentant 35,6 millions d'hectares, n'avaient pas été labourées.

Grâce aux nouvelles technologies de surveillance, de collecte de données et de traitement plus efficaces, l'agriculture de précision progresse constamment. Grâce aux systèmes de géolocalisation par satellite (GPS), il est possible d'établir avec précision les caractéristiques des lieux, comme la topographie, le rendement et les éléments nutritifs, et, à partir de ces données, d'appliquer des engrais de manière sélective et d'utiliser les techniques de gestion des terres les plus adéquates. De cette façon, les intrants, le ruissellement et l'érosion du sol peuvent être réduits sans pour autant diminuer le rendement des terres (El Nahry *et al.*, 2011). Ces technologies avancées sont également employées avec des tracteurs et des épandeurs automatisés qui peuvent épandre de l'eau, des semences, des pesticides et des nutriments d'une manière plus ciblée et opportune. Cette précision pourrait plus tard être renforcée au moyen de pesticides à libération lente. Enfin, l'agriculture automatisée pourrait rendre l'agriculture intérieure plus viable dans les régions où les répercussions des changements climatiques détériorent les terres arables, l'approvisionnement alimentaire et la fiabilité.

Une autre tendance incontournable qui pourrait devenir généralisée dans l'avenir est l'intérêt accru pour la qualité des aliments et le suivi amélioré des renseignements sur ces aliments pour les consommateurs. Les systèmes d'étiquetage ont déjà assimilé cette tendance aux États-Unis. En effet, des normes d'étiquetage ont été établies pour tout produit alimentaire biologique qui contient au moins 95 % d'ingrédients biologiques (à l'exception du sel et de l'eau). De plus, les normes canadiennes sur l'agriculture biologique ont été mises à jour en 2015 (Gouvernement du Canada,

2015) et des programmes d'étiquetage ont été conçus par les principaux supermarchés. Le Department of Agriculture des États-Unis (USDA) a annoncé une augmentation considérable du nombre d'exploitations agricoles biologiques certifiées, ce qui maintiendra la tendance d'une croissance supérieure à 10 % dans le secteur des aliments biologiques en 2016. Selon de nouvelles données, il existe 21 781 exploitations biologiques certifiées aux États-Unis et 31 160 dans le monde entier (USDA, 2016).

À terme, nous pourrions probablement obtenir beaucoup plus de renseignements sur la qualité des aliments, sur la traçabilité des produits alimentaires ainsi que sur la source des maladies d'origine alimentaire. Le rapport récent du Secrétariat aux produits alimentaires et pharmaceutiques (USFDA) des États-Unis montre qu'un nombre grandissant de personnes consultent les étiquettes des aliments pour prendre des décisions plus éclairées en matière d'alimentation (USFDA, 2010).

Ces changements sont survenus en même temps que les deux pays ont publié leurs règlements révisés sur la salubrité et l'étiquetage des aliments pour mieux tenir compte des implications alimentaires, de la provenance des aliments et des préférences culturelles des consommateurs. Une technologie de pointe qui comprend l'utilisation de téléphones intelligents aide déjà les consommateurs à

obtenir des renseignements de meilleure qualité sur les aliments offerts en donnant des précisions sur la façon dont les aliments sont produits et où ils sont produits, de même que sur leurs valeurs nutritives et les incidences des systèmes de production utilisés sur l'environnement et la société. Les applications mobiles traitant de la qualité et de l'offre des aliments sont notamment :

- le programme Seafood Watch de l'Aquarium de Monterey Bay, qui donne des recommandations sur les fruits de mer et les sushis et permet de trouver ou de partager des renseignements sur des entreprises soutenant le développement durable du secteur des produits de la mer. Le programme offre également des évaluations approfondies sur les enjeux en matière de développement durable du secteur des produits de la mer;
- des applications qui donnent de l'information sur les aliments produits localement, près de l'emplacement de l'utilisateur, permettent de trouver des marchés de producteurs agricoles et renseignent sur les aliments de saison dont les incidences sur l'environnement sont minimales;
- des guides alimentaires en ligne qui, à partir du code à barres apposé sur le produit, donnent des recommandations sur les implications du produit sur la santé et l'environnement;
- des applications qui donnent des conseils particuliers aux personnes souffrant d'allergies alimentaires, notamment sur les aliments à privilégier, et ce, à partir du code à barres des produits.

Figure 4.3.4 : Logos apposés sur les aliments biologiques au Canada et aux États-Unis



Sources : USDA, 2016; AAC, 2015

Une autre tendance consiste à améliorer la salubrité et la qualité des aliments locaux en faisant la promotion de la conservation des terres dans les villes à des fins d'expansion de l'agriculture urbaine et périurbaine. La Colombie-Britannique est un exemple pour lequel la récente publication du ministère de l'Agriculture et des Terres, *British Columbia Agriculture Plan: Growing a Healthy Future for B.C. Families*, met l'accent sur le fait que les aliments cultivés localement contribuent fortement à la sécurité alimentaire par l'entremise de la production locale, de l'intendance environnementale, de l'atténuation des changements



climatiques et des liens entre le milieu urbain et agricole (Mullinix *et al.*, 2009).

À l'avenir, on peut s'attendre à ce que ces tendances déjà établies continuent d'apporter des avantages pour l'environnement et que les consommateurs mieux informés puissent faire des choix alimentaires plus sains.

#### 4.3.4 Gestion et conservation de l'eau

Dans le contexte de l'Amérique du Nord, il est essentiel d'explorer les possibilités d'optimiser la gestion de l'eau et de réduire la consommation d'eau en général – les principales mesures de réduction de la consommation d'eau sont mentionnées dans l'**encadré 4.3.1**. Il existe beaucoup de défis à relever en matière d'utilisation de l'eau dans les procédés de production et les processus de consommation dans de nombreux secteurs, notamment l'agriculture, la production d'énergie, les ménages et d'autres procédés industriels. Il s'agit notamment d'intégrer des mesures efficaces et des campagnes destinées à changer le comportement des consommateurs. Outre les campagnes d'éducation et de sensibilisation, le compteur d'eau est un outil efficace pour encourager un tel changement de comportement. Par exemple, en 2011, 58 % des foyers canadiens étaient équipés de compteurs d'eau par rapport à 52 % en 1991. Lorsque l'on compare la consommation d'eau, les données indiquent que l'utilisation d'eau moyenne par jour, au Canada a chuté de 27 %; de 342 litres par personne en 1991, elle est passée à 251 litres par personne en 2011 (Environnement Canada, 2014).

Des avancées technologiques en matière de gestion de l'eau nous aideront à nous attaquer aux changements climatiques et à progresser sur la voie du développement durable. Il existe entre autres des technologies qui pourraient faire passer le traitement des eaux usées d'un secteur qui consomme de l'énergie à un secteur qui en produit. L'énergie contenue dans les eaux usées et dans les biosolides est dix fois supérieure à l'énergie nécessaire pour le traitement (WERF, 2011). Cependant, exploiter cette énergie pour atteindre une consommation énergétique nette zéro, voire réaliser des gains d'énergie nets, est assez complexe. En outre,

dans le cadre de l'exploitation d'installations de traitement des eaux usées, l'énergie peut être le deuxième coût le plus élevé. Environ 60 % de l'énergie utilisée dans le traitement des eaux usées sert à l'aération, et le pompage de l'eau vers l'installation et à l'intérieur de celle-ci est une autre utilisation courante de l'énergie (WERF, 2011).

La digestion anaérobie des biosolides pour produire des biogaz ou l'incinération destinée à la conversion thermique pour produire de la vapeur à des fins de production d'énergie électrique constituent certaines des possibilités de production énergétique prometteuses. Le secteur des eaux usées peut très bien devenir une source d'énergie renouvelable verte (Stillwell *et al.*, 2010).

L'infrastructure verte est une autre tendance en matière de gestion des eaux. Il s'agit d'une approche qui protège, restaure ou imite le cycle naturel de l'eau. L'infrastructure verte est efficace, économique et améliore la sécurité et la qualité de vie de la collectivité (American Rivers, 2016). L'USEPA (2016b) définit en substance l'infrastructure verte comme une approche résiliente et rentable en matière de gestion des répercussions des épisodes de pluie qui offre de nombreux avantages à la collectivité. L'infrastructure classique de traitement des eaux grises et des eaux de ruissellement, notamment les systèmes de drainage par canalisation et les systèmes de traitement de l'eau, est conçue pour éloigner les eaux de ruissellement urbaines du milieu bâti. L'infrastructure verte réduit et traite les eaux de ruissellement à leur source tout en apportant des avantages environnementaux, sociaux et économiques.

L'infrastructure verte intègre l'environnement naturel et les systèmes techniques pour fournir de l'eau propre, conserver les valeurs et les fonctions de l'écosystème et apporter une vaste gamme d'avantages à la population et aux espèces sauvages. Des solutions d'infrastructure verte peuvent être appliquées à différentes échelles, de la maison ou d'un immeuble à un paysage au sens plus large. À l'échelle locale, les pratiques d'infrastructure verte comprennent les jardins pluviaux, les revêtements perméables, les toits verts, l'aménagement de terre pleins, de plates-bandes, d'arbres

### Encadré 4.3.1 : 10 mesures essentielles pour conserver l'eau selon l'USEPA

1. Conservation et récupération de l'énergie : de nombreux réseaux d'approvisionnement en eau plus anciens n'ont pas fait l'objet d'une amélioration du rendement énergétique pouvant leur permettre de faire économiser de l'argent et les rendre plus durables.
2. Récupération des nutriments : la pollution par les nutriments provenant des activités industrielles et agricoles a eu des répercussions sur la santé écologique de l'eau de surface et de l'eau souterraine desquelles nous dépendons.
3. Amélioration et écologisation de l'infrastructure hydraulique : cette infrastructure étant vieillissante, les États-Unis pourraient tirer parti de la modernisation, de l'amélioration ou du remplacement des systèmes plus anciens.
4. Conservation et réutilisation de l'eau : en raison de l'augmentation croissante de la population et de la demande en eau, les villes et les États voient la conservation comme un moyen de faire durer plus longtemps les ressources hydriques limitées.
5. La réduction des coûts et l'amélioration des techniques pour le contrôle automatique de la qualité de l'eau en faisant des choix intelligents en matière de gestion des eaux dépendent de la collecte de données précises et en temps opportun. Les nouvelles technologies de surveillance et de télédétection représentent une possibilité pour établir une intendance responsable des réseaux d'approvisionnement en eau des États Unis.
6. Amélioration du rendement des petits réseaux d'approvisionnement en eau potable : plus de 94 % des réseaux d'approvisionnement en eau publics aux États Unis desservent moins de 10 000 personnes. Bon nombre des petits réseaux qui desservent moins de 500 personnes ont du mal à respecter les normes en matière d'eau potable.
7. Réduction des répercussions de la production d'énergie sur l'eau : la production d'énergie, l'extraction de ressources et la charge d'alimentation accrue dépendent toutes d'une quantité importante d'eau. Plus la demande augmente en matière d'approvisionnement énergétique aux États-Unis et plus cela aura des répercussions sur les réseaux d'alimentation en eau.
8. Amélioration de la résilience de l'infrastructure hydraulique face aux impacts des changements climatiques : dans un climat changeant, la répartition de l'eau dans l'environnement représentera un défi pour l'infrastructure hydraulique qui devra satisfaire aux besoins des personnes qui en dépendent.
9. Amélioration de l'accès à l'eau potable et à l'assainissement : dans le monde entier, des centaines de millions de personnes n'ont toujours pas accès à de l'eau potable ni à des services d'assainissement.
10. Amélioration de la qualité de l'eau de nos océans, estuaires et bassins hydrographiques : moins de la moitié des lacs, des rivières, des cours d'eau et des littoraux atteignent un niveau de qualité suffisant pour leur utilisation prévue en toute sécurité.

Source : USEPA (2014)

et de carrés d'arbres favorisant l'infiltration de l'eau, et les systèmes de collecte des eaux pluviales. À l'échelle la plus grande, la préservation et la restauration des paysages naturels (tels que les forêts, les plaines inondables et les milieux humides) qui filtrent naturellement l'eau et apportent

d'autres avantages sont des composantes essentielles de l'infrastructure verte (Benedict et McMahon, 2012).

L'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau et l'infrastructure verte ne sont que deux exemples de solutions

aux problèmes relatifs à la qualité de l'eau et à la quantité d'eau qui demeureront cruciaux dans la région de l'Amérique du Nord.

### 4.3.5 Énergie verte

La croissance actuelle et la possible croissance future de l'énergie renouvelable, des technologies de stockage, du réseau de transport de l'énergie et l'amélioration de l'efficacité énergétique jettent les bases de l'élaboration d'un système énergétique durable.

L'Amérique du Nord a des ressources d'énergie renouvelable abondantes qui n'ont pas encore été beaucoup utilisées (**tableau 4.3.2**). Les prévisions relatives à l'utilisation future de ces ressources durables varient; toutefois, de manière générale, on prévoit une croissance importante (WNAS 2015, EIA des États-Unis, 2016).

Les prévisions annuelles mondiales à long terme du Bloomberg New Energy Finance (BNEF, 2015) indiquent une croissance mondiale générale constante de l'énergie solaire basée strictement sur l'économie, et non sur la politique. Aux États-Unis, au moins jusqu'en 2020, la croissance du gaz naturel et le remplacement du charbon devraient continuer en raison des faibles prix de gros. À partir de 2020, on prévoit une croissance importante de l'énergie solaire à petite échelle, avec une capacité ajoutée de 21 GW par an. Cette prévision pourrait être renforcée par une politique. Le Clean Power Plan (plan d'énergie propre) (USEPA, 2015c)

aura tendance à appuyer les changements visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre; cependant, le plan a été provisoirement mis de côté en raison d'une décision de la Cour suprême des États-Unis.

Le développement de technologies de batterie avancée pour le stockage d'énergie vient aussi appuyer la croissance de l'énergie solaire. Cette technologie est nécessaire pour la production d'électricité hors réseau et décentralisée. Tesla Motors, par exemple, a annoncé la création d'une batterie à échelle résidentielle pour le stockage de l'électricité générée par les panneaux solaires photovoltaïques qui produisent et fournissent essentiellement de l'électricité au point d'utilisation (Tesla, 2015). La majorité de cette croissance a lieu dans les marchés des services publics en raison du marché de régulation de la fréquence (voir la section 3).

Selon l'Energy Storage Monitor des États-Unis (2015), nous sommes en passe de déployer la plus grande capacité de stockage en mégawatts.

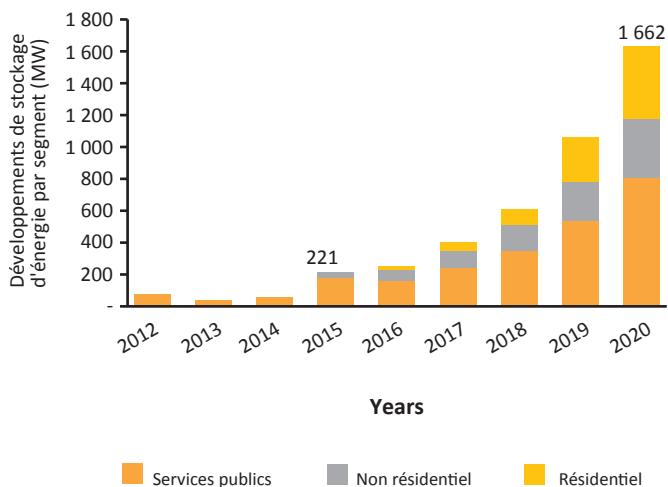
Les prévisions jusqu'en 2020 pour les services publics, le secteur résidentiel et le secteur non résidentiel sont présentées à la **figure 4.3.5** (USESA, 2015). L'effet conjugué des avancées de la technologie des batteries pour le stockage de l'énergie et de la chute des prix de l'électricité solaire destinée aux consommateurs peut véritablement changer la dynamique de la production électrique hors réseau.

Tableau 4.3.1 : Contenu énergétique des eaux usées

Constituant	Valeur	Unité
Chaleur moyenne des eaux usées	41 900	MJ/10° C · 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
Demande chimique en oxygène (DCO) des eaux usées	250 à 800 (430)	mg/L
Énergie chimique des eaux usées, base de DCO	12 à 15	MJ/kg DCO
Énergie chimique des boues primaires, sèches	15 à 15,9	MJ/kg TSS
Énergie chimique des biosolides secondaires, secs	12,4 à 13,5	MJ/kg TSS

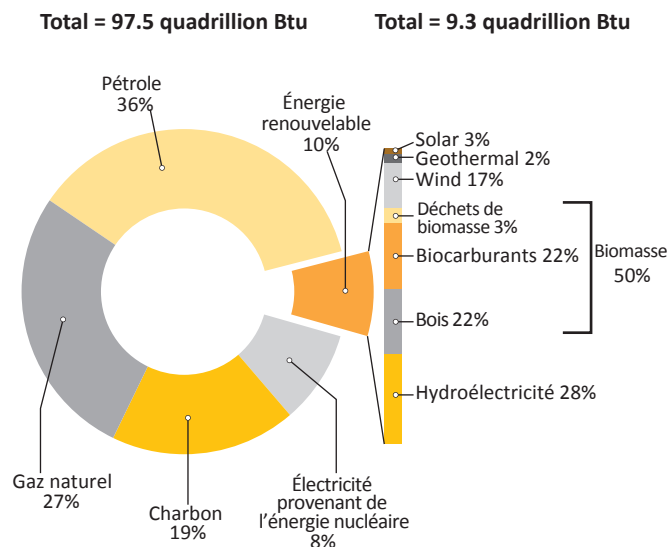
Source : WERF, 2011

Figure 4.3.5 : Stockage d'énergie par années aux États-Unis (en MW), de 2012 à 2020



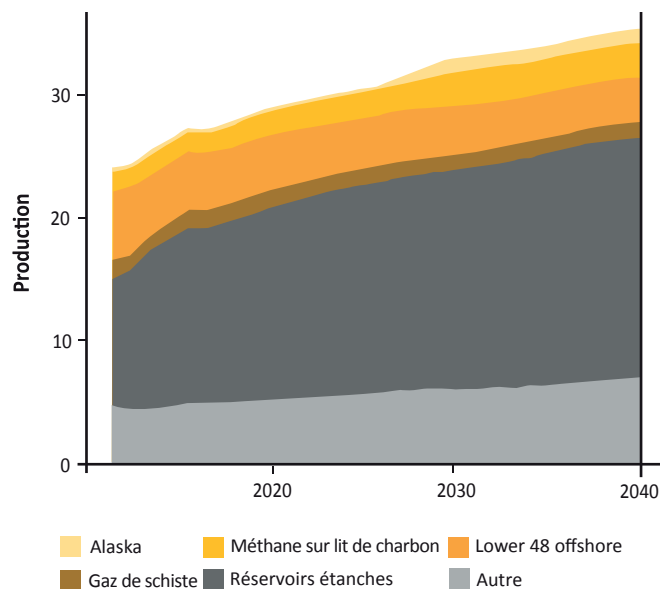
Source : USESA, 2015

Figure 4.3.6 : Consommation énergétique des États-Unis par source d'énergie, en 2014



Source : Adapté de l'EIA, 2015

Figure 4.3.7 : Production de gaz naturel des États-Unis, développements historiques et projections, 1990-2030



Source : USEPA (2014)

Par ailleurs, le méthane et d'autres gaz provenant de la décomposition des déchets dans les sites d'enfouissement peuvent servir à produire de l'électricité. Selon l'USEPA, depuis juillet 2014, 636 projets ont été mis en œuvre dans 48 États et ces projets produisent près de 2 000 mégawatts d'électricité par année (National Waste and Recycling Association, 2014). La **figure 4.3.6** illustre la proportion relative de l'utilisation des gaz des sites d'enfouissement par rapport à l'utilisation d'énergie totale aux États-Unis depuis 2014 (EIA, 2015, National Waste and Recycling Association, 2014).

Les progrès réalisés sur le plan de l'efficacité énergétique s'accroissent également dans de nombreux secteurs en Amérique du Nord, notamment grâce à l'utilisation accrue des véhicules électriques. Les tendances en matière d'efficacité énergétique sont influencées par les nouvelles

technologies, l'amélioration des exigences réglementaires, les partenariats public-privé et les changements de comportement des consommateurs.

Malgré ces changements dans le domaine de la production d'énergie de remplacement et de l'efficacité énergétique, les conséquences du développement énergétique en Amérique du Nord demeurent problématiques. On se préoccupe notamment beaucoup des conséquences de la fracturation hydraulique (hydrofracturation) destinée à extraire le pétrole et le gaz des gisements de schiste, cette source d'énergie continuera néanmoins de jouer un rôle en Amérique du Nord (figure 4.3.7; Gielen et al., 2015, USEPA, 2014).

## 4.4 Relever les défis en atteignant les objectifs de développement durable

### 4.4.1 Introduction

Le Programme de développement durable à l'horizon 2030, composé de 17 objectifs de développement durable (ODD), a été adopté en septembre 2015 par l'Assemblée générale des Nations Unies. Ce programme est universel et intégré, et vise à établir un équilibre entre les trois dimensions du développement durable : les dimensions économique, sociale et environnementale (UNGA, 2015). Le Programme de développement durable à l'horizon 2030 a été adopté par

Tableau 4.3.2 : Potentiel de ressources d'énergie renouvelable aux États-Unis

	Capacité de 2012	Production de 2012	Potentiel technique (NREL)		REmap 2030		REmap 2030, potentiel technique	
	GW	TWh/an	GW	TWh/an	GW	TWh/an	% de GW	% de TWh
Photovoltaïque solaire (toit)	5,4	8	665	819	45	75	7 %	9 %
Photovoltaïque solaire (services publics, urbain)	1,9	3,6	1 218	2 232	89	159	7 %	7 %
Centrale solaire thermodynamique	1	1	38 066	116 146	2,4	8	0,01 %	0,01 %
Éolienne (terrestre)	60	140	10 995	32 784	314	994	3 %	3 %
Éolienne (en mer)	0	0	4 224	16 976	42	160	1 %	1 %
Biomasse énergétique (solide) (production)	12	50	51	400	74	401	145 %	100 %
Biomasse énergétique (gazeuse) (production)			11	89	4	89	38 %	100 %
Géothermie (hydrothermie)	3	15	38	301	24	184	63 %	61 %
Géothermie (systèmes géothermiques améliorés [SGA])			3 976	31 345				
Hydroélectricité	78	276	153		114	431	75 %	

Source : Gielen et al., 2015



le Canada et les États-Unis (Gouvernement du Canada, 2016; Maison-Blanche, 2015). Parmi ces 17 objectifs, 16 ODD sont axés sur des enjeux précis, tels qu'éliminer la faim et la pauvreté, assurer l'accès de tous à une éducation de qualité, parvenir à l'égalité des sexes, assurer une gestion durable des ressources naturelles et promouvoir une croissance économique durable soutenue et inclusive (figure 4.4.1).

L'objectif 17 vise à renforcer les moyens de mettre en œuvre le partenariat mondial pour le développement durable et le revitaliser (figure 4.4.1). Les gouvernements et les organisations à différents échelons examinent les options possibles de mise en œuvre, de surveillance et de communication d'informations pour le Programme de développement durable à l'horizon 2030, ainsi que les implications possibles de l'ensemble des ODD pour les processus de responsabilisation et de production de rapports nationaux et infranationaux au Canada et aux États-Unis.

Figure 4.4.1 : Les objectifs du développement durable



Le 25 septembre 2015, un nouveau programme mondial destiné à mettre fin à la pauvreté d'ici 2030 et à créer un avenir durable a été adopté à l'unanimité par les 193 membres des Nations Unies. L'adoption historique du nouveau Programme de développement durable, avec 17 objectifs de développement durable (ODD) comme pierre angulaire, marque le début d'un nouveau parcours de 15 ans d'actions nationales et de coopération internationale. Pour atteindre les ODD, chaque pays s'engage à prendre un ensemble de mesures pour traiter les causes profondes de la pauvreté, mais également pour augmenter la croissance économique et la prospérité, répondre aux besoins sanitaires, éducatifs et sociaux de la population, tout en protégeant l'environnement.

Source : UNDG, 2015

#### 4.4.2 Application des objectifs de développement durable en Amérique du Nord

Bien que tous les ODD mettent l'accent sur le développement durable, certains ODD sont axés plus précisément sur la lutte contre les changements climatiques, la santé humaine, la faim et l'agriculture, l'eau, les écosystèmes terrestres et les forêts, la biodiversité, les villes, les océans, les modes de consommation et de production durables et l'énergie.

Les 17 objectifs sont très intégrés et ne peuvent être mis en œuvre de manière indépendante. Par exemple, le deuxième objectif qui vise à éliminer la faim et à assurer une production d'aliments durables veut également promouvoir un système agricole qui résiste aux changements climatiques. L'objectif 11 qui concerne les villes et les établissements humains met aussi l'accent sur l'importance de la réduction de l'impact environnemental négatif des villes par habitant. L'objectif 12 sur les modes de production et de consommation durables traite de la gestion durable et de l'utilisation efficace des ressources naturelles. L'accroissement des mesures pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et l'attention accrue portée au défi de la consommation et de la production durables font partie des nombreux exemples qui illustrent la priorité accordée par la région pour faire face aux responsabilités mondiales. Le désir d'une meilleure intégration se reflète également dans la prolifération d'initiatives politiques multisectorielles cherchant à définir et à mettre en œuvre des mesures. Ces liens indiquent que la mise en œuvre doit être axée sur une stratégie intégrée qui regroupe tous les aspects du développement durable.

Bien que de prime abord certains ODD semblent s'appliquer principalement aux pays en développement, la plupart des objectifs sont pertinents pour l'Amérique du Nord, et oriente les mesures que les pays développés peuvent prendre pour aider les pays en développement.

À l'heure actuelle, le Canada et les États-Unis sont en train de coordonner les efforts destinés à établir la manière de mettre en œuvre les ODD à l'échelle nationale et d'aider d'autres pays à les atteindre. Le Canada a élaboré une nouvelle Stratégie fédérale de développement durable 2016-2019, qui fait actuellement l'objet d'une consultation publique (Gouvernement du Canada, 2016). Cette stratégie se concentre principalement sur les enjeux environnementaux, mais pour les traiter, elle établit un lien entre les priorités canadiennes et les ODD pertinents.

On peut s'attendre à des lignes directrices plus claires sur la mise en œuvre à l'échelle nationale à la fin de l'année 2016 et au début de l'année 2017. Par exemple, l'engagement des États-Unis envers les ODD se caractérise par le travail de l'USDA et de l'USEPA sur les déchets alimentaires; en effet, ils se sont engagés à réduire de 50 % les déchets alimentaires d'ici 2030 (cible 12.3).

Jusqu'à maintenant, les organismes universitaires, syndicaux et non gouvernementaux ont promu le besoin, dans les deux pays, d'intégrer les ODD dans la planification nationale et infranationale. Il existe un certain nombre de politiques et de programmes en cours et existants au Canada et aux États-Unis qui s'attaquent aux enjeux pertinents pour le Programme de 2030 et qui peuvent servir d'intermédiaires pour mettre en œuvre les ODD à l'avenir.

Les ODD donnent l'occasion de moduler le programme de développement à la région et d'orienter la mise en œuvre pour les 15 prochaines années vers un avenir mondial durable. Dans la section suivante, nous passons en revue les principaux outils et les approches en matière de gouvernance et d'établissement des politiques visant à faire évoluer le développement durable dans les deux pays et à atteindre les ODD. Bon nombre des occasions abordées ici sont déjà mises en œuvre. Cependant, elles devront probablement être appliquées à plus grande échelle pour avoir des répercussions à l'échelle régionale au cours des 15 prochaines années.

### Encadré 4.4.1 : Pertinence de l'ODD 12 sur les modes de consommation et de production durables pour l'Amérique du Nord.

Parmi les nombreuses priorités pertinentes pour les ODD dans la région, la consommation et la production durables sont essentielles à la transition vers une économie durable faible en carbone. La pertinence essentielle de l'objectif 12 sur les modes de consommation et de production durables pour l'Amérique du Nord est la suivante :

**Réduction des déchets** : les efforts pour réduire les déchets, tels que les déchets alimentaires, peuvent consister en une utilisation plus efficace des ressources ou à s'assurer que les produits sont réutilisés ou recyclés au lieu de finir dans des sites d'enfouissement. Une diminution des déchets implique une utilisation plus efficace des ressources et une baisse des répercussions, telles que la réduction des gaz à effet de serre (GES) provenant de l'agriculture et du transport.

**Efficacité des ressources** : les efforts réalisés pour accroître l'efficacité des ressources peuvent consister à revoir le fonctionnement des systèmes existants afin qu'ils utilisent davantage de ressources renouvelables et moins de ressources non renouvelables, tout en préservant et en conservant les écosystèmes et les ressources naturelles, renouvelables et non renouvelables.

**Comportement des consommateurs** : les efforts destinés à changer le comportement des consommateurs et axés sur la sensibilisation à l'empreinte écologique et à la différence entre les besoins et les désirs, préconisent que, pour un avenir durable, le besoin individuel (dans une région) ne peut pas s'étirer à l'infini sur une planète où la population croît et les ressources sont limitées.

Dans chaque cas, la consommation et la production durables pointent vers un lien entre l'activité humaine et les systèmes environnementaux. Bien que nous en sachions plus que jamais sur la nature de ce lien, le climat en évolution nous rappelle que les effets d'une telle interaction sont réciproques. Les conditions environnementales restreignent et habilitent l'activité humaine. Pour mettre en œuvre les ODD et parvenir à une consommation et une production durables, dans le contexte de l'Amérique du Nord, et pour contribuer au développement durable ailleurs, il faut mieux comprendre les systèmes humains et environnementaux les plus à risque ou sous pression dans un monde où le climat évolue. Qu'il s'agisse de l'approvisionnement en eau douce pour tous, de l'éradication de la pauvreté, de l'amélioration de la qualité de l'air ou de l'amélioration de la fertilité du sol, la manière dont les personnes interagissent avec les écosystèmes locaux dans le cadre de la production et de la consommation a une incidence sur la manière dont ils peuvent coexister dans un avenir durable.

Source : USEPA (2014)

## 4.5 Gestion de la transition : le rôle de la gouvernance, de la planification et de la surveillance

Compte tenu de la nature du développement durable, les données pertinentes et leur interprétation doivent inclure des sources et des méthodes traditionnelles, tout en les surpassant afin de mesurer ce qui est nécessaire. Par conséquent, une évaluation quantitative et qualitative est nécessaire, surtout en ce qui a trait à d'autres sources de données.

Certaines ressources et approches disponibles pour effectuer une surveillance et une évaluation exhaustives sont décrites ici brièvement. Les sections suivantes résument les possibilités et les défis de la gestion de la transition vers un avenir durable en se concentrant sur l'élaboration et la planification des politiques, la révolution des données et les activités de surveillance. Cette section combine des approches ayant déjà été mises à l'essai et de nouvelles approches qui, si elles sont adoptées à grande échelle, pourraient fortement accélérer la transition requise.

### 4.5.1 Mesure de la croissance en vue d'un avenir durable

Les gouvernements de chaque pays développé se concentrent sur la surveillance des conditions économiques et l'établissement de rapports connexes comprenant des données économiques trimestrielles et annuelles ainsi que les tendances du produit intérieur brut (PIB). Comparés à cela, les efforts gouvernementaux pour produire des rapports sur l'environnement sont faibles. Cela est en partie dû aux défis de surveillance et à la difficulté d'attribuer une valeur monétaire à de nombreuses contributions environnementales de la même manière que pour les secteurs clés de l'économie. Le déséquilibre relatif à la mesure de l'économie et de l'environnement n'est qu'une source de préoccupation parmi tant d'autres. Il est tout aussi préoccupant de constater l'étroite portée des mesures économiques elles-mêmes, qui se concentrent principalement sur une série limitée d'indicateurs macroéconomiques ayant une forte influence

préoccupante. Parmi ces indicateurs, le PIB est le plus connu. Bien qu'ils soient vraiment importants dans la gestion de l'économie, le PIB et les autres indicateurs sont tous biaisés sur le plan des conditions économiques à court terme. Une attention bien moindre est portée à la compréhension des fondements qui assurent la viabilité à long terme de l'économie : c'est-à-dire, notre richesse. D'autres mesures sont mises en place pour inclure les aspects environnementaux et sociaux du développement.

L'expression qui revient le plus souvent dans les discussions sur les autres mesures est « au-delà du PIB », pour se concentrer davantage sur le bien-être des personnes et de la planète. Il s'agit notamment des initiatives destinées à définir et à mesurer les paramètres liés à la qualité de vie des personnes et des collectivités locales. De plus, dans le cadre des conversations sur le développement durable, il faut se préoccuper de la qualité de vie; il peut être justifié de réduire la richesse matérielle pour atteindre des niveaux de consommation durables et une meilleure qualité de vie.

### Comptabilisation des écosystèmes

À l'instar du bien-être, l'environnement n'est pas pris en compte dans la comptabilisation du PIB. Les écosystèmes fournissent une gamme de services utiles pour les personnes, mais ne sont en général pas bien pris en compte dans les processus de prise de décisions réglementaires nationaux. Les efforts du Canada en vue d'accorder une valeur aux services écosystémiques incluent la création de la base de données de l'Inventaire de référence des valorisations environnementales (IRVE) gérée par Environnement Canada et destinée à présenter des renseignements pertinents sur l'établissement des coûts des services écosystémiques d'après des études et publications disponibles (EC, 2011b).

En 2011, le President's Council of Advisors on Science and Technology des États-Unis a produit un rapport intitulé *Sustaining Environmental Capital: Protecting Society and the Economy*. Dans celui-ci, les auteurs citent les estimations de Kumar (2010) des valeurs de différents écosystèmes et de leurs services (**tableau 4.5.1**)

Tableau 4.5.1 Estimations des valeurs de différents écosystèmes

	Minimum USD/ha/an				Maximum USD/ha/an			
	Approvisionnement	Culture	Réglementation	Habitat	Approvisionnement	Culture	Réglementation	Habitat
Récifs coralliens	6	0	8	0	28 892	1 084 809	33 640	56 137
Haute mer	8	0	5	0	22	0	62	0
Systèmes côtiers	1	0	170	77	7 549	41 416	30 451	164
Terres humides côtières	44	10	1 914	27	8 289	2 904	135 361	68 795
Terres humides intérieures	2	648	321	10	9 709	8 399	23 018	3 471
Cours d'eau et lacs	1 169	305	305	0	5 776	2 733	4 978	0
Forêts tropicales	26	2	57	6	9 384	1 426	7 138	5 277
Forêts tempérées	25	1	3	0	1 736	96	456	2 575
Boisés	7	0	9	0	862	0	1 088	0
Prairies	237	0	60	0	715	11	2 067	298

Source : Kumar, 2010

### Indicateurs de progrès véritable

Une autre approche présentant une mesure plus inclusive destinée à mieux prendre en compte le bien-être et l'impact sur l'environnement du développement utilise un ensemble d'indicateurs appelés les « indices de progrès véritable ». L'utilisation de ces indicateurs est basée sur la notion selon laquelle il est important, dans le cadre de la politique environnementale, que ces services soient correctement pris en compte dans la prise de décisions réglementaires (Daly et Cobb, 1989).

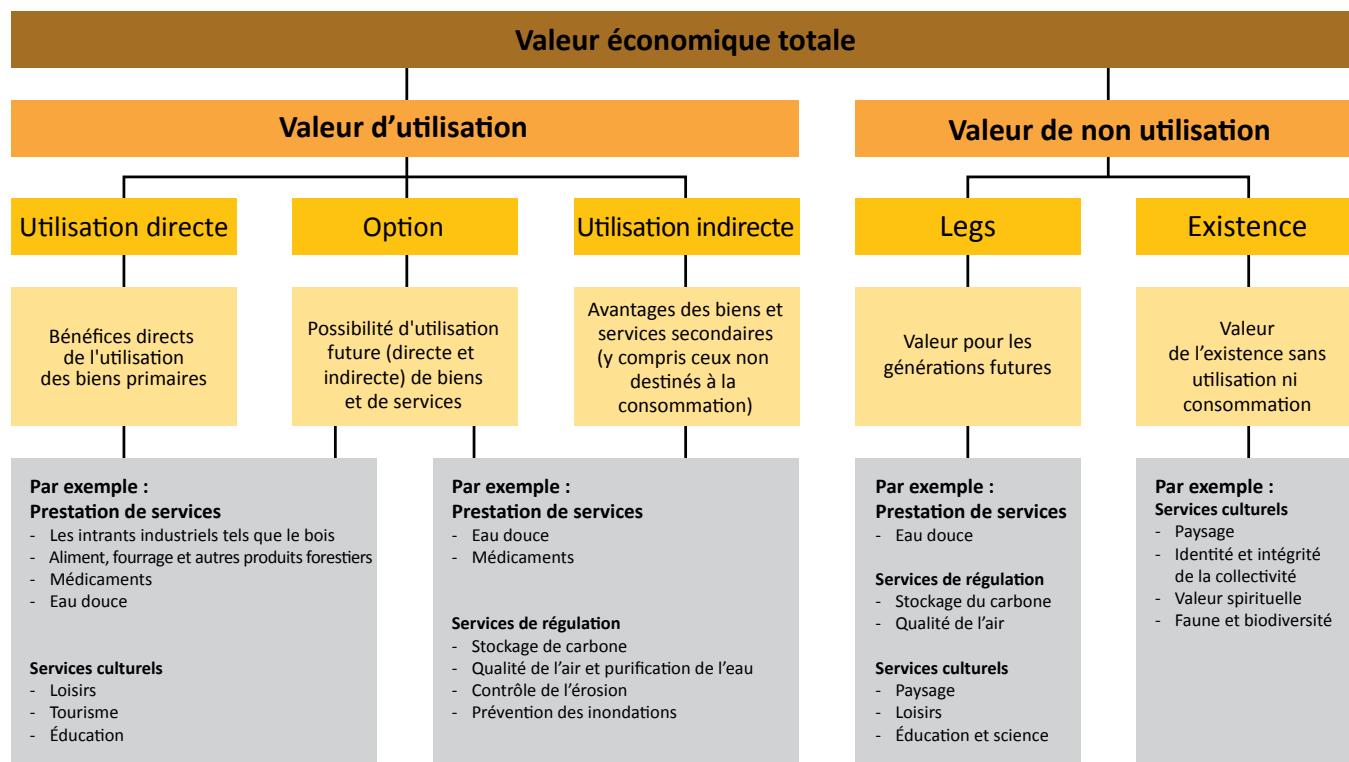
L'Indice canadien du mieux-être de 2012 définit le mieux-être comme « la meilleure qualité de vie possible dans sa pleine expression et basée sur les aspects suivants, mais ne s'y limitant pas nécessairement : niveau de vie agréable, santé robuste, environnement durable, collectivités dynamiques, populations scolarisées, aménagement du temps équilibré, niveau élevé de participation démocratique, et accès et participation à des activités récréatives et culturelles ». Cette approche, fondée sur ces catégories générales, a été

appliquée à l'Ontario, et l'on peut observer que, pendant la période étudiée, le PIB a grimpé de manière bien plus importante que le mieux-être (Indice canadien du mieux-être, 2012).

De la même manière, aux États-Unis, un certain nombre de gouvernements étatiques ont également conclu que les mesures économiques traditionnelles ne reflètent pas avec précision la santé et le bien-être de leurs collectivités, et ne constituent pas, à elles seules, le meilleur moyen de prendre des décisions politiques et budgétaires. Ainsi, plusieurs États des États-Unis ont commencé à utiliser l'indice de progrès véritable pour compléter le produit brut de l'État. L'application stratégique du PIB consiste à juger si la croissance économique améliore de manière efficace le mieux-être (indice de progrès véritable). Par exemple, le Maryland a vu sa composante économique augmenter de manière spectaculaire, alors que les indicateurs sociaux et environnementaux sont demeurés stables ou ont baissé (Daly et Posner, 2011, McElwee, 2014).



Figure 4.5.1 : Exemple d'un cadre de valorisation de l'écosystème



Source : Kumar, 2010

## Approche relative à la richesse inclusive

Cette approche a été définie par le PNUE dans le cadre d'une vaste coordination avec d'autres initiatives visant à aller « au-delà du PIB », telles que les initiatives de l'OCDE, du gouvernement français et de la Banque mondiale. L'approche entend mesurer et de suivre quatre catégories de biens : le capital produit, le capital naturel, le capital humain et le capital social. Ensemble, ils constituent la richesse inclusive. Cette approche se concentre sur l'élaboration d'un système de comptabilisation détaillée prenant en compte non seulement le capital produit qui est souvent comptabilisé dans le PIB, mais aussi les facteurs

habitués comme le capital humain et le capital naturel. De plus, elle permet de définir les tendances non durables telles que l'augmentation du capital produit et la baisse du capital naturel ou un faible capital humain et une hausse du capital produit, indiquant ainsi que la croissance économique est aussi liée à un épuisement des ressources naturelles ou à la création d'emplois peu spécialisés avec une faible valeur ajoutée. Le cadre de la richesse inclusive du PNUE a été appliqué à l'échelle mondiale et a entraîné la production de deux rapports sur le sujet dans le monde en 2012 et en 2014 (ONU-IHDP et PNUE, 2012; ONU-IHDP et PNUE, 2014). Le dernier rapport comprenait des estimations expérimentales pour 140 pays, dont le Canada et les États-Unis.

La richesse inclusive est une mesure plus efficace que le PIB, même si certains de ses éléments se prêtent plus à une évaluation qualitative qu'à une évaluation quantitative. Il s'agit d'une extension de l'idée du « capital naturel » qui consiste à inclure le capital social et le capital culturel, qui doivent être conservés et préservés d'autant plus si nous devons créer un avenir durable.

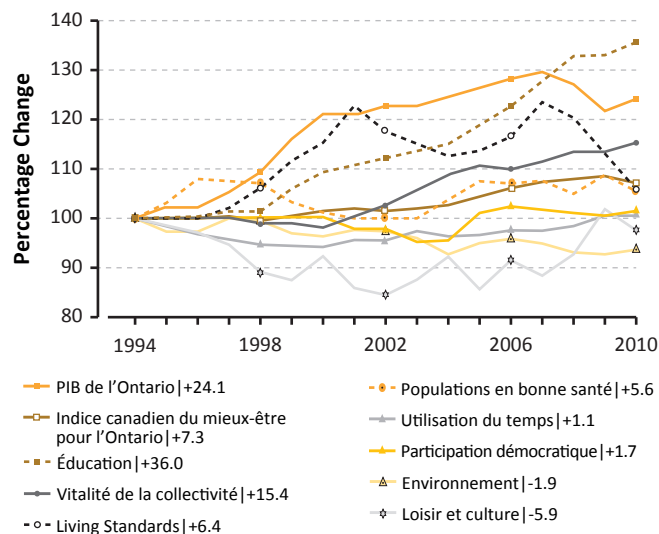
#### 4.5.2 Approches de gouvernance et de planification pouvant compenser l'incertitude et la complexité

La complexité des enjeux dans toute l'Amérique du Nord, combinée à la dynamique incertaine des changements climatiques, doit faire l'objet d'une approche adaptative pour la planification et la conception de politiques de manière à assurer efficacement la transition vers le développement durable. Dans le cadre de l'analyse des futurs scénarios relatifs à l'environnement et au développement, le rapport de GEO-5 a tiré des conclusions semblables d'un point de vue international et a présenté la notion d'approche multisectorielle adaptative et intégrée à la gouvernance pour l'avenir (PNUE 2012).

#### Planification adaptative

L'objectif des approches relatives à la planification adaptative est de s'assurer que les plans et politiques élaborés sont suffisamment flexibles pour relever les défis dès leur apparition et, dans un même temps, de contribuer à l'examen des possibilités. Les principales composantes de cette approche consistent à utiliser les scénarios futurs afin de déterminer ce qui est possible et de mobiliser les intervenants afin qu'ils établissent des tendances et occasions supplémentaires, et à obtenir une rétroaction sur les interventions et les risques acceptables. On peut diviser cela en cinq composantes clés qui sont les suivantes : (1) délibération multi-acteurs et établissement de programmes; (2) analyses futures et établissement d'objectifs collectifs à long terme; (3) habilitation de l'auto-organisation et du réseautage; (4) variation, expérimentation et innovation; (5) réflexivité et adaptation.

Figure 4.5.2 : Tendances de l'indice canadien du mieux-être pour l'Ontario de 1994 à 2010



Source : Indice canadien du mieux-être, 2012

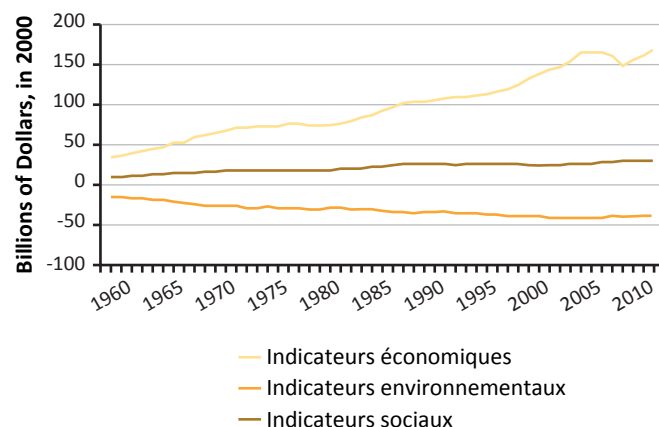
Par exemple, le Government Accountability Office (GAO) des États-Unis, en réponse aux préoccupations du Congrès à propos de l'exposition fiscale du gouvernement fédéral dans le cadre des programmes nationaux d'assurance-récolte et d'assurance contre les inondations, a entrepris un examen complet des programmes d'assurance, notamment un examen par des experts de plus de 20 études, de données des secteurs public et privé et d'entrevues avec les fonctionnaires des ministères et des organismes de l'État et les fournisseurs d'assurances (US GAO, 2014b). Le rapport du GAO a mis en évidence des préoccupations précises et a formulé des recommandations à la Federal Emergency Management Agency et à la Risk Management Agency en indiquant les possibles améliorations aux politiques. Au Canada, le Manitoba a mis sur pied en 2015 un groupe de travail chargé d'examiner les risques pour l'agriculture, d'évaluer les politiques et les programmes existants destinés à aider les producteurs à relever les défis liés au climat et d'envisager des améliorations aux programmes de gestion des risques.

## Approches intégrées tournées vers l'avenir en matière de planification

Les décideurs font face à un certain nombre de défis dans les domaines social, économique et environnemental. Ces défis étant en grande partie dynamiques et interreliés, cela crée un besoin de concevoir des politiques capables de tenir compte de l'incertitude ainsi que de la complexité des conséquences imprévues des décisions et des actions stratégiques (Bazilien *et al.*, 2012), et ce dans un contexte à intervenants multiples. Pour les gouvernements et les responsables des politiques, il faut déterminer de manière proactive et efficace les points nécessitant une intervention dans les structures et systèmes complexes, et s'assurer que les interventions peuvent s'adapter aux changements au sein du système (Forum économique mondial, 2012).

Pour relever des défis futurs si complexes et pour faire évoluer le développement durable dans la région, l'amélioration des approches intégrées et stratégiques en matière de planification joue un rôle essentiel. La composante centrale de telles approches consiste à parvenir à une intégration efficace entre les différents secteurs, les différents organismes et les différents types d'instruments

Figure 4.5.3 : Indicateur de progrès véritable



Sources : Adapté de Daly et Posner, 2011; McElwee, 2014

de politique, tels que les réglementations, les incitatifs, les mécanismes volontaires et les efforts de sensibilisation. Une telle approche intégrée est pertinente pour la planification gouvernementale et pour la planification des activités qui doivent de plus en plus tenir compte de l'ensemble de la

Tableau 4.5.2 Types de capitaux dans les richesses inclusives et leur disponibilité au Canada et aux États-Unis

Capital	Définition	Canada	États-Unis
Capital produit	Comprend les routes, les chemins de fer, les ports, les bâtiments, la machinerie et divers autres biens bâtis.	18 % du capital total	21 % du capital total
Capital naturel	Comprend le bois d'œuvre, les minéraux, le pétrole et le gaz. Comprend également des écosystèmes de toutes sortes; les milieux humides qui peuvent contribuer à produire de l'eau potable, et les forêts.	31 % du capital total	7 % du capital total
Capital humain	Les programmes d'éducation officiels constituent une source importante de capital humain, mais l'apprentissage en cours d'emploi et ce que nous apprenons de nos familles et de nos pairs sont tout aussi importants.	51 % du capital total	72 % du capital total
Capital social	Les institutions sociales et culturelles qui composent le capital social dictent l'utilisation, la répartition et la valeur des autres types de capital et jouent par conséquent un rôle important dans la création de la richesse.	Aucune estimation	

Source : UNU-IHDP et PNUE, 2014

chaîne de valeur.

En outre, en raison de la nature complexe des systèmes en jeu, il faut concevoir des solutions et les mettre en œuvre par l'entremise d'une collaboration à plusieurs niveaux de gouvernance. En particulier, dans le cadre de la mise en œuvre de stratégies intersectorielles et multidimensionnelles, l'importance de la collaboration et de la coordination verticales dans les différents niveaux de gouvernance est essentielle pour assurer une durabilité et promouvoir l'intégration.

Les outils de planification axés sur des scénarios offrent la possibilité de regrouper les besoins en matière de planification.

Les outils de planification, comme ceux reposant sur des scénarios, fournissent un moyen plus direct de regrouper les méthodes d'analyse intégrées et tournées vers l'avenir en un seul processus. Aux États-Unis, la Federal Highway Administration (FHA) utilise la planification par les scénarios comme outil d'analyse pour les professionnels des transports afin de mieux comprendre les difficultés possibles et d'ajuster les stratégies, les politiques et les procédures de planification interne en conséquence. De la même façon, Horizons de politiques Canada se concentre sur l'élaboration de prévisions et de scénarios à moyen terme pour les enjeux pressants actuels comme les technologies émergentes, les changements dans l'éducation, le développement des régions et les disparités régionales à l'échelle mondiale. La planification par les scénarios fournit généralement un cadre structuré pour analyser les diverses forces qui contribuent de façon importante au développement futur et à la création de visions partagées.

### 4.5.3 Révolution des données : accès aux données et participation

Pour mesurer les progrès réalisés en matière de développement durable, notamment vers l'atteinte des objectifs de développement durable (ODD), et pour être en mesure d'ajuster les lignes de conduite, il faut avoir accès à

des renseignements de bonne qualité en temps opportun.

Nous avons récemment pu constater une augmentation de la disponibilité des données, notamment en raison du mouvement favorisant les données ouvertes, et d'une plus grande participation des citoyens et d'autres organismes à la collecte et à l'analyse des données. Il y a également eu une augmentation de l'utilisation des données pour orienter des stratégies et des mesures. Ainsi, l'approche actuelle en matière de collecte et de surveillance des données combine les avancées des systèmes de surveillance et une participation plus importante des citoyens à la collecte de données scientifiques.

### Avancées des technologies mobiles

Les récentes avancées des technologies mobiles ainsi que l'utilisation de téléphones intelligents et d'applications variées peuvent déjà être perçues comme un outil extrêmement efficace pour encourager des comportements favorisant le développement durable (voir les sections 2.4, 2.9 et 3.3). Ces outils sont utiles notamment parce qu'ils fournissent des renseignements pertinents et accessibles en tout temps aux consommateurs, par exemple sur l'origine et l'impact environnemental des produits. Ils permettent également d'optimiser les systèmes de transport en favorisant le covoiturage et le partage de véhicules entre les utilisateurs et d'établir un lien entre des personnes qui possèdent les compétences nécessaires pour aider les autres et les gens dans le besoin.

On s'attend à ce que les liens entre les fournisseurs de services et les utilisateurs et entre les citoyens partageant des intérêts communs et les gouvernements de tous ordres soient renforcés à l'avenir. Il est important de considérer ces nouvelles technologies comme des outils permettant de promouvoir des comportements durables directement auprès des citoyens, mais aussi comme des outils que peuvent utiliser les citoyens pour accroître la responsabilité des gouvernements et des entreprises dans leurs efforts visant à assurer une durabilité environnementale et à atteindre les objectifs de développement durable.

## Science citoyenne

La collaboration avec les citoyens en vue d'améliorer la collecte, la surveillance et l'analyse des données peut s'avérer un outil utile pour relever des défis environnementaux (Cigliano *et al.*, 2015; Aceves-Bueno *et al.*, 2015). Particulièrement dans des domaines comme la pollution de l'eau et de l'air et la biodiversité, des efforts considérables sont déployés pour mobiliser les citoyens et pour appuyer des capacités limitées dans des organismes de surveillance et de production de rapports. Les progrès des technologies mobiles et des applications permettant le téléchargement de données, de mesures et de photos en temps réel ont grandement favorisé la participation des citoyens à la surveillance. Par exemple, l'USEPA offre des applications de surveillance de la pollution en ligne permettant aux citoyens de mesurer directement les niveaux de qualité de l'air dans leurs quartiers (USEPA, 2012). Le pouvoir de ces outils ne cesse de croître puisque la technologie progresse et que de nouvelles applications pour la collecte et la surveillance des données sont mises au point. Par ailleurs, la science citoyenne ne peut pas être utilisée pour fournir des données aux fins de surveillance, mais plutôt pour effectuer une collecte de données ciblée afin d'orienter l'application des lois et des règlements. Un bon exemple de ce rôle de la participation des citoyens et de l'utilisation de la science citoyenne dans l'application des lois est le système de surveillance des baleines migratrices le long du littoral de la Colombie-Britannique, dans le cadre duquel quelque 1 500 bénévoles formés soumettent leurs observations sur les baleines migratrices à l'aquarium de Vancouver. Un autre exemple est le groupe Bucket Brigade des États-Unis, qui donne un pouvoir d'agir aux gens en leur demandant de recueillir des données aux fins d'analyse de la qualité de l'air et de détection de la présence de particules toxiques nocives et de produits chimiques comme les composés organiques volatils (COV) (Vaughan, 2014).

Enfin, les possibilités de la science citoyenne poussent les organismes gouvernementaux à repenser et à introduire de nouvelles politiques qui relient les nouvelles sources de données à la gestion et à la conformité. Cela comprend la recherche de nouvelles technologies pour mesurer les

émissions de pollution, de même que l'examen de la façon dont les décideurs peuvent faire un meilleur usage des nouvelles technologies et relier ces nouvelles possibilités technologiques aux nouveaux outils de conformité dans l'application de la loi.

## Systèmes de surveillance de pointe

Les satellites permettent d'obtenir toujours plus de données d'un certain type, mais ils mobilisent des ressources importantes pour traiter et interpréter l'information en temps opportun. Qui plus est, en raison du volume de données et des ressources nécessaires pour traiter ces données, d'autres types de collectes de données peuvent être mis de côté, ce qui fausse la représentation de problèmes mondiaux sur le terrain. Seul un engagement continu et croissant à l'égard de la collecte de données et de l'interprétation de ces données pourra faire en sorte que les décisions concernant les politiques scientifiques soient prises en fonction des observations scientifiques les plus pertinentes et les plus récentes. Avec des demandes concurrentielles pour des ressources financières, il se peut toutefois qu'un tel soutien ne se concrétise jamais.

La question devient donc l'une de priorités, ainsi que le fait de savoir si les données sur les changements climatiques, nécessaires pour orienter les décisions en matière de politiques, l'emporteront sur les autres priorités. Cet écart entre les fonds nécessaires pour traiter une plus grande quantité de données scientifiques et ce qui est fourni peut être réduit en partie grâce à des approches créatives sur le plan de l'interprétation. Les données fournies par le savoir traditionnel local autochtone complèteraient également les autres données en comblant les lacunes ou en fournissant un éclairage sur d'autres dimensions moins faciles à mesurer des systèmes naturels. Il ne s'agit pas d'amasser toutes les données disponibles, mais plutôt d'obtenir toutes les données possibles pour ensuite les utiliser en vue de fournir un cadre dynamique pour l'élaboration de politiques.

Bien que cette perspective soit d'abord et avant tout environnementale, l'aspect humain ne peut pas être



Tableau 4.5.3 Étapes générales de la création de scénarios et des modes d'application dans le processus d'établissement de politiques

Étapes	Épreuve de résistance (adaptation)	Analyse de scénario (prévision)	Vision (analyse rétrospective)
Prospective	Déterminer le plan ou la stratégie et clarifier la question clé et les indicateurs de réussite	Clarifier la question clé et les indicateurs de réussite	Clarifier la question clé et les indicateurs de réussite
	Déterminer les principaux moteurs du changement et les incertitudes majeures	Déterminer les principaux moteurs du changement et les incertitudes majeures	Déterminer les principaux moteurs du changement et les incertitudes majeures
	Élaborer une série de scénarios plausibles	Élaborer une série de scénarios plausibles	Élaborer la vision souhaitée pour l'avenir
Observations	Évaluer les vulnérabilités et les possibilités	Répondre à la question clé dans le contexte des scénarios plausibles	Déterminer un plan d'action qui peut mener aux résultats souhaités pour l'avenir
	Élaborer des mesures d'adaptation	Formuler des recommandations	Soumettre le plan d'action à l'épreuve de résistance (colonne 1)
Mesures	Mettre en œuvre les mesures d'adaptation	Sensibilisation et communication	Mettre en œuvre le plan d'action
	Surveillance, adaptation et amélioration continue	Surveillance et mises à jour des scénarios	Surveillance, adaptation et amélioration continue

Source : Swanson *et al.*, 2014

exclu en raison des dimensions sociales et culturelles du développement durable. Les groupes et organisations de la société civile non seulement mettent en œuvre des programmes locaux efficaces, mais ils sont également mieux placés pour connaître l'évolution des conditions locales.

Grâce aux outils novateurs qui permettent aux citoyens de fournir des données scientifiques locales, par exemple au moyen d'un téléphone portable, la science citoyenne réduit les coûts liés à l'acquisition de l'information et permet à un plus grand nombre de personnes de comprendre ce qui se passe dans leurs collectivités et leurs écosystèmes locaux. En plus de constituer une nouvelle source de données, la science citoyenne permet de persuader plus facilement les gens des conséquences de leurs observations, ce qui les rend plus enclins à appuyer les décisions qui en résultent en matière de politiques et facilite ainsi la transformation sociale et culturelle qui est nécessaire pour un avenir durable.

## 4.6 Conclusion

Les perspectives environnementales pour l'Amérique du Nord se déroulent dans un contexte où les conditions environnementales sont améliorées. En raison de la richesse des ressources naturelles et des efforts déployés depuis des décennies pour éliminer les pressions les plus flagrantes, la région présente des conditions de l'air, de l'eau, des sols et du biote plutôt bonnes. La charge de morbidité imputable à l'environnement y est faible, la région renferme une biodiversité parmi les plus riches des pays développés et possède de vastes étendues de splendeurs naturelles.

Les réponses de l'Amérique du Nord aux défis environnementaux reflètent la diversité, l'énergie et l'ingéniosité de la région. Dans certains cas, les instruments de politique traditionnels qui ont contribué au progrès des dernières décennies ont commencé à être axés sur ces

## Encadré 4.5.1 : Exemples de réseaux de surveillance à long terme par les citoyens bien établis en Amérique du Nord

- L'Atlas des reptiles et des amphibiens de l'Ontario est un projet de science citoyenne qui fait le suivi de la répartition et des tendances géographiques des reptiles et des amphibiens dans l'ensemble de la province au fil du temps.
- Le groupe « Citizen Scientists » est un groupe sans but lucratif dirigé par des bénévoles qui se concentrent sur la surveillance écologique et sur la formation et l'éducation en environnement.
- AttentionNature est une communauté qui incite tous les Canadiens à recueillir des données scientifiques sur la nature pour comprendre les changements environnementaux.
- Le Puget Sound Partnership est un programme qui vise à coordonner et à mettre en œuvre un système scientifique partagé de mesure et de surveillance qui permet d'évaluer des initiatives collectives.
- Celebrate Urban Birds est un projet élaboré et lancé par le Cornell Lab of Ornithology en vue d'inciter divers publics en milieu urbain à participer à la science citoyenne et aux études scientifiques.
- Le programme d'observation coopérative du National Weather Service (NWS) est un réseau d'observation des conditions météorologiques et climatiques aux États-Unis, où près de 9 000 bénévoles participent aux observations dans des exploitations agricoles, dans des régions urbaines et suburbaines, dans des parcs nationaux, sur des plages et au sommet de montagnes.
- Landscape Watch Hampshire est un nouveau projet communautaire novateur qui vise à caractériser le paysage du comté en 2005 et en 2013 en analysant des photos aériennes détenues par le Conseil du comté de Hampshire afin de relever les changements qui se sont produits sur une période de huit ans.
- Monarch Watch est un programme d'éducation, de conservation et de recherche sans but lucratif basé à l'Université du Kansas et axé sur le papillon monarque, son habitat et sa migration automnale.
- Bug Guide est une initiative canado-américaine visant à recueillir des renseignements et des photographies d'insectes afin de surveiller l'emplacement et la phénologie des insectes et de créer une communauté régionale du savoir.
- eButterfly est une liste de contrôle en ligne en temps réel où il est possible de déposer des photos. Ce site vise à soumettre et à organiser des données accessibles sur les papillons en Amérique du Nord.

nouveaux défis. Dans d'autres cas, des approches moins classiques comme les partenariats publics-privés, les coalitions multilatérales et les campagnes de mobilisation citoyenne se révèlent à la hauteur de la tâche. La méthode traditionnelle qui consistait à se fier à des données recueillies de manière rigoureuse et intégrées à des processus décisionnels robustes a été adaptée à de nouveaux types de données et de nouvelles situations dans le but de relever ces défis.

L'Amérique du Nord a les moyens et la possibilité d'être un leader mondial dans ses efforts pour parvenir à un avenir durable. Cela peut se faire en faisant preuve de leadership dans la mise en œuvre du programme de développement durable à l'horizon 2030 et les objectifs de développement durable, tant au pays qu'à l'étranger. Les Nord-Américains peuvent trouver des façons de contrer les répercussions sociales et culturelles attribuables à la transition de l'économie nord-américaine vers une économie fondée

sur l'utilisation efficace des ressources et la durabilité pour l'avenir. Les efforts doivent être axés non seulement sur la résolution des problèmes environnementaux en Amérique du Nord, mais également sur la disponibilité d'outils, de modèles, de compétences et d'information dont les pays en développement ont besoin pour régler leurs propres problèmes.

[Voir les liens du chapitre 4](#)

[Voir les références du chapitre 4](#)

# Sigles et abréviations

ACEEE	American Council for an Energy Efficient Economy
ACV	Analyse du cycle de vie
AERR	Achat d'électricité provenant de ressources renouvelables
AHPPN	Appropriation humaine de la production primaire nette
AIE	Agence internationale de l'énergie
ALENA	Accord de libre-échange nord-américain
AMAP	
AMOC	Circulation méridienne de retournement de l'Atlantique
AMP	Aires marines protégées
ANACE	Accord nord-américain de coopération dans le domaine de l'environnement
ANTHC	Alaska Native Tribal Health Consortium
ANUE	Assemblée des Nations Unies pour l'environnement
AOEGL	Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs
ASCE	American Society of Civil Engineers
ATFS	American Tree Farm System / Programme des fermes forestières américaines
AWWA	American Water Works Association
BCSC	Bioénergie avec captage et stockage du CO <sub>2</sub>
BEA	Bureau of Economic Analysis
BISON	Biodiversity Information Serving Our Nation
BNEF	Bloomberg New Energy Finance
BP	British Petroleum
BPC	Biphényles polychlorés
BVG	Bureau du vérificateur général
CA	Conseil de l'Arctique
CAC	Conseil des académies canadiennes
CAFE	Corporate Average Fuel Economy
CBP	Chesapeake Bay Programme
CCE	Commission de coopération environnementale
CCEMC	Climate Change Emissions Management Corporation
CCFB	Centre canadien sur la fibre de bois
CCH	Chambre de commerce d'Halifax
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement

CCMF	Conseil canadien des ministres des forêts
CCN	Comptabilité du capital naturel
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CCPM	Comité consultatif public mixte
CDAS	Captage direct du CO <sub>2</sub> dans l'air et stockage
CDB	Convention sur la diversité biologique
CdPAF	Communauté de pratique en adaptation forestière
CEDD	Commissaire à l'environnement et au développement durable
CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
CEE-SCEE	Comptabilité expérimentale des écosystèmes du SCEE
CEPA	Canadian Environmental Protection Act / Loi canadienne sur la protection de l'environnement
CERCLA	Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act
CIFFC	Centre interservices des feux de forêt du Canada
CIIEC	Conseil international pour les initiatives écologiques communales
CITES	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction
CMC	Concentration maximale de contaminant
CMI	Commission mixte internationale
CMIM	Consultation mondiale intergouvernementale et multipartite
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
CONANP	Commission nationale des zones naturelles protégées
COSEPAC	Comité sur la situation des espèces en péril au Canada
COV	Composés organiques volatils
CPD	Consommation et production durables
CSPAPR	Cross-State Air Pollution Rule
CTA	Connaissances traditionnelles autochtones
DAES	Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies
DCO	Demande chimique en oxygène
DDT	Diochlorodiphényltrichloréthane
DFO	Department of Fisheries and Oceans / Ministère des pêches et des océans
DOT	Department of Transport
EC	Environnement Canada
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
EEB	Économie des écosystèmes et de la biodiversité
EFBC	Entente sur la forêt boréale canadienne
EIA	Energy Information Administration
ELOHA	Ecological Limits of Hydrological Alteration



ENSO	Oscillation australe El Niño
EPRI	Electric Power Research Institute
EQIP	Environmental Quality Incentives Program / Programme d'incitation à la protection de la qualité de l'environnement
ERMA	Environmental Response Management Application
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FEMA	Federal Emergency Management Agency / Agence fédérale de gestion des urgences
FF4F	Food and Fuel for the Forces
FHA	Federal Highway Administration
GAO	Government Accountability Office
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
GEO-6	6 <sup>e</sup> rapport sur l'avenir de l'environnement mondial
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIRE	Gestion intégrée des ressources en eau
GPS	Géolocalisation par satellite
GRACE	Gravity Recovery and Climate Experiment
GTCC	Groupe de travail sur les changements climatiques
GTPM	Groupe de travail du Processus de Montréal
GW	Gigawatt
HPA	Hydrocarbures polyaromatiques
IIDD	Institut international pour le développement durable
IPCAP	Indigenous Peoples Contaminants Action Programme
IRENA	International Renewable Energy Agency
IRF	Identification par radiofréquence
IRVE	Inventaire de référence des valorisations environnementales
ISARM	Initiative sur la gestion des ressources des aquifères transnationaux
ITC	Investment Tax Credit / Crédit d'impôt à l'investissement
IVDN	Indice de végétation par différence normalisée
LCEE	Loi canadienne sur l'évaluation environnementale
LEP	Loi sur les espèces en péril
MATS	Mercury and Air Toxics Standards
MBBR	Réserve de biosphère du papillon monarque

MRLC	Multi-Resolution Land Characteristics
NAAQS	Normes de qualité de l'air ambiant
NADP	National Atmospheric Deposition Program
NALCMS	Système nord-américain de surveillance des changements dans la couverture terrestre
NAS	National Academy of Science
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NAWW	North America WaterWatch
NCP	Nouveaux contaminants préoccupants
NFWPCAP	National Fish, Wildlife and Plants Climate Adaptation Partnership
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
NLCD	Couverture nationale des terres
NMFS	National Marine Fisheries Service
NNI	National Nanotechnology Initiative
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration / Administration océanique et atmosphérique nationale
NPCC	New York City Panel on Climate Change
NPL	National Priority List
NRI	Inventaire des ressources nationales
NWS	National Weather Service
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement économiques
ODD	Objectifs de développement durable
OECL	Observateurs de l'environnement circumpolaire local
OEL	Observateurs de l'environnement local
OMI	Organisation maritime internationale
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONE	Office national de l'énergie
ONU	Organisation des Nations Unies
OWDI	Open Water Data Initiative
PAP-REP	Plan d'action pancanadien pour la responsabilité élargie des producteurs
PASCA	Programme d'action et de surveillance des contaminants dans l'Arctique
PASCF	Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux
PBDE	Produits ignifuges et polybromodiphényléthers
PCCCF	Protocole de crédits compensatoires de carbone forestier
PCDV	Polluants climatiques de courte durée de vie
PGB	Pratiques de gestion bénéfiques
PGPC	Plan de gestion des produits chimiques

PHMSA	Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration
PIB	Produit intérieur brut
PIF	Programme d'innovation forestière
PIGB	Programme international géosphère-biosphère
PM <sub>2,5</sub>	Matières particulaires fines
PNAACE	Partenariat nord-américain pour l'action communautaire en environnement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
POP	Polluants organiques persistants
PTC	Production Tax Credit / Crédit d'impôt à la production
PTT	Programme des technologies transformatrices
PWD	Philadelphia Watershed Department
RCRA	Resources Conservation and Recovery Act
RDI	Resource Data Inc.
REIN	Réseau d'information régional sur l'environnement
RGGI	Initiative régionale sur les gaz à effet de serre
RNC	Ressources naturelles Canada
ROTS	Résidus organiques triés à la source
SBST	Équipe des sciences sociales et comportementales de la Maison-Blanche
SCEE	Système de comptabilité économique et environnementale
SCFF	Stratégie canadienne en matière de feux de forêt
SESH	Sécurité de l'eau et la santé humaine
SGA	Systèmes géothermiques améliorés
SGER	Règlement sur les émetteurs de gaz désignés
SGI	Sage Grouse Initiative
SIG	Système d'information géographique
StatCan	Statistique Canada
SWIPA	Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic
TAC	Terres agricoles cultivables
TM	Thematic Mapper
TSCA	Toxic Substance Control Act
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
USDA	US Department of Agriculture / Département de l'agriculture des États-Unis
USDN	Urban Sustainability Directors Network

USEPA	US Environmental Protection Agency / Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement
USFDA	US Food and Drug Administration / Administration des États-Unis pour les produits alimentaires et pharmaceutiques
USFS	US Forest Service
USGS	US Geological Survey
WWF	World Wildlife Fund
10YFP	Cadre décennal de programmation concernant les modes de consommation et de production durables





# Références

## Chapitre 1

Bast, E., A. Doukas, S. Pickard, L. Van Der Burg et S. Whitley. 2015. *Empty promises: G20 subsidies to oil, gas and coal production*. Overseas Development Institute (ODI). <http://www.odi.org/publications/10058-production-subsidies-oil-gas-coal-fossil-fuels-g20-broken-promises>.

Bellenger, J.P., et H. Cabana. 2014. « Emerging contaminants: A scientific challenge without borders ». *Science of The Total Environment* 487(2014), 747. DOI : 10.1016/j.scitotenv.2014.05.031. <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-a2e2ego4-a57b-3e61-80f8-fc830fdo60>.

Brandt, A.R. 2012. « Variability and uncertainty in life cycle assessment models for greenhouse gas emissions from Canadian oil sands production ». *Environmental Science and Technology* 46(2), 1253-1261. DOI : dx.doi.org/10.1021/es202312p <http://psb.vermont.gov/sites/psb/files/Exhibit%20Petitioner%20Reb.%20JB-1.pdf>.

Environnement et Changement climatique Canada. 2015. *Qualité de l'eau douce des cours d'eau canadiens*. <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr&n=68DE8F72-1>.

Farahbod, A.M., H. Kao, D.M. Walker et J.F. Cassidy. 2015. « Investigation of regional seismicity before and after hydraulic fracturing in the Horn River Basin, northeast British Columbia ». *Revue canadienne des sciences de la Terre* 52(2), 112-122. <http://cjes.geoscienceworld.org/content/52/2/112.full>.

Folger, P., et M. Tiemann. 2015. *Human-induced earthquakes from deep-well injection: A brief overview*. Congressional Research Service. <https://www.fas.org/spp/crs/misc/R43836.pdf>.

Halden, R.U. 2015. « Epistemology of contaminants of emerging concern and literature meta-analysis ». *Journal of hazardous materials* 282, 2-9. DOI : 10.1016/j.jhazmat.2014.08.074. <https://asu.pure.elsevier.com/en/publications/epistemology-of-contaminants-of-emerging-concern-and-literature-m>.

IPCC. 2011. Summary for policymakers. In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer et al. (dir. de publ.). Cambridge University Press, Cambridge. [http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC\\_SRREN\\_SPM.pdf](http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_SPM.pdf).

IPCC. 2014. *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* Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C. et al. (dir. de publ.). Cambridge University Press Cambridge and New York, NY. [https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-PartA\\_FINAL.pdf](https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf).

Jackson, T. 2014. « Sustainable consumption ». In *Handbook of sustainable development*, chapter 18, 279-290. <http://www.elgaronline.com/view/9781782544692.00029.xml>.

Jordaan, S.M. 2012. « Land and water impacts of oil sands production in Alberta ». *Environmental Science and Technology* 46(7), 3611-3617. [https://www.researchgate.net/profile/Sarah\\_Jordaan/publication/221860406\\_Land\\_and\\_water\\_impacts\\_of\\_oil\\_sands\\_production\\_in\\_Alberta/links/0c960533713de6be30000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sarah_Jordaan/publication/221860406_Land_and_water_impacts_of_oil_sands_production_in_Alberta/links/0c960533713de6be30000000.pdf).

Nicot, J.-P., et B.R. Scanlon. 2012. « Water use for shale-gas production in Texas, US ». *Environmental Science & Technology* 46(6), 3580-3586. [http://www.circleofblue.org/waternews/wp-content/uploads/2013/04/Nicot+Scanlon\\_EST\\_12\\_Water-Use-Fracking.pdf](http://www.circleofblue.org/waternews/wp-content/uploads/2013/04/Nicot+Scanlon_EST_12_Water-Use-Fracking.pdf).

Rosi-Marshall, E.J., D. Snow, S.L. Bartelt-Hunt, A. Paspalof et J.L. Tank. 2015. « A review of ecological effects and environmental fate of illicit drugs in aquatic

ecosystems ». *Journal of hazardous materials* 282(2015), 18-25. DOI : 10.1016/j.jhazmat.2014.06.062. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25062553>.

Rosi-Marshall, E.J., D.W. Kincaid, H.A. Bechtold, T.V. Royer, M. Rojas et J.J. Kelly. 2013. « Pharmaceuticals suppress algal growth and microbial respiration and alter bacterial communities in stream biofilms ». *Ecological Applications* 23(3), 583-593. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/12-0491.1/pdf>.

Spoelstra, J., S.L. Schiff et S.J. Brown. 2013. « Artificial sweeteners in a large canadian river reflect human consumption in the watershed ». DOI : 10.1371/journal.pone.0082706. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3859606/pdf/pone.0082706.pdf>.

US EPA. 2000. *Progress in water quality: an evaluation of the national investment in municipal wastewater treatment*.

US EPA. 2014. *Oil and natural gas sector hydraulically fractured oil well completions and associated gas during ongoing production*. U.S. Environmental Protection Agency. <http://www3.epa.gov/airquality/oilandgas/2014papers/20140415completions.pdf>.

USGSA. 2015. *Data.gov: The home of the U.S. Government's open data*. US General Services Administration, Office of Citizen Services and Innovative Technologies. <http://www.data.gov>.

Webb, R. 2015. « New research suggests fracking could undermine water availability in Texas ». *Kay Bailey Hutchison Center for Energy, Law & Business*, 8 juin. [https://utexas-ir.tdl.org/bitstream/handle/2152/30156/2015\\_06\\_08\\_fracking\\_could\\_undermine\\_water\\_availability.pdf?sequence=2](https://utexas-ir.tdl.org/bitstream/handle/2152/30156/2015_06_08_fracking_could_undermine_water_availability.pdf?sequence=2).

Weingarten, M., S. Ge, J.W. Godt, B.A. Bekins et J.L. Rubinstein. 2015. « High-rate injection is associated with the increase in US mid-continent seismicity ». *Science* 348(6241), 1336-1340. [https://www.heartland.org/sites/default/files/high-rate\\_injection\\_is\\_associated\\_with\\_increase\\_in\\_us\\_mid-continent\\_seismicity.pdf](https://www.heartland.org/sites/default/files/high-rate_injection_is_associated_with_increase_in_us_mid-continent_seismicity.pdf).

## Chapitre 2

AAC. 2015. *Examen annuel des conditions agroclimatiques au Canada – 2014*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, Canada. [http://www.agr.gc.ca/resources/prod/doc/pdf/ar\\_dw\\_agroclimate1\\_2014\\_fr.pdf](http://www.agr.gc.ca/resources/prod/doc/pdf/ar_dw_agroclimate1_2014_fr.pdf).

Aboulhosn, D. 2011. « 3rd Anniversary of the Coal Ash Disaster in Tennessee ». *Compass: Pointing the Way to a Clean Energy Future*, 22 décembre. <http://blogs.sierraclub.org/compass/2011/12/3rd-anniversary-of-the-coal-ash-disaster-in-tennessee.html>.

Abruytina, L. 2010. « Les peuples autochtones de la Russie du Nord : changements climatiques et sociaux ». Dans *Développement durable de la région arctique face au changement climatique : défis scientifiques, sociaux, culturels et éducatifs*. UNESCO, Paris, 181-191. <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001876/187600f.pdf>. (Téléchargé le 14 janvier 2016)

Adger, W.N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D.R. Nelson, L.O. Naess, J. Wolf et A. Wreford. 2009. « Are there social limits to adaptation to climate change? ». *Climatic Change* 93(3-4), 335-354. DOI : 10.1007/s10584-008-9520-z. <http://link.springer.com/article/10.1007%2F10584-008-9520-z#page-1>.

Aiello, A.E., E.L. Larson et S.B. Levy. 2007. « Consumer antibacterial soaps: effective or just risky? ». *Clinical Infectious Diseases* 45(2), 137-147. [http://cid.oxfordjournals.org/content/45/Supplement\\_2/S137.long](http://cid.oxfordjournals.org/content/45/Supplement_2/S137.long).

AirNow. 2016. *A look back: PM2.5 in 2014*. [https://gispub.epa.gov/OAR\\_OAQPS/SeasonReview2014/index.html?appid=53ebf02c3d5f400c940fb8781a2b1052](https://gispub.epa.gov/OAR_OAQPS/SeasonReview2014/index.html?appid=53ebf02c3d5f400c940fb8781a2b1052).

Albins, M.A. 2013. « Effects of invasive Pacific red lionfish *Pterois volitans* versus a native predator on Bahamian coral-reef fish communities ». *Biological Invasions* 15(1), 29-43. DOI : 10.1007/s10530-012-0266-1. <http://link.springer.com/article/10.1007%2F10530-012-0266-1>.

Alcock, I., M.P. White, B.W. Wheeler, L.E. Fleming et M.H. Depledge. 2014. « Longitudinal effects on mental health of moving to greener and less green

- urban areas ». *Environmental Science & Technology* 48(2), 1247-1255. DOI : 10.1021/es403688w. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es403688w>.
- Allen, C.D., A.K. Macalady, H. Chenchouni, D. Bachelet, N. McDowell, M. Vennetier, T. Kitzberger, A. Rigling, D.D. Breshears et E.H. Hogg. 2010. « A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests ». *Forest Ecology and Management* 259(4), 660-684. DOI : 10.1016/j.foreco.2009.09.001. [http://www.patrickgonzalez.net/images/Allen\\_et\\_al\\_2010.pdf](http://www.patrickgonzalez.net/images/Allen_et_al_2010.pdf).
- Allen, C.D., D.D. Breshears et N.G. McDowell. 2015. « On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene ». *Ecosphere* 6(8), 1-55. DOI : 10.1890/ES15-00203.1. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/ES15-00203.1/full>.
- Allison, I., M. Béland, D. Carlson, D. Qin, E. Sarukhanian et C. Smith. 2007. « International Polar Year 2007-2008 ». *Bulletin of the World Meteorological Organization* 56(4), 244-249. [https://www.wmo.int/pages/publications/bulletin\\_en/archive/56\\_4\\_en/documents/ipy.pdf](https://www.wmo.int/pages/publications/bulletin_en/archive/56_4_en/documents/ipy.pdf).
- AMAP. 2011. *Arctic pollution 2011*. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo. <http://www.amap.no/documents/doc/arctic-pollution-2011-mercury/89>.
- AMAP. 2013. *AMAP assessment 2013: Arctic Ocean acidification*. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo. <http://www.amap.no/documents/doc/amap-assessment-2013-arctic-ocean-acidification/881>.
- AMAP. 2015. *AMAP assessment 2015: Human health in the Arctic*. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo. <https://oarchive.arctic-council.org/bitstream/handle/11374/1703/aar2015-health.pdf.pdf?sequence=1&is-Allowed=y>.
- American Society of Civil Engineers. 2013. *2013 Report card for America's infrastructure: Drinking water*. American Society of Civil Engineers. <http://www.infrastructurereportcard.org/drinking-water/>.
- Anderson, B.S., D. Arenella-Parkerson, B.M. Phillips, R.S. Tjeerdema et D. Crane. 2009. « Preliminary investigation of the effects of dispersed Prudhoe Bay crude oil on developing topsmelt embryos, Atherinops affinis ». *Environmental Pollution* 157(3), 1058-61. DOI : 10.1016/j.envpol.2008.10.013. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19028002>.
- André, M., M. Solé, M. Lenoir, M. Durfort, C. Quero, A. Mas, A. Lombarte, M. Van der Schaar, L.-B. M. et M. Morell. 2011. « Low-frequency sounds induce acoustic trauma in cephalopods ». *Frontiers in Ecology and the Environment* 9(9), 489-493. DOI : 10.1890/100124. <http://www.esa.org/pdfs/Andre.pdf>. (Consulté le 25 septembre 2015).
- Andrew, R. 2014. *Socio-economic drivers of change in the Arctic*. AMAP Technical Report No. 9 Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo. <http://www.amap.no/documents/doc/socio-economic-drivers-of-change-in-the-arctic/1115>.
- Archer, C.R., C.W.W. Pirk, L.G. Carvalheiro et S.W. Nicolson. 2014. « Economic and ecological implications of geographic bias in pollinator ecology in the light of pollinator declines ». *Oikos* 123(4), 401-407. DOI : 10.1111/j.1600-0706.2013.00949.x. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0706.2013.00949.x>.
- Arlinghaus, R., R. Tillner et M. Bork. 2015. « Explaining participation rates in recreational fishing across industrialized countries ». *Fisheries Management and Ecology* 22(1), 45-55. DOI : 10.1111/fme.12075. <http://eprints.uni-kiel.de/27373/1/fme12075.pdf>.
- Arnold, K.E., A.R. Brown, G.T. Ankley et J.P. Sumpter. 2014. « Medicating the environment: assessing risks of pharmaceuticals to wildlife and ecosystems ». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 369(1656), 20130569. <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/369/1656/20130569>.
- Atkinson, G.M., D.W. Eaton, H. Ghofrani, D. Walker, B. Cheadle, R. Schultz, R. Shcherbakov, K. Tiampo, J. Gu, R.M. Harrington, et al. 2016. « Hydraulic fracturing and seismicity in the western Canada sedimentary basin ». *Seismological Research Letters* 87(2B). DOI : 10.1785/0220150263. <http://www.desmogblog.com/sites/beta.desmogblog.com/files/Hydraulic%20Fracturing%20and%20Seismicity%20in%20the%20Western%20Canada%20Sedimentary%20Basin.pdf>.
- Avery-Gomm, S., P.D. O'Hara, L. Kleine, V. Bowes, L.K. Wilson et K.L. Barry. 2012. « Northern fulmars as biological monitors of trends of plastic pollution in the eastern North Pacific ». *Marine pollution bulletin* 64(9), 1776-1781. DOI : 10.1016/j.marpolbul.2012.04.017. <http://www.birdscanada.org/library/BCBeach-birdAvery-Gomm2012.pdf>.
- AWWA. 2016. *Buried no longer: Confronting America's Water Infrastructure challenge*. American Water Works Association. [www.awwa.org/Portals/0/files/legreg/documents/BuriedNoLonger.pdf](http://www.awwa.org/Portals/0/files/legreg/documents/BuriedNoLonger.pdf).
- Baltimore County. 2007. *State of our forests: 2007*. Towson, MD. <http://resources.baltimorecountymd.gov/Documents/Environment/Workgroup/programimplementation/forestassessment/07stateourforests.pdf>.
- Barbé, A. 2015. *Emerging international trade: Issues for fossil fuels*. International Trade Commission (USITC), Office of Industries, Working Paper ID-041. [https://www.usitc.gov/publications/332/id\\_041\\_working\\_paper\\_fossil\\_fuels\\_compliant.pdf](https://www.usitc.gov/publications/332/id_041_working_paper_fossil_fuels_compliant.pdf).
- Baron, J.S., E.K. Hall, B.T. Nolan, J.C. Finlay, E.S. Bernhardt, J.A. Harrison, F. Chan et E.W. Boyer. 2013. « The interactive effects of excess reactive nitrogen and climate change on aquatic ecosystems and water resources of the United States ». *Biogeochemistry* 114(1-3), 71-92. DOI : 10.1007/s10533-012-9788-y. <http://dx.doi.org/10.1007/s10533-012-9788-y>.
- Barry-Jester, A.M. 2016. « When Will Flint's Water Be Safe To Drink? » *FiveThirtyEight*, 23 février. <http://fivethirtyeight.com/features/when-will-flints-water-be-safe-to-drink/>.
- Bartsch, A., T. Kumpula, F. B. C. et F. Stämmler. 2010. « Detection of snow surface thawing and refreezing in the Eurasian Arctic with QuikSCAT: Implications for reindeer herding ». *Ecological Applications* 20(8), 2346-2358. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21265463>.
- Baumann, H., S.C. Talmage et C.J. Gobler. 2012. « Reduced early life growth and survival in a fish in direct response to increased carbon dioxide ». *Nature Climate Change* 2(1), 38-41. DOI : 10.1038/nclimate1291. [https://www.research-gate.net/profile/Hannes\\_Baumann2/publication/229069059\\_Reduced\\_early\\_life\\_growth\\_and\\_survival\\_in\\_a\\_fish\\_in\\_direct\\_response\\_to\\_increased\\_carbon\\_dioxide/links/09e414ffee451d5cafooooo.pdf](https://www.research-gate.net/profile/Hannes_Baumann2/publication/229069059_Reduced_early_life_growth_and_survival_in_a_fish_in_direct_response_to_increased_carbon_dioxide/links/09e414ffee451d5cafooooo.pdf).
- Baumeister, C., et L. Kilian. 2015. *Understanding the decline in the price of oil since June 2014*. CFS Working Paper Series, N° 501. <http://www.econstor.eu/bitstream/10419/106822/1/816879087.pdf>.
- Baum-Snow, N. 2010. « Changes in transportation infrastructure and commuting patterns in U.S. metropolitan areas, 1960-2000 ». *American Economic Review Papers and Proceedings* 100(2), 378-382. DOI : 10.1257/aer.100.2.378. <https://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/aer.100.2.378>.
- Beer, K.D., J.W. Gargano, V.A. Roberts, V.R. Hill, L.E. Garrison, P.K. Kutty, E.D. Hilborn, T.J. Wade, K.E. Fullerton et J.S. Yoder. 2015. « Surveillance for waterborne disease outbreaks associated with drinking water—United States, 2011–2012 ». *Morbidity and Mortality Weekly Report* 64(31), 842-848. [http://www.cdc.gov/TemplatePackage/images/icon\\_pdf.gif](http://www.cdc.gov/TemplatePackage/images/icon_pdf.gif).
- Behrenfeld, M.J., R.T. O'Malley, D.A. Siegel, C.R. McClain, J.L. Sarmiento, G.C. Feldman, A.J. Milligan, P.G. Falkowski, R.M. Letelier et E.S. Boss. 2006. « Climate-driven trends in contemporary ocean productivity ». *Nature* 447(7120), 752-755. DOI : 10.1038/nature05317. <http://www.nature.com/nature/journal/v444/n7120/pdf/nature05317.pdf>.
- Bellenger, J.P., et H. Cabana. (2014). « Emerging contaminants: A scientific challenge without borders ». *Science of The Total Environment* 487(2014), 747. DOI : 10.1016/j.scitotenv.2014.05.031. <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-a2e2904-a57b-3e61-80f8-fc6b830fd060>.

- Bennett, T.M.B., N.G. Maynard, P. Cochran, R. Gough, K. Lynn, J. Maldonado, G. Voggesser, S. Wotkins et K. Cozzetto. 2014. « Indigenous peoples, lands, and resources ». In *Climate Change Impacts in the United States: the Third National Climate Assessment*. Melillo, J.M., T.C. Richmond et G.W. Yohe (dir. de publ.). U.S. Global Change Research Program, chapitre 12, 297-317. <http://nca2014.globalchange.gov/report/sectors/indigenous-peoples>.
- Bentz, B.J., J. Régnière, C.J. Fettig, E.M. Hansen, J.L. Hayes, J.A. Hicke, R.G. Kelsey, J.F. Negrón et S.J. Seybold. 2010. « Climate change and bark beetles of the western United States and Canada: Direct and indirect effects ». *BioScience* 60(8), 602-613. [http://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_other/rmrs\\_2010\\_bentz\\_bo01.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2010_bentz_bo01.pdf).
- Berner, J., C. Furgal, P. Bjerregaard, M. Bradley, T. Curtis, E. De Fabo, J. Hassi, W. Keatinge, S. Kvernmo, S. Nayha et al. 2005. « Human health ». In *Arctic Climate Impact Assessment*, chapitre 15, 863-906. [http://www.acia.uaf.edu/PDFs/ACIA\\_Science\\_Chapters\\_Final/ACIA\\_Ch15\\_Final.pdf](http://www.acia.uaf.edu/PDFs/ACIA_Science_Chapters_Final/ACIA_Ch15_Final.pdf).
- Bernhardt, E.S., B.P. Colman, M.F. Jr. Hochella, B.J. Cardinale, R.M. Nisbet, C.J. Richardson et L. Yin. 2010. « An ecological perspective on nanomaterial impacts in the environment ». *Journal of Environmental Quality* 39(6), 1954-65. <http://snre.umich.edu/cardinale/wp-content/uploads/2012/04/Bernhardt-et-al-J-Env-Qual-20101.pdf>.
- Beyer, K.M., A. Kaltenbach, A. Szabo, S. Bogar, F.J. Nieto et K.M. Malecki. 2014. « Exposure to neighborhood green space and mental health: Evidence from the survey of the health of Wisconsin ». *Int J Environ Res Public Health* 11(3), 3453-72. DOI : 10.3390/ijerph110303453. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24662966>.
- Bhatt, U.S., D.A. Walker, M.K. Reynolds, J.C. Comiso, H.E. Epstein, G. Jia, R. Gens, J.E. Pinzon, C.J. Tucker, C.E. Tweedie et al. 2010. « Circumpolar arctic tundra vegetation change is linked to sea ice decline ». *Earth Interactions* 14(8), 1-20. DOI : <http://dx.doi.org/10.1175/2010EI135.1>. <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/2010EI135.1>.
- Bierbaum, R., J.B. Smith, A. Lee, M. Blair, L. Carter, F.S., III Chapin, P. Fleming, S. Ruffo, M. Stults, S. McNeeley, et al. 2013. « A comprehensive review of climate adaptation in the United States: more than before, but less than needed ». *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 18(3), 361-406. DOI : 10.1007/s11027-012-9423-1. [http://www.lter.uaf.edu/pdf/1734\\_Bierbaum\\_Smith\\_2013.pdf](http://www.lter.uaf.edu/pdf/1734_Bierbaum_Smith_2013.pdf).
- Blair, B.D., J.P. Crago, C.J. Hedman et R.D. Klaper. 2013. « Pharmaceuticals and personal care products found in the Great Lakes above concentrations of environmental concern ». *Chemosphere* 93(9), 2116-2123. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.07.057>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653513010412>.
- Blanken, P. et J. Huntington. 2015. *Reservoir evaporation a big challenge for water managers in West*. <http://www.colorado.edu/news/releases/2015/12/28/reservoir-evaporation-big-challenge-water-managers-west#sthash.CHBdTL.dpuf>.
- Bloomberg. 2015. *Bloomberg New Energy Finance's annual long-term global forecast*. Bloomberg. [http://about.bnef.com/content/uploads/sites/4/2015/06/BNEF-NEO2015\\_Executive-summary.pdf](http://about.bnef.com/content/uploads/sites/4/2015/06/BNEF-NEO2015_Executive-summary.pdf).
- BNEF. 2015. *New energy outlook 2015*. Bloomberg New Energy Finance (BNEF). <http://www.bloomberg.com/company/new-energy-outlook/>.
- Bogoyavlenskiy, D., et A. Siggner. 2004. « Arctic demography ». In *Arctic Human Development Report*. Einarsson, N., J.N. Larsen, A. Nilsson et O.R. Young (dir. de publ.). Stefansson Arctic Institute, Akureyri, chapitre 2, 27-44. [http://raffladan.is/bitstream/handle/10802/9093/AHDR\\_chp\\_2.pdf?sequence=3](http://raffladan.is/bitstream/handle/10802/9093/AHDR_chp_2.pdf?sequence=3).
- Borsa, A.A., D.C. Agnew et D.R. Cayan. 2014. « Ongoing drought-induced uplift in the western United States ». *Science* 345(6204), 1587-1590. <http://science.sciencemag.org/content/345/6204/1587>.
- Boucher, O., S.W. Jacobson, P. Plusquellec, É. Dewailly, P. Ayotte, N. Forget-Dubois, J.L. Jacobson et G. Muckle. 2012. « Prenatal methylmercury, postnatal Lead exposure, and evidence of attention deficit/hyperactivity disorder among Inuit children in Arctic Québec ». *Environmental health perspectives* 120(10), 1456-1461. DOI : 10.1289/ehp.120.4976. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3491943/>.
- Boudet, H., C. Clarke, D. Bugden, E. Maibach, C. Roser-Renouf et A. Leiserowitz. 2014. « "Fracking" controversy and communication: Using national survey data to understand public perceptions of hydraulic fracturing ». *Energy Policy* 65, 57-67. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.017>. [http://environment.yale.edu/climate-communication-OFF/files/2013\\_Boudet\\_et\\_al\\_Fracking\\_Public\\_Perceptions.pdf](http://environment.yale.edu/climate-communication-OFF/files/2013_Boudet_et_al_Fracking_Public_Perceptions.pdf).
- Brabec, E., S. Schulte et P.L. Richards. 2002. « Impervious surfaces and water quality: a review of current literature and its implications for watershed planning ». *Journal of planning literature* 16(4), 499-514. <http://jpl.sagepub.com/content/16/4/499.abstract>.
- Brandt, A.R. 2012. « Variability and uncertainty in life cycle assessment models for greenhouse gas emissions from Canadian oil sands production ». *Environmental Science and Technology* 46(2), 1253-1261. DOI : [dx.doi.org/10.1021/es202312p](http://dx.doi.org/10.1021/es202312p). <http://psb.vermont.gov/sites/psb/files/Exhibit%20Petitioner%20Reb.%20JB-1.pdf>.
- Brandt, A.R., G.A. Heath, E.A. Kort, F. O Sullivan, G. Petron, S.M. Jordaan, P. Tans, J. Wilcox, A.M. Gopstein, D. Arent et al. 2014. « Methane leaks from North American natural gas systems ». *Science* 343(6172), 733-5. DOI : 10.1126/science.1247045. <http://www.sciencemag.org/content/343/6172/733/suppl/DC1>.
- Braune, B., J. Chételat, M. Amyot, T. Brown, M. Clayden, M. Evans, A. Fisk, A. Gaden, C. Girard, A. Hare et al. 2015. « Mercury in the marine environment of the Canadian Arctic: Review of recent findings ». *Science of The Total Environment* 509-510, 67-90. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.133>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969714008250>.
- Bricker, S.B., B. Longstaff, W. Dennison, A. Jones, K. Boicourt, C. Wicks et J. Woerner. 2008. « Effects of nutrient enrichment in the nation's estuaries: A decade of change ». *Harmful Algae* 8(1), 21-32. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.hal.2008.08.028>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988308001182>.
- Bridgham, S., J.P. Megonigal, J. Keller, N. Bliss et C. Trettin. 2006. « The carbon balance of North American wetlands ». *Wetlands* 26(4), 889-916. DOI : 10.1672/0277-5212(2006)26[889:TCBONA]2.0.CO;2. <http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212%282006%2926%25B889%3ATCBONA%5D2.0.CO%3B2>.
- Bromberg, K.D., et M.D. Bertness. 2005. « Reconstructing New England salt marsh losses using historical maps ». *Estuaries* 28(6), 823-832. DOI : 10.1007/BF02696012. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02696012>.
- Browne, M.A., P. Crump, S.J. Niven, E. Teuten, A. Tonkin, T. Galloway et R. Thompson. 2011. « Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks ». *Environmental Science & Technology* 45(21), 9175-9179. DOI : 10.1021/es201811s. [http://www.imedea.uib-csic.es/master/cambioglobal/Modulo\\_III\\_cod101608/tema%2011-invasoras%202013-2014/plastics/Browne\\_2011-EST-Accumulation\\_of\\_microplastics-worldwide-sources-sinks.pdf](http://www.imedea.uib-csic.es/master/cambioglobal/Modulo_III_cod101608/tema%2011-invasoras%202013-2014/plastics/Browne_2011-EST-Accumulation_of_microplastics-worldwide-sources-sinks.pdf).
- Brubaker, M., J. Berner, R. Chavan et J. Warren. 2011. « Climate change and health effects in Northwest Alaska ». *Global Health Action*, 4(8445). DOI : 10.3402/gha.v4i0.8445. <http://www.globalhealthaction.net/index.php/gha/article/view/8445>.
- Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes. 2016. *Éclairer l'avenir : Eau potable*. Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes, Ottawa. [http://www.canadainfrastructure.ca/downloads/Bulletin\\_de\\_rendement\\_des\\_infrastructures\\_canadiennes\\_2016.pdf](http://www.canadainfrastructure.ca/downloads/Bulletin_de_rendement_des_infrastructures_canadiennes_2016.pdf).
- Burkhead, N. 2012. « Extinction rates in north american freshwater fishes, 1900-2010 ». *BioScience* 62(9), 798-808. DOI : 10.1525/bio.2012.62.9.5. <http://bioscience.oxfordjournals.org/content/62/9/798.full.pdf+html>.
- Buss, T.F. 2013. *Foreign aid and the failure of state building in Haiti under the Duvaliers, Aristide, Préval, and Martelly*. WIDER Working Paper 2013/104.

- UNU-WIDER, Helsinki <https://www.wider.unu.edu/sites/default/files/WP2013-104.pdf>
- Butler, B. 2008. *Family forest owners of the United States, 2006*. Gen Tech Rept NRS-27. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, Newtown Square, PA. [http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr\\_nrs27.pdf](http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_nrs27.pdf).
- Buzby, J.C., H. Farah-Wells et J. Hyman. 2014. *The estimated amount, value, and calories of postharvest food losses at the retail and consumer levels in the United States*. Economic Information Bulletin. United States Department of Agriculture, Washington, DC. <http://www.ers.usda.gov/media/1282296/eib121.pdf>.
- Cabas, J., A. Weersink et E. Olale. 2010. « Crop yield response to economic, site and climatic variables ». *Climatic Change* 101(3-4), 599-616. DOI : 10.1007/s10584-009-9754-4. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10584-009-9754-4>.
- CAC. 2008. *Petit et différent : perspective scientifique sur les défis réglementaires du monde nanométrique : rapport du Comité d'experts sur les nanotechnologies*. Ottawa. [http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20releases/nano/\(2008\\_07\\_10\)\\_report\\_on\\_nanotechnology\\_fr.pdf](http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20releases/nano/(2008_07_10)_report_on_nanotechnology_fr.pdf).
- CAC. 2009. *La gestion durable des eaux souterraines au Canada*. Conseil des académies canadiennes, Ottawa. [http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20releases/groundwater/\(2009-05-11\)%20ogw%20rapport.pdf](http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20releases/groundwater/(2009-05-11)%20ogw%20rapport.pdf).
- CAC. 2012. *Nouvelles technologies et évaluation de la sécurité chimique : le Comité d'experts sur les tests intégrés pour les pesticides*. Conseil des académies canadiennes, Ottawa. [http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20releases/pesticides/pesticides\\_full\\_report\\_fr\\_web.pdf](http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20releases/pesticides/pesticides_full_report_fr_web.pdf).
- CAC. 2013. *L'eau et l'agriculture au Canada : vers une gestion durable des ressources en eau : le Comité d'experts sur la gestion durable de l'eau des terres agricoles du Canada*. Conseil des académies canadiennes, Ottawa. [http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20releases/water-agri/wag\\_fullreportfr.pdf](http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20releases/water-agri/wag_fullreportfr.pdf).
- Caldeira, K., et M.E. Wickett. 2003. « Oceanography: anthropogenic carbon and ocean pH ». *Nature* 425(6956), 365. <http://www.nature.com/nature/journal/v425/n6956/full/425365a.html>.
- California Air Resources Board. 2014. *2014 Mid-Year crude average CI estimate*. California Air Resources Board. <http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/crude-oil/mid-2014-crude-ave-ci.pdf>.
- California Energy Commission. 2014. *California's energy efficiency standards have saved \$74 billion*. <http://www.energy.ca.gov/efficiency/savings.html>.
- CanWEA. 2015. *Puissance installée*. <http://canwea.ca/fr/marches-eoliens/puissance-installee/>.
- Carey, C.C., B.W. Ibelings, E.P. Hoffmann, D.P. Hamilton et J.D. Brookes. 2012. « Eco-physiological adaptations that favour freshwater cyanobacteria in a changing climate ». *Water Research* 46(5), 1394-1407. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2011.12.016>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135411007883>.
- Carlson, D.J. 2011. « International polar year 2007–2008 ». In *Encyclopedia of Solid Earth Geophysics*. Springer, 612-614. [http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-90-481-8702-7\\_194](http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-90-481-8702-7_194).
- Carlton, J.T., et J.B. Geller. 1993. « Ecological Roulette: The Global Transport of Nonindigenous Marine Organisms ». *Science* 261(5117), 78-82. DOI : 10.1126/science.261.5117.78. <http://www.sciencemag.org/content/261/5117/78.abstract>.
- Carrière, A., M. Prevost, A. Zamyadi, P. Chevalier et B. Barbeau. 2010. « Vulnerability of Quebec drinking-water treatment plants to cyanotoxins in a climate change context ». *J Water Health* 8(3), 455-465. DOI : 10.2166/wh.2009.207. <http://jwh.iwaponline.com/content/ppiwajwh/8/3/455.full.pdf>.
- Carroll, A.L., S.W. Taylor, J. Regniere et L. Safranyik. 2004. « Effects of climate change on range expansion by the mountain pine beetle in British Columbia ». *Mountain Pine Beetle Symposium: Challenges and Solutions*. Shore, T.L., J.E. Brooks et J.E. Stone (dir. de publ.). Kelowna, Colombie-Britannique, 30-31 octobre 2003. Ressources naturelles Canada, Victoria 223-232. <http://digitalcommons.usu.edu/barkbeetles/195/>.
- Caselle, J.E., A. Rassweiler, S.L. Hamilton et R.R. Warner. 2015. « Recovery trajectories of kelp forest animals are rapid yet spatially variable across a network of temperate marine protected areas ». *Scientific reports* 5. DOI : 10.1038/srep14102. <http://www.nature.com/articles/srep14102.pdf>.
- CCE (2011). *Carte de la couverture terrestre de l'Amérique du Nord : Atlas environnemental de l'Amérique du Nord*. Commission de coopération environnementale. [http://www.ccc.org/newsletter/Newsletter\\_2011\\_Dec\\_en.html](http://www.ccc.org/newsletter/Newsletter_2011_Dec_en.html).
- CCE. 2014a. *Document-cadre sur les facteurs à prendre en considération dans la caractérisation de la vulnérabilité à la pollution de l'environnement en Amérique du Nord*. Commission de coopération environnementale. <http://www3.ccc.org/islandora/fr/item/11492-framework-document-factors-consider-in-characterizing-vulnerability-environmental-fr.pdf>.
- CCE. 2014b. *Système nord-américain de surveillance des changements dans la couverture terrestre (NALCMS)*. Commission de coopération environnementale. <http://www.ccc.org/Page.asp?PageID=122&ContentID=25501>.
- CCME. 2014. *Standards pancanadiens relatifs aux particules et à l'ozone : rapport final 2012*. Conseil canadien des ministres de l'environnement, Ottawa. [http://www.ccme.ca/files/Resourcess/fr\\_air/fr\\_pmozone/PN\\_1527\\_2012\\_CWS\\_for\\_PM\\_and\\_Ozone\\_Final\\_Report-Fr.pdf](http://www.ccme.ca/files/Resourcess/fr_air/fr_pmozone/PN_1527_2012_CWS_for_PM_and_Ozone_Final_Report-Fr.pdf).
- CDWR. 2015. *Governor's drought declaration*. California Department of Water Resources. <http://www.water.ca.gov/waterconditions/declaration.cfm>. (Consulté le 18 août 2015).
- Center for Rural Affairs. 2015. *Strategies to revitalize rural America*. Center for Rural Affairs. [http://www.cfra.org/strategies\\_to\\_revitalize\\_rural\\_america](http://www.cfra.org/strategies_to_revitalize_rural_america).
- Chen, I., J. Hill, R. Ohlemueller, D. Roy et C. Thomas. 2011. « Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming ». *Science* 333(6045), 1024-1026. <http://www.sciencemag.org/content/333/6045/1024.abstract>.
- Cheng, H., et Y. Hu. 2010. « Municipal solid waste (MSW) as a renewable source of energy: Current and future practices in China ». *Bioresourcetechnology* 101(11), 3816-3824. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.470.3014&rep=rep1&type=pdf>.
- Cheng, I., L. Zhang, P. Blanchard, J.A. Graydon et V.L.S. Louis. 2012. « Source-receptor relationships for speciated atmospheric mercury at the remote Experimental Lakes Area, northwestern Ontario, Canada ». *Atmospheric Chemistry and Physics* 12(4), 1903-1922. DOI : 10.5194/acp-12-1903-2012. <http://www.atmos-chem-phys.net/12/1903/2012/>.
- Chmura, G.L., S.C. Anisfeld, D.R. Cahoon et J.C. Lynch. 2003. « Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils ». *Global Biogeochemical Cycles* 17(4). DOI : 10.1029/2002GB001917. <http://dx.doi.org/10.1029/2002GB001917>.
- CIA. 2013. *The World Factbook 2013-14*. <https://www.cia.gov/library/publications/download/download-2013/index.html>.
- CIESIN. 2013. *Environmental Treaties and Resource Indicators (ENTRI) Query Service*. Center for International Earth Science Information Network - Columbia University. <http://sedac.ciesin.columbia.edu/entri>.
- Cizmas, L., V.K. Sharma, C.M. Gray et T.J. McDonald. 2015. « Pharmaceuticals and personal care products in waters: occurrence, toxicity, and risk ». *Environmental Chemistry Letters* 13(4), 381-394. DOI : <http://dx.doi.org/10.1007/s10311-015-0524-4>. <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10311-015-0524-4.pdf>.
- Clair, T.A., N. Pelletier, S. Bittman, A. Leip, P. Arp, M.D. Moran, I. Dennis, D. Niemi, S. Sterling, C.F. Drury et al. 2014. « Interactions between reactive



nitrogen and the Canadian landscape: A budget approach ». *Global Biogeochemical Cycles* 28(11), 1343-1357. DOI : 10.1002/2014GB004880. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2014GB004880/epdf>.

CMI. 2015. *Veiller sur nos eaux transfrontalières d'un océan à l'autre*. [http://ijc.org/files/publications/15-206\\_Brochure\\_F-WEB.pdf](http://ijc.org/files/publications/15-206_Brochure_F-WEB.pdf).

Cohen, A.N., et J.T. Carlton. 1998. « Accelerating Invasion Rate in a Highly Invaded Estuary ». *Science* 279(5350), 555-558. DOI : 10.1126/science.279.5350.555. <http://science.sciencemag.org/sci/279/5350/555.full.pdf>.

Cohen, J., J.A. Screen, J.C. Furtado, M. Barlow, D. Whittleston, D. Coumou, J. Francis, K. Dethloff, D. Entekhabi, J. Overland et al. 2014. « Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather ». *Nature Geoscience* 7(9), 627-637. DOI : 10.1038/ngeo2234. [http://epic.awi.de/36132/1/Cohenetal\\_NGeo14.pdf](http://epic.awi.de/36132/1/Cohenetal_NGeo14.pdf).

Colborn, T., F.S. vom Saal et A.M. Soto. 1993. « Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans ». *Environmental health perspectives* 101(5), 378-384. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1519860/pdf/envhperoo375-0020.pdf>.

Collins, M., S.-I. An, W. Cai, A. Ganachaud, E. Guilyardi, F.-F. Jin, M. Jochum, M. Lengaigne, S. Power et A. Timmermann. 2010. « The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño ». *Nature Geoscience* 3(6), 391-397. <http://www.cgd.ucar.edu/oce/markus/ENSOCIV.pdf>.

Comité Canada-États Unis sur la qualité de l'air. 2014. *Canada/États-Unis Accord sur la qualité de l'air : rapport d'étape 2014*. Commission mixte internationale, Ottawa et Washington D.C. <http://ec.gc.ca/air/D560EA62-2A5F-4789-883E-9F4DA63C58CD/AQA%20Report%202014%20FRA.pdf>.

Conley, J.M., N. Evans, H. Mash, L. Rosenblum, K. Schenck, S. Glassmeyer, E.T. Furlong, D.W. Kolpin et V.S. Wilson. 2016. « Comparison of in vitro estrogenic activity and estrogen concentrations in source and treated waters from 25 US drinking water treatment plants ». *Science of The Total Environment*. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716303035>.

*Conservation Biology* 19(3), 768-782. DOI : 10.1111/j.1523-1739.2005.00045.x. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.2005.00045.x/pdf>.

Copeland, C. 2012. *Water infrastructure financing: History of EPA appropriations*. <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/96-647.pdf>.

Corell, R.W. 2013. « Consequences of the changes across the Arctic on world order, the North Pacific nations and regional and global governance ». In *The Arctic in world affairs: a North Pacific dialogue on Arctic transformation: 2011 North Pacific Arctic Conference Proceedings*. Corell, R.W., J.S.-C. Kang et Y.H. Kim (dir. de publ.). The Korea Transport Institute and East-West Center, Honolulu, chapitre 1, 17-57. <http://ewcbookstore.org/arctic/2011arctic-lowres.pdf>.

Costanza, R., O. Perez-Maqueo, M.L. Martinez, P. Sutton, S.J. Anderson et K. Mulder. 2008. « The value of coastal wetlands for hurricane protection ». *Ambio* 37(4), 241-248. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18686502>.

Cottingham, K.L., H.A. Ewing, M.L. Greer, C.C. Carey et K.C. Weathers. 2015. « Cyanobacteria as biological drivers of lake nitrogen and phosphorus cycling ». *Ecosphere* 6(1), art1. DOI : 10.1890/ES14-00174.1. <http://dx.doi.org/10.1890/ES14-00174.1>. (Consulté le 28 septembre 2015)

Couillard, C.M., K. Lee, B. Légaré et T.L. King. 2005. « Effect of dispersant on the composition of the water-accommodated fraction of crude oil and its toxicity to larval marine fish ». *Environmental Toxicology and Chemistry* 24(6), 1496-1504. DOI : 10.1897/04-267R.1. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1897/04-267R.1/epdf>.

Counter, S.A., et L.H. Buchanan. 2004. « Mercury exposure in children: A review ». *Toxicology and Applied Pharmacology* 198(2), 209-230. [http://nj.gov/health/eoh/cehsweb/kiddiekollege/documents/counter04\\_mercuryexpochil-dren.pdf](http://nj.gov/health/eoh/cehsweb/kiddiekollege/documents/counter04_mercuryexpochil-dren.pdf).

Coyle, K.J., et L. Van Susteren. 2011. *The psychological effects of global warming on the United States: and why the U.S. mental healthcare is not adequately*

prepared. National Wildlife Federation (NWF), Merrifield, VA. [https://www.nwf.org/pdf/Reports/Psych\\_Effects\\_Climate\\_Change\\_Full\\_3\\_23.pdf](https://www.nwf.org/pdf/Reports/Psych_Effects_Climate_Change_Full_3_23.pdf).

Cromartie, J., C. Von Reichert et R. Arthun. 2015. *Factors affecting former residents' returning to rural communities*. US Department of Agriculture, Washington, DC. <http://www.ers.usda.gov/publications/err-economic-research-report/err185>.

Cullingham, C.I., J.E.K. Cooke, S. Dang, C.S. Davis, B.J. Cooke et D.W. Coltman. 2011. « Mountain pine beetle host-range expansion threatens the boreal forest ». *Molecular Ecology* 20(10), 2157-2171. DOI : 10.1111/j.1365-294X.2011.05086.x. <http://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=33842>.

Daehler, C., et D. Strong. 1996. « Status, prediction and prevention of introduced cordgrass *Spartina* spp. invasions in Pacific estuaries, USA ». *Biological Conservation* 78(1-2), 51-58. DOI : [http://dx.doi.org/10.1016/0006-3207\(96\)00017-1](http://dx.doi.org/10.1016/0006-3207(96)00017-1). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0006320796000171> (Consulté en novembre 1996).

Daley, K., H. Castleden, R. Jamieson, C. Furgal et L. Ell. 2015. « Water systems, sanitation, and public health risks in remote communities: Inuit resident perspectives from the Canadian Arctic ». *Social Science & Medicine* 135, 124-132. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.socscimed.2015.04.017>. [https://www.researchgate.net/profile/Chris\\_Furgal/publication/276169910\\_Water\\_systems\\_sanitation\\_and\\_public\\_health\\_risks\\_in\\_remote\\_communities\\_Inuit\\_resident\\_perspectives\\_from\\_the\\_Canadian\\_Arctic/links/55633f8f08a9963a11d7ae0.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Chris_Furgal/publication/276169910_Water_systems_sanitation_and_public_health_risks_in_remote_communities_Inuit_resident_perspectives_from_the_Canadian_Arctic/links/55633f8f08a9963a11d7ae0.pdf).

Daughton, C.D., et T.A. Terne. 1999. « Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change? ». *Environmental health perspectives* 107(Suppl 6), 907-938. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1566206/>.

Davis, C. 2014. « Substate federalism and fracking policies: Does state regulatory authority trump local land use autonomy? ». *Environmental Science & Technology* 48(15), 8397-8403. DOI : 10.1021/es405095y. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es405095y>.

Davis, S.C., S.W. Diegel et R.G. Boundy. 2014. *Transportation Energy Data Book: Edition 33*. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. <http://www.trb.org/Main/Blurbs/171248.aspx>.

Day, J.W., Jr., D. Pont, P.F. Hensel et C. Ibañez. 1995. « Impacts of sea-level rise on deltas in the Gulf of Mexico and the Mediterranean: The importance of pulsing events to sustainability ». *Estuaries* 18(4), 636-647. DOI : 10.2307/1352382. <http://dx.doi.org/10.2307/1352382>.

De Gouw, J.A., D.D. Parrish, G.J. Frost et M. Trainer. 2014. « Reduced emissions of CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, and SO<sub>2</sub> from US power plants owing to switch from coal to natural gas with combined cycle technology ». *Earth's Future* 2(2), 75-82. DOI : 10.1002/2013EF000196. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2013EF000196/pdf>.

DEFRA. 2013. *Economics of climate resilience agriculture and forestry theme: agriculture*. <https://www.weadapt.org/sites/weadapt.org/files/legacy-new/knowledge-base/files/51530a3decf37agriculture-final-report.pdf>.

DeSimone, L.A., P.A. Hamilton et R.J. Gilliom. 2009. « The quality of our nation's waters—Quality of water from domestic wells in principal aquifers of the United States, 1991 - 2004—Overview of major findings ». *US Geological Survey Circular* 1332, 48. <http://pubs.usgs.gov/circ/cir1332/includes/cir1332.pdf>.

DeSimone, L.A., P.B. McMahon et M.R. Rosen. 2014. « The quality of our nation's waters—Water quality in Principal Aquifers of the United States, 1991-2010 ». *U.S. Geological Survey Circular* 1360, 151. <http://dx.doi.org/10.3133/cir1360>.

Dettmers, J.M., C.P. Madenjian, P.J. Allen, S.A. Pothoven et T.F. Nalepa. 2008. « Impacts of recent invasive species on nearshore fishes ». In *The state of Lake Michigan in 2005*. Clapp, D.F. and Horns, W. (dir. de publ.). Commission des pêcheries des Grands Lacs. <http://www.glerl.noaa.gov/pubs/fulltext/2008/20080066.pdf>.

Diaz, R., M. Selman et C. Chique. 2011. *Global Eutrophic and Hypoxic Coastal Systems. Eutrophication and Hypoxia: Nutrient Pollution in Coastal Waters*.

- Institute, W.R., Washington, D.C docs.wri.org/wri\_eutrophic\_hypoxic\_data-set\_2011-03.xls.
- Dinshaw, F. 2015. « First Nations lead protest against pollution in Ontario's Chemical Valley ». *National Observer* 7 septembre. <http://www.nationalobserver.com/2015/09/07/news/first-nations-lead-protest-against-pollution-ontarios-chemical-valley>.
- Diskin, M., M.E. Rocca, K.N. Nelson, C.F. Aoki et W. Romme. 2011. « Forest developmental trajectories in mountain pine beetle disturbed forests of Rocky Mountain National Park, Colorado ». *Revue canadienne de recherche forestière* 41(4), 782-792. <http://digitalcommons.usu.edu/barkbeetles/243/>.
- Driedger, A.G.J., H.H. Dürr, K. Mitchell et P.Van Cappellen. 2015. « Plastic debris in the Laurentian Great Lakes: A review ». *Journal of Great Lakes Research* 41(1), 9-19. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.jglr.2014.12.020>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0380133015000064>.
- Driscoll, C.T., R.P. Mason, H.M. Chan, D.J. Jacob et N. Pirrone. 2013. « Mercury as a global pollutant: sources, pathways, and effects ». *Environmental Science & Technology* 47(10), 4967-4983. DOI : 10.1021/es305071v. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es305071v>.
- Drury, B., J. Scott, E.J. Rosi-Marshall et J.J. Kelly. 2013. « Triclosan exposure increases triclosan resistance and influences taxonomic composition of benthic bacterial communities ». *Environmental Science & Technology* 47(15), 8923-8930. [https://www.researchgate.net/publication/258029984\\_Triclosan\\_Exposure\\_Increases\\_Triclosan\\_Resistance\\_and\\_Influences\\_Taxonomic\\_Composition\\_of\\_Benthic\\_Bacterial\\_Communities](https://www.researchgate.net/publication/258029984_Triclosan_Exposure_Increases_Triclosan_Resistance_and_Influences_Taxonomic_Composition_of_Benthic_Bacterial_Communities).
- Dubrovsky, N.M., K.R. Burow, G.M. Clark, J.M. Gronberg, H. P.A., K.J. Hitt, D.K. Hitt, M.D. Munn, B.T. Nolan, L.J. Puckett et al. 2010. *The quality of our Nation's waters—Nutrients in the Nation's streams and groundwater, 1992–2004*. U.S. Geological Survey. <http://water.usgs.gov/nawqa/nutrients/pubs/circ1350>.
- Dunn, G., K. Bakker et L. Harris. 2014. « Drinking water quality guidelines across canadian provinces and territories: Jurisdictional variation in the context of decentralized water governance ». *Int J Environ Res Public Health* 11(5), 4634-4651. DOI : 10.3390/ijerph110504634. <http://www.mdpi.com/1660-4601/11/5/4634/pdf>.
- Earth Policy Institute. 2015. *Bike-sharing programs in the United States: 2007-2015*. [http://www.earth-policy.org/images/uploads/graphs\\_tables/update113\\_2007\\_2014.PNG](http://www.earth-policy.org/images/uploads/graphs_tables/update113_2007_2014.PNG).
- Eerkes-Medrano, D., R.C. Thompson et D.C. Aldridge. 2015. « Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs ». *Water Research* 75, 63-82. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.012>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135415000858>.
- Eilers, W., R. MacKay, L. Graham et A. Lefebvre. 2010. *L'agriculture écologique durable au Canada : série sur les indicateurs agroenvironnementaux*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2011/agr/A22-201-2010-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/agr/A22-201-2010-fra.pdf).
- El-Mashad, H.M., et R. Zhang. 2010. « Biogas production from co-digestion of dairy manure and food waste ». *Bioresource Technology* 10(11), 4021-4028. DOI : 10.1016/j.biortech.2010.01.027. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852410000842>.
- Elmqvist, T., H. Setälä, S.N. Handel, S. van der Ploeg, J. Aronson, J.N. Bignault, E. Gómez-Baggethun, D.J. Nowak, J. Kronenberg et R. de Groot. 2015. « Benefits of restoring ecosystem services in urban areas ». *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 101-108. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2015.05.001>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343515000433>.
- Emmerson, C., et G. Lahn. 2012. *Arctic opening: Opportunity and risk in the High North*. Lloyd's, London. <https://www.chathamhouse.org/sites/files/chathamhouse/public/Research/Energy%2C%20Environment%20and%20Development/0412arctic.pdf>.
- Environnement Canada et USEPA. 2014. *État des Grands Lacs 2011*. <http://binational.net/wp-content/uploads/2014/11/sogl-2011-technical-report-fr.pdf>.
- Environnement Canada. 2010. *Gestion de l'eau : Barrages et dérivations*. Environnement et Changement climatique Canada. <https://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=9D404A01-1>.
- Environnement Canada. 2012. *La base de données nationales sur la chimie atmosphérique (NAtChem) et le système d'analyse*. <http://www.ec.gc.ca/natchem/default.asp?lang=Fr&n=6562770F-1>.
- Environnement Canada. 2015a. *Facteurs et incidences des émissions de gaz à effet de serre*. Environnement Canada. <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr&n=D4C4DBAB-1>.
- Environnement Canada. 2015b. *Avis concernant la qualité de l'eau potable au Canada*. Environnement Canada. <http://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr&n=2C75C17A-1>.
- Environnement Canada. 2015c. *Prélèvement et consommation d'eau par secteur*. Environnement Canada. <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr&n=5736C951-1>.
- Environnement et Changement climatique Canada. 2016. *Deuxième rapport biennal du Canada sur les changements climatiques*. Environnement et Changement climatique Canada, Gatineau, QC. [https://www.ec.gc.ca/GES-GHG/02D095CB-BAB0-40D6-B7F0-828145249AF5/3001%20UNFCCC%202nd%20Biennial%20Report\\_f\\_v7\\_lowRes.pdf](https://www.ec.gc.ca/GES-GHG/02D095CB-BAB0-40D6-B7F0-828145249AF5/3001%20UNFCCC%202nd%20Biennial%20Report_f_v7_lowRes.pdf).
- Environnement et Changement climatique Canada. 2016a. *Concentrations ambiantes d'ozone*. <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr&n=9EBBCA88-1>.
- Environnement et Changement climatique Canada. 2016b. *Concentrations ambiantes de particules fines*. <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr&n=029BB000-1>.
- Environnement et Changement climatique Canada. 2016c. *Émissions d'oxydes de soufre*. <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr&n=402a9845-1>.
- Environnement et Changement climatique Canada. 2016d. *Émissions de polluants atmosphériques*. <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr&n=E79F4C12-1>.
- Environnement et Changement climatique Canada. 2016e. *Qualité de l'eau douce à l'échelle régionale dans les cours d'eau canadiens*. <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr&n=1C71AB61-1>.
- Eriksen, M., S. Mason, S. Wilson, C. Box, A. Zellers, W. Edwards, H. Farley et S. Amato. 2013. « Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes ». *Marine pollution bulletin* 77(1), 177-182. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X13006097>.
- Everett, L.M., H.P. Huntington et S.L. Pfirman. 2014. « The Arctic in the anthropocene: a report from the National Academy of Sciences ». *AGU Fall Meeting Abstracts* 1, 0392. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2014AGUFM.C43B0392E>.
- Ezer, T. 2015. « Detecting changes in the transport of the Gulf Stream and the Atlantic overturning circulation from coastal sea level data: The extreme decline in 2009–2010 and estimated variations for 1935–2012 ». *Global and Planetary Change* 129, 23-36. DOI : 10.1016/j.gloplacha.2015.03.002. [http://www.ccpo.ou.edu/~tezer/PAPERS/2015\\_GPC\\_AMOC\\_SL.pdf](http://www.ccpo.ou.edu/~tezer/PAPERS/2015_GPC_AMOC_SL.pdf).
- Famiglietti, J.S., et M. Rodell. 2013. « Water in the balance ». *Science* 340(6138), 1300-1301. DOI : 10.1126/science.1236460. <http://science.sciencemag.org/content/340/6138/1300.full>.
- FAO. 2009. *FAOSTAT: Produits par pays, blé*. FAO. <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>.
- FAO. 2014. *Disponibilité de l'eau douce – précipitations et ressources en eau renouvelables intérieures*. FAO. Organisation des Nations Unies pour



l'alimentation et l'agriculture, Rome. [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-IRWR\\_fra.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-IRWR_fra.pdf).

Farahbod, A.M., H. Kao, D.M. Walker et J.F. Cassidy. 2015. « Investigation of regional seismicity before and after hydraulic fracturing in the Horn River Basin, northeast British Columbia ». *Revue canadienne des sciences de la terre = Canadian Journal of Earth Sciences* 52(2), 112-122. <http://cjes.geoscienceworld.org/content/52/2/112.full>.

Fargione, J.E., T.R. Cooper, D.J. Flaspohler, J. Hill, C. Lehman, D. Tilman, T. McCoy, S. McLeod, E.J. Nelson et K.S. Oberhauser. 2009. « Bioenergy and Wildlife: Threats and Opportunities for Grassland Conservation ». *BioScience* 59(9), 767-777. DOI : 10.1525/bio.2009.59.9.8. <http://bioscience.oxfordjournals.org/content/59/9/767.abstract>.

Feely, R.A., S.C. Doney et S.R. Cooley. 2009. « Ocean acidification: present conditions and future changes in a high-CO<sub>2</sub> world ». *Oceanography* 22(4). DOI : <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2009.95>. [http://tos.org/oceanography/assets/docs/22-4\\_feely.pdf](http://tos.org/oceanography/assets/docs/22-4_feely.pdf).

FEMA. 2015. *Index of/MOTF/Hurricane\_Sandy*. U.S. Department of Homeland Security. [https://data.femadata.com/MOTF/Hurricane\\_Sandy/](https://data.femadata.com/MOTF/Hurricane_Sandy/).

Field, R., J. Soltis, M. McCarthy, S. Murphy et D. Montague. 2014. « Influence of oil and gas field operations on spatial and temporal distributions of atmospheric non-methane hydrocarbons and their effect on ozone formation in winter ». *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 14(17), 24943-24984. <http://www.atmos-chem-phys.net/15/3527/2015/acp-15-3527-2015.html>.

Flather, C.H. 2015. *Bird biodiversity in the wildland urban interface: Housing, protected areas, and bird community response*. United States Forest Service, Rocky Mountain Research Station. <http://www.fs.fed.us/rmrs/science-spotlights/bird-biodiversity-wildland-urban-interface>.

Flather, C.H., K.R. Wilson et S.A. Shriner. 2009. « Geographic approaches to biodiversity conservation: implications of scale and error to landscape planning ». In *Models for planning wildlife conservation in large landscapes*.

Focazio, M.J., D.W. Kolpin, K.K. Barnes, E.T. Furlong, M.T. Meyer, S.D. Zaugg, L.B. Barber et M.E. Thurman. 2008. « A national reconnaissance for pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the United States — II) Untreated drinking water sources ». *Science of The Total Environment* 402(2), 201-216. DOI : 10.1016/j.scitotenv.2008.02.021. [http://ac.els-cdn.com/S004896970800154X/1-s2.0-S004896970800154X-main.pdf?\\_tid=9e36e254-c3f3-11e5-bd29-00000aac3b5e&acdnat=1453788860\\_cb12bbbae9a85d-564628962794babe33](http://ac.els-cdn.com/S004896970800154X/1-s2.0-S004896970800154X-main.pdf?_tid=9e36e254-c3f3-11e5-bd29-00000aac3b5e&acdnat=1453788860_cb12bbbae9a85d-564628962794babe33).

Folger, P., et M. Tiemann. 2015. *Human-induced earthquakes from deep-well injection: A brief overview*. Congressional Research Service. <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/R43836.pdf>.

Forbes, B.C., F. Stammer, T. Kumpulac, N. Meschty, A. Pajunena et E. Kaarlejärvi. 2009. « High resilience in the Yamal-Nenets social-ecological system, West Siberian Arctic, Russia ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106(52), 22041-22048. DOI : 10.1073/pnas.0908286106. <http://www.pnas.org/content/106/52/22041.full>.

Ford, J., et L. Berrang-Ford. 2009. « Food security in Igloodik, Nunavut: an exploratory study ». *Polar Record* 45(3), 225-236. DOI : <http://dx.doi.org/10.1017/S0032247408008048>. <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=5794328&fileId=S0032247408008048> (Consulté en 2009).

Ford, J.D., et C. Furgal. 2009. « Foreword to the special issue: climate change impacts, adaptation and vulnerability in the Arctic ». *Polar Research* 28(1), 1-9. DOI : <http://dx.doi.org/10.1111/j.1751-8369.2009.00103.x>. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1751-8369.2009.00103.x/epdf>.

Ford, J.D., et T. Pearce. 2010. « What we know, do not know, and need to know about climate change vulnerability in the western Canadian Arctic: a systematic literature review ». *Environmental Research Letters* 5(1). DOI : 10.1088/1748-9326/5/1/014008. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/5/1/014008/pdf>.

*Forest Ecology and Management* 129(1-3), 227-235. DOI : [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00167-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00167-X). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811279900167X>.

Forman, R.T.T., et L.E. Alexander. 1998. « Roads and their major ecological effects ». *Annual review of ecology and systematics* 29(1998), 207-231. <http://www.jstor.org/stable/221707>.

Francis, J., et N. Skific. 2015. « Evidence linking rapid Arctic warming to mid-latitude weather patterns ». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 373(2045). DOI : 10.1098/rsta.2014.0170. <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/roypta/373/2045/20140170.full.pdf>.

Frank, R.A., J.W. Roy, G. Bickerton, S.J. Rowland, J.V. Headley, A.G. Scarlett, C.E. West, K.M. Peru, J.L. Parrott, F.M. Conly et al. 2014. « Profiling oil sands mixtures from industrial developments and natural groundwaters for source identification ». *Environmental Science & Technology* 48(5), 2660-70. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es500131k>.

Fry, M., D.J. Hoeinghaus, A.G. Ponette-González, R. Thompson et T.W. La Point. 2012. « Fracking vs faucets: balancing energy needs and water sustainability at urban frontiers ». *Environmental Science & Technology* 46(14), 7444-7445. <https://collab12.water.ca.gov/documents/18/333411/Fracking+and+Water+Sustainability.pdf>.

Fryberger, C. 2014. *Waste not, want not: Financing swine biogas projects in eastern North Carolina*. <http://www.ncgrowth.unc.edu/wp-content/uploads/2014/06/FinancingSwineBiogasInEasternNC.pdf>.

Fthenakis, V., et H.C. Kim. 2009. « Land use and electricity generation: A life-cycle analysis ». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13(6-7), 1465-1474. DOI : 10.1016/j.rser.2008.09.017. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032108001354>.

Gallegos, T.J., B.A. Varela, S.S. Haines et M.A. Engle. 2015. « Hydraulic fracturing water use variability in the United States and potential environmental implications ». *Water Resources Research* 51(7), 5839-5845. DOI : 10.1002/2015WR017278. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2015WR017278/full>.

Galloway, G. 2014. *Conservationists Appalled After Ottawa Raises Atlantic Bluefin Tuna Quota*. The Globe and Mail. <http://www.theglobeandmail.com/news/national/conservationists-pan-increase-in-atlantic-bluefin-tuna-catch/article21613113/2015>.

Galloway-McLean, K. 2010. *Advance guard: climate change impacts, adaptation, mitigation and indigenous peoples: a compendium of case studies*. United Nations University, Darwin, NT.

Garfin, G., G. Franco, H. Blanco, A. Comrie, P. Gonzalez, T. Piechota, R. Smyth et R. Waskom. 2014. « Southwest ». In *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. Melillo, J.M., T. Richmond et G.W. Yohe (dir. de publ.), chapitre 20, 462 - 486. <http://nca2014.globalchange.gov/report/regions/southwest>.

Gavier-Pizarro, G.I., V.C. Radeloff, S.I. Stewart, C.D. Huebner et N.S. Keuler. 2010. « Housing is positively associated with invasive exotic plant species richness in New England, USA ». *Ecological Applications* 20(7), 1913-1925. DOI : 10.1890/09-2168.1. <http://dx.doi.org/10.1890/09-2168.1> (Consulté le 8 octobre 2015).

Gearheard, S., C. Aporta, G. Aipellee et K. O'Keefe. 2011. « The Igluiniit project: Inuit hunters document life on the trail to map and monitor arctic change ». *Le Géographe canadien* 55(1), 42-55. DOI : 10.1111/j.1541-0064.2010.00344.x. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-0064.2010.00344.x>.

Gedan, K.B., B.R. Silliman et M.D. Bertness. 2009. « Centuries of Human-Driven Change in Salt Marsh Ecosystems ». *Annual Review of Marine Science* 1(1), 117-141. DOI : 10.1146/annurev.marine.010908.163930. <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.marine.010908.163930>.

- Gerrard, J., et G. Bortolotti. 2014. *The Bald Eagle: Haunts and Habitats of a Wilderness Monarch*. Smithsonian Books, Washington, D.C. [http://www.amazon.com/Bald-Eagle-Haunts-Wilderness-Monarch/dp/0874744512/ref=tmm\\_pap\\_title\\_o?\\_encoding=UTF8&qid=8&sr=](http://www.amazon.com/Bald-Eagle-Haunts-Wilderness-Monarch/dp/0874744512/ref=tmm_pap_title_o?_encoding=UTF8&qid=8&sr=)
- Gilg, O., K.M. Kovacs, J. Aars, J. Fort, G. Gauthier, D. Grémillet, R.A. Ims, H. Meltofte, J. Moreau, E. Post *et al.* 2012. « Climate change and the ecology and evolution of Arctic vertebrates ». *Annals of the New York Academy of Sciences* 1249(5946), 1355. DOI : 10.1111/j.1749-6632.2011.06412.x. [http://biogeosciences.u-bourgogne.fr/documents/articles\\_pdf/2012\\_Gilg\\_Annal.pdf](http://biogeosciences.u-bourgogne.fr/documents/articles_pdf/2012_Gilg_Annal.pdf).
- Gillis, J. 2015. « California drought is made worse by global warming, scientists say ». *New York Times* 20 août. <http://goo.gl/LsmbTV>.
- GLFC. 2015. *Fish management: The fishery*. Commission des pêcheries des Grands Lacs. <http://www.glfcc.org/fishgmt/>.
- Global Ecology and Biogeography* 13(3), 209-219. DOI : 10.1111/j.1466-822X.2004.00093.x. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1466-822X.2004.00093.x>.
- Gobler, C.J., E.L. DePasquale, A.W. Griffith et H. Baumann. 2014. « Hypoxia and acidification have additive and synergistic negative effects on the growth, survival, and metamorphosis of early life stage bivalves ». *PLoS ONE* 9(1). DOI : 10.1371/journal.pone.0083648. <http://journals.plos.org/plosone/article/asset?id=10.1371%2Fjournal.pone.0083648.PDF>.
- Godfray, H.C.J., T. Blacquière, L.M. Field, R.S. Hails, G. Petrokofsky, S.G. Potts, N.E. Raine, A.J. Vanbergen et A.R. McLean. 2014. « A restatement of the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators ». *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 281(1786). DOI : 10.1098/rspb.2014.0558. <http://rspb.royalsocietypublishing.org/royprsb/281/1786/2014.0558.full.pdf>.
- Goodell, J. 2010. « Coal's Toxic Sludge. It's deadly, barely regulated, and everywhere. Can Obama crack down on America's second-biggest river of industrial waste? ». *Rolling Stone Magazine*, 17 mars. *Rolling Stone Magazine*. <http://www.rollingstone.com/politics/news/coal-toxic-sludge-20100317>.
- Gouvernement du Canada. 2011. *Cadre stratégique fédéral sur l'adaptation*. Environnement Canada, Gatineau, QC. <http://www.climatechange.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=10FEC20C-1>.
- Gouvernement du Canada. 2014. *Rapport d'inventaire national du Canada à la CCNUCC de 2014*. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_sub\\_missions/items/R108.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_sub_missions/items/R108.php).
- Gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada. 2010. *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010*. Conseil canadien des ministres des ressources, Ottawa, ON. [http://www.biodivcanada.ca/A519F000-8427-4F8C-9521-8A95AE287753/FR\\_Biodiversité\\_canadienne\\_COMPLET.pdf](http://www.biodivcanada.ca/A519F000-8427-4F8C-9521-8A95AE287753/FR_Biodiversité_canadienne_COMPLET.pdf).
- Graf, W.L., E. Wohl, T. Sinha et J.L. Sabo. 2010. « Sedimentation and sustainability of western american reservoirs ». *Water Resources Research* 46(12). <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009WR008836/pdf>.
- Grant, S. 2014. « Securing tar sands circulation: risk, affect, and anticipating the Line 9 reversal ». *Environment and Planning D: Society and Space* 32(6), 1019-1035. DOI : 10.1068/d13144p. <http://epd.sagepub.com/content/32/6/1019.abstract>.
- Gray, D.K., et S.E. Arnott. 2009. « Recovery of acid damaged zooplankton communities: measurement, extent, and limiting factors ». *Environmental Reviews* 17(NA), 81-99. <http://connection.ebscohost.com/c/articles/47992535/recovery-acid-damaged-zooplankton-communities-measurement-extent-limiting-factors>.
- Grenfell, T.C., et Putkonen. 2008. « A method for the detection of the severe rain-snow event on Banks Island, October 2003, using passive microwave remote sensing ». *Water Resources Research* 44(3). DOI : 10.1029/2007WR005929. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2007WR005929/full>.
- Grosholz, E., et G. Ruiz. 1995. « Spread and potential impact of the recently introduced European green crab, *Carcinus maenas*, in central California ». *Marine Biology* 122(2), 239-247. DOI : 10.1007/BF00348936. <http://link.springer.com/articl e/10.1007%2FBF00348936?page=1>.
- Haddad, N.M., L.A. Brudvig, J. Clobert, K.F. Davies, A. Gonzalez, R.D. Holt, T.E. Lovejoy, J.O. Sexton, M.P. Austin, C.D. Collins *et al.* 2015. « Habitat fragmentation and its lasting impact on earth's ecosystems ». *Science Advances* 1(2). DOI : 10.1126/sciadv.1500052. <http://advances.sciencemag.org/advances/1/2/e1500052.full.pdf>.
- Haile, R.W., J.S. Witte, M. Gold, R. Cressey, C. McGee, R.C. Millikan, A. Glasser, N. Harawa, C. Ervin, P. Harmon *et al.* 1999. « The health effects of swimming in ocean water contaminated by storm drain runoff ». *Epidemiology* 10(4), 355-363. DOI : 10.1097/0001648-199907000-00004. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10401868>.
- Halden, R.U. 2015. « Epistemology of contaminants of emerging concern and literature meta-analysis ». *Journal of hazardous materials* 282, 2-9. DOI : 10.1016/j.jhazmat.2014.08.074. <https://asu.pure.elsevier.com/en/publications/epistemology-of-contaminants-of-emerging-concern-and-literature-m>.
- Hansen, M.C., S.V. Stehman et P.P.V. 2010. « Quantification of global gross forest cover loss ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(19). DOI : 10.1073/pnas.0912668107. <http://www.pnas.org/content/107/19/8650.full.pdf>.
- Hansen, A., K.T. Anderson et T.E. Finger. 2004. « Differential distribution of olfactory receptor neurons in goldfish: structural and molecular correlates ». *Journal of Comparative Neurology* 477(4), 347-359. DOI : 10.1002/cne.20202. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15329885>.
- Hansen, B.B., R. Aanes, I. Herfindal, J. Kohler et B.-E. Sæther. 2011. « Climate, icing, and wild arctic reindeer: past relationships and future prospects ». *Ecology* 92(10), 1917-1923. DOI : 10.1890/11-0095.1. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/11-0095.1/full>.
- Hansen, B.B., V. Grøtøan, R. Aanes, B.-E. Sæther, A. Stien, E. Fuglei, R.A. Ims, N.G. Yoccoz et Å.Ø. Pedersen. 2013. « Climate events synchronize the dynamics of a resident vertebrate community in the high Arctic ». *Science* 339(6117), 313-315. <http://science.sciencemag.org/content/339/6117/313.full-text.pdf+html>.
- Hansen, E.M. 2014. « Forest development and carbon dynamics after mountain pine beetle outbreaks ». *Forest Science* 60(3), 476-488. DOI : <http://dx.doi.org/10.5849/Forsci.13-039>. [http://www.usu.edu/beetle/documents/2/2014-Hansen\\_Forest%20Dev%20and%20Carbon.pdf](http://www.usu.edu/beetle/documents/2/2014-Hansen_Forest%20Dev%20and%20Carbon.pdf).
- Hansen, J.A., J.D. Rose, R.A. Jenkins, K.G. Gerow et H.L. Bergman. 1999. « Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to copper: Neurophysiological and histological effects on the olfactory system ». *Environmental Toxicology and Chemistry* 18(9), 1979-1991. DOI : 10.1002/etc.5620180917. <http://dx.doi.org/10.1002/etc.5620180917>.
- Hansen, M. 2010. « The Asian Carp Threat to the Great Lakes ». Déclaration au Comité de la Chambre sur les transports et les infrastructures, sous-comité sur les ressources en eau et l'environnement. *House Committee on Transportation and Infrastructure, Subcommittee on Water Resources and Environment* 8. [www.glfcc.org/fishgmt/Hansen\\_testimony\\_aisancarp.pdf](http://www.glfcc.org/fishgmt/Hansen_testimony_aisancarp.pdf).
- Harper, K.A., S.E. MacDonald, P.J. Burton, J. Chen, K.D. Brososke, S.C. Saunders, E.S. Euskirchen, D. Roberts, M.S. Jaitoh et P.-A. Esseen. 2005. « Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes ». *Conservation Biology* 19(3), 768-782. doi: 10.1111/j.1523-1739.2005.00045.x <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.2005.00045.x/pdf>.
- Hatfield, J., R. Cruse et M. Tomer. 2013. « Convergence of agricultural intensification and climate change in the Midwestern United States: implications for soil and water conservation ». *Marine and Freshwater Research* 64(5), 423-435. DOI : <http://dx.doi.org/10.1071/MF12164>. [http://www.publish.csiro.au/?act=view\\_file&file\\_id=MF12164.pdf](http://www.publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=MF12164.pdf).
- Hay, C.C., E. Morrow, R.E. Kopp et J.X. Mitrovica. 2015. « Probabilistic reanalysis of twentieth-century sea-level rise ». *Nature* 517(7535), 481-484. DOI : 10.1038/

- nature14093. <http://www.nature.com/nature/journal/v517/n7535/full/nature14093.html>.
- Hoegh-Guldberg, O. 1999. « Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs ». *Marine and Freshwater Research* 50(8), 839-866. [ftp://ftp.unc.edu/pub/marine/bruno/Bleaching%20attribution%20papers/Hoegh-Guldberg\\_1999%20copy.pdf](ftp://ftp.unc.edu/pub/marine/bruno/Bleaching%20attribution%20papers/Hoegh-Guldberg_1999%20copy.pdf).
- Hofmann, N. 2001. « Urbanisation des terres agricoles ». *Bulletin d'analyse Régions rurales et petites villes du Canada* 3, 2. Statistique Canada. <http://publications.gc.ca/Collection/Statcan/21-006-X/21-006-XIF2001002.pdf>.
- Hofmann, N., G. Filoso et M. Schofield. (2005. « Les pertes de terres agricoles cultivables au Canada ». *Bulletin d'analyse Régions rurales et petites villes du Canada*, 6, 1 19 p. Statistique Canada. <http://publications.gc.ca/collections/Collection/Statcan/21-006-X/21-006-XIF2005001.pdf>.
- Holland, A.A. 2013. « Earthquakes triggered by hydraulic fracturing in south-central Oklahoma ». *Bulletin of the Seismological Society of America* 103(3), 1784-1792. DOI : 10.1785/0120120109. [ftp://seis.es.uwo.ca/pub/ktiampou/Rachele/Inducedseismicity\\_diffusion.pdf](ftp://seis.es.uwo.ca/pub/ktiampou/Rachele/Inducedseismicity_diffusion.pdf).
- Holland, D.M., R.H. Thomas, B. de Young, M.H. Ribergaard et B. Lyberth. 2008. « Acceleration of Jakobshavn Isbrae triggered by warm subsurface ocean waters ». *Nature Geoscience* 1, 659-664. DOI : 10.1038/ngeo0316. <http://www.nature.com/ngeo/journal/v1/n10/pdf/ngeo0316.pdf>.
- Homer, C., J. Dewitz, L. Yang, S. Jin, P. Danielson, G. Xian, J. Coulston, N. Herold, J. Wickham et K. Megown. 2015. « Completion of the 2011 National Land Cover Database for the Conterminous United States—Representing a Decade of Land Cover Change Information ». *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 81(5), 345-354. [http://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_Report.cfm?dirEntryId=309950&CFID=51755825&CFTOKEN=78214362](http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?dirEntryId=309950&CFID=51755825&CFTOKEN=78214362).
- Horton, R., C. Little, V. Gornitz, D. Bader et M. Oppenheimer. 2015. « New York City Panel on Climate Change 2015 report Chapter 2: sea level rise and coastal storms ». *Annals of the New York Academy of Sciences* 1336, 36-44. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nyas.12593/epdf>.
- Horwitz, P., C. Kretsch, A. Jenkins, A. Abdul Hamid, A. Burls, K. Campbell, M. Carter, W. Henwood, R. Lovell, L.C. Malone-Lee, T. McCreanor, H. Moewaka-Barnes, R.A. Montenegro, M. Parkes, J. Patz, J.J. Roe, C. Romanelli et K. Sittisintikul, C. Stephens, M. Townsend et P.Wright. 2015. « Contribution of biodiversity and green spaces to mental and physical fitness, and cultural dimensions of health ». In *Connecting Global Priorities, Biodiversity and Human Health, a State of Knowledge Review*. World Health Organization & Convention on Biological Diversity, chapitre 12, 276. <https://www.cbd.int/health/SOK-biodiversity-en.pdf>.
- Howarth, R.W., R. Santoro et A. Ingraffea. 2011. « Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations ». *Climatic Change* 106(4), 679-690. DOI : 10.1007/s10584-011-0061-5. <http://www.acsf.cornell.edu/Assets/ACSF/docs/attachments/Howarth-EtAl-2011.pdf>.
- Howarth, M., S. Crimp et R. Nelson. 2010. « Australian agriculture in a climate of change ». In *Managing Climate Change: Papers from Greenhouse 2009 Conference*. Jubb, I., P. Holper et W. Cai (dir. de publ.). CSIRO Publishing, Melbourne, chapitre 9, 101-111. [http://www.ipcc-wg2.gov/njlite\\_download2.php?id=7744](http://www.ipcc-wg2.gov/njlite_download2.php?id=7744).
- Howell, S.G., A.D. Clarke, S. Freitag, C.S. McNaughton, V. Kapustin, V. Brekovich, J.L. Jimenez et M.J. Cubison. 2014. « An airborne assessment of atmospheric particulate emissions from the processing of Athabasca oil sands ». *Atmospheric Chemistry and Physics* 14(10), 5073-5087. DOI : 10.5194/acp-14-5073-2014. <http://www.atmos-chem-phys.net/14/5073/2014/acp-14-5073-2014.pdf>.
- Howitt, R., D. MacEwan, J. Medellin-Azuara, J. Lund et D. Sumner. 2015. *Economic analysis of the 2015 drought for California agriculture*. Center for Watershed Sciences, University of California, California. [https://watershed.ucdavis.edu/files/biblio/Final\\_Drought%20Report\\_08182015\\_Full\\_Report\\_With\\_Appendices.pdf](https://watershed.ucdavis.edu/files/biblio/Final_Drought%20Report_08182015_Full_Report_With_Appendices.pdf).
- Hrudev, S.E. 2008. « Votre eau potable est-elle salubre? Tout dépend de l'endroit où vous vivez! ». *Journal de l'Association médicale canadienne* 178(8), 977. DOI : 10.1503/cmaj.080374.CMAJ. <http://www.cmaj.ca/content/178/8/977.full>.
- Huijser, M.P., P. McGowan, A. Hardy, A. Kocielek, A.P. Clevenger, D. Smith et R. Ament. 2008. *Wildlife-vehicle collision reduction study: Report to Congress*. Federal Highway Administration, Washington, DC. [http://www.peopleswaywildlifecrossings.org/images/crossingstructures/documents/Huijseretal\\_2008\\_wildlife\\_vehicle\\_collision\\_reduction\\_study\\_report\\_to\\_congress.pdf](http://www.peopleswaywildlifecrossings.org/images/crossingstructures/documents/Huijseretal_2008_wildlife_vehicle_collision_reduction_study_report_to_congress.pdf).
- Hull, R.N., S. Kleywegt et J. Schroeder. 2015. « Risk-based screening of selected contaminants in the Great Lakes Basin ». *Journal of Great Lakes Research* 41(1), 238-245. DOI : 10.1016/j.jglr.2014.11.013. [http://ac.els-cdn.com/S038013301400238X/1-s2.0-S038013301400238X-main.pdf?\\_tid=c72a6bee-c435-11e5-adda-00000aacb361&acdnat=1453817275\\_d5aea23bd52c5cdb03b93d-d4b71e1d7](http://ac.els-cdn.com/S038013301400238X/1-s2.0-S038013301400238X-main.pdf?_tid=c72a6bee-c435-11e5-adda-00000aacb361&acdnat=1453817275_d5aea23bd52c5cdb03b93d-d4b71e1d7).
- Huntington, H.P., et S. Pfirmann (dir. de publ.). 2014. *The Arctic in the Anthropocene: emerging research questions*. Committee on Emerging Research Questions in the Arctic, Polar Research Board, Division on Earth and Life Studies and National Research Council. [http://www.nap.edu/download.php?record\\_id=18726#](http://www.nap.edu/download.php?record_id=18726#).
- Huntington, H.P., L.C. Hamilton, C. Nicolson, R. Brunner, A. Lynch, A.E.J. Ogilvie et A. Voinov. 2007. « Toward understanding the human dimensions of the rapidly changing arctic system: insights and approaches from five HARC projects ». *Regional Environmental Change* 7(4), 173-186. DOI : 10.1007/s10113-007-0038-0. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-007-0038-0>.
- IEA. 2015. *Projected costs of generating electricity*. Agence internationale de l'énergie, Paris. [https://www.iea.org/bookshop/711-Projected\\_Costs\\_of\\_Generating\\_Electricity](https://www.iea.org/bookshop/711-Projected_Costs_of_Generating_Electricity).
- IPCC. 2011. « Summary for policymakers ». In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer et al. (dir. de publ.). Cambridge University Press, Cambridge. [http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC\\_SRREN\\_SPM.pdf](http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_SPM.pdf).
- IPCC. 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., D. Qin, G.-K. Plattner, M.M.B. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley (dir. de publ.). Cambridge University Press, Cambridge and New York, NY. [http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_ALL\\_FINAL.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf).
- IPCC. 2014a. *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*. Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Ebi, R.C. Genova et al. (dir. de publ.). Cambridge University Press, Cambridge. [http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIAR5-PartA\\_FINAL.pdf](http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIAR5-PartA_FINAL.pdf).
- IPCC. 2014b. « Summary for policymakers ». 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., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier et al. (dir. de publ.). Cambridge University Press, Cambridge. [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_summary\\_for-policymakers.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_summary_for-policymakers.pdf).
- IRENA. 2015. *Renewable energy prospects: United States of America: REmap 2030 analysis*. International Renewable Energy Agency. [http://www.irena.org/remap/IRENA\\_REmap\\_USA\\_report\\_2015.pdf](http://www.irena.org/remap/IRENA_REmap_USA_report_2015.pdf).
- IRENA. 2015. *Renewable power generation costs in 2014*. International Renewable Energy Agency. [http://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena\\_re\\_power\\_costs\\_2014\\_report.pdf](http://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_re_power_costs_2014_report.pdf).



- IUCN. 2015. *The IUCN Red List of Threatened Species*. International Union for Conservation of Nature. <http://www.iucnredlist.org/details/22823/0>.
- Iverson, L.R., A.M. Prasad, S.N. Matthews et M. Peters. 2008. « Estimating potential habitat for 134 eastern US tree species under six climate scenarios ». *Forest Ecology and Management* 254(3), 390–406. DOI : 10.1016/j.foreco.2007.07.023. <http://www.treesearch.fs.fed.us/pubs/download/13412.pdf>.
- Iverson, L.R., M.W. Schwartz et A.M. Prasad. 2004. « How fast and far might tree species migrate in the eastern United States due to climate change? ». Jackson, K.T. 1985. *Crabgrass frontier: The suburbanization of the United States*. Oxford University Press (Jackson1985).
- Jackson, T. 2014. « Sustainable consumption ». In *Handbook of sustainable development*, chapitre 18, 279–290. <http://www.elgaronline.com/view/9781782544692.00029.xml>.
- Jambeck, J.R., R. Geyer, C. Wilcox, T.R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan et K.L. Law. 2015. « Plastic waste inputs from land into the ocean ». *Science* 347(6223), 768–771. <http://science.sciencemag.org/content/347/6223/768.full-text.pdf+html>.
- Jardine, A., R. Merideth, M. Black et S. LeRoy. 2013. *Assessment of climate change in the southwest United States: A report prepared for the National Climate Assessment*. National Climate Assessment Regional Technical Input Report Series. Southwest Climate Alliance, Washington, DC. <http://swccar.org/sites/all/themes/files/SW-NCA-color-FINALweb.pdf>.
- Jeziorski, A., A.J. Tanentzap, N.D. Yan, A.M. Paterson, M.E. Palmer, J.B. Korosi, J.A. Rusak, M.T. Arts, W.B. Keller et R. Ingram. 2015. « The jellification of north temperate lakes ». *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 282(1798), 20142449. <http://rspb.royalsocietypublishing.org/>.
- Jiao, W., G.S.W. Hagler, R.W. Williams, R.N. Sharpe, L. Weinstock et J. Rice. 2015. « Field assessment of the village green project: An autonomous community air quality monitoring system ». *Environmental Science & Technology* 49(10), 6085–6092. DOI : <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.5b01245>. [https://www.researchgate.net/profile/Wan\\_Jiao/publication/275358666\\_Field\\_Assessment\\_of\\_the\\_Village\\_Green\\_Project\\_An\\_Autonomous\\_Community\\_Air\\_Quality\\_Monitoring\\_System/links/56215f6208ae70315b58cd81.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Wan_Jiao/publication/275358666_Field_Assessment_of_the_Village_Green_Project_An_Autonomous_Community_Air_Quality_Monitoring_System/links/56215f6208ae70315b58cd81.pdf).
- Johnson, W.E., D.P. Onorato, M.E. Roelke, E.D. Land, M. Cunningham, R.C. Belden, R. McBride, D. Mansen, M. Lotz et D. Shindle. 2010. « Genetic restoration of the Florida panther ». *Science* 329(5999), 1641–1645. DOI : 10.1126/science.119289. <http://science.sciencemag.org/content/329/5999/1641>.
- Johnston, C. 2013. « Personal grooming products may be harming great lakes marine life ». *Scientific American*, 25 June. <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=microplastic-pollution-in-the-great-lakes>.
- Joly, K., R.R. Jandt et D.R. Klein. 2009. « Decrease of lichens in Arctic ecosystems: the role of wildfire, caribou, reindeer, competition and climate in north-western Alaska ». *Polar Research* 28(3), 433–442. DOI : 10.1111/j.1751-8369.2009.00113.x. <http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/doi/10.1111/j.1751-8369.2009.00113.x>.
- Jordaan, S.M. 2012. « Land and water impacts of oil sands production in Alberta ». *Environmental Science and Technology* 46(7), 3611–3617. [https://www.researchgate.net/profile/Sarah\\_Jordaan/publication/221860406\\_Land\\_and\\_water\\_impacts\\_of\\_oil\\_sands\\_production\\_in\\_Alberta/links/0c960533713de6be30000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sarah_Jordaan/publication/221860406_Land_and_water_impacts_of_oil_sands_production_in_Alberta/links/0c960533713de6be30000000.pdf).
- Karesh, W., et P. Formenty. 2015. « Infectious Diseases ». In *Connecting Global Priorities, Biodiversity and Human Health, a State of Knowledge Review*. Organisation mondiale de la santé et Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, Genève et Montréal. <https://www.cbd.int/health/SOK-biodiversity-en.pdf>.
- Kates, R.W., W.R. Travis et T.J. Wilbanks. 2012. « Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(19), 7156–7161. <http://www.pnas.org/content/109/19/7156.full>.
- Kattsov, V.M., V.E. Ryabinin, J.E. Overland, M.C. Serreze, M. Visbeck, J.E. Walsh, W. Meier et X. Zhang. 2010. « Arctic sea-ice change: a grand challenge of climate science ». *Journal of Glaciology* 56(200), 1115–1121. <http://oceanrep.geomar.de/11657/1/Arctic.pdf>.
- Kayes, L.J., et D.B. Tinker. 2012. « Forest structure and regeneration following a mountain pine beetle epidemic in southeastern Wyoming ». *Forest Ecology and Management* 263, 57–66. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112711005949>.
- Keller, R., et C. Perrings. 2010. « International policy options to reduce the harmful impacts of alien invasive species ». *UNEP Ecosystem Services Economics Working Papers*, Janvier. UNEP 33. [http://www.diversitas-international.org/resources/outreach/KellerPerrings\\_2010\\_UNEPpolicybriefinvasivespecies.pdf](http://www.diversitas-international.org/resources/outreach/KellerPerrings_2010_UNEPpolicybriefinvasivespecies.pdf).
- Kelly, R., S. Burns, M. Wackernagel et L. Flores. 2015. *State of the states: A new perspective on the wealth of our nation*. Global Footprint Network. <http://cdn1.footprintnetwork.org/USAFootprintReport.pdf>.
- Kenny, J.F., N.L. Barber, S.S. Hutson, K.S. Linsey, J.K. Lovelace et M.A. Maupin. 2009. *Estimated use of water in the United States in 2005*. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia. <http://pubs.usgs.gov/circ/c1344/pdf/c1344.pdf>.
- Keranen, K.M., H.M. Savage, G.A. Abers et E.S. Cochran (2013). « Potentially induced earthquakes in Oklahoma, USA: Links between wastewater injection and the 2011 Mw 5.7 earthquake sequence ». *Geology* 41(6), 699–702. DOI : 10.1130/G34045.1. [http://profile.usgs.gov/myscience/upload\\_folder/ci-2013May3015351271984Keranen%20etal%20Geology%202013.pdf](http://profile.usgs.gov/myscience/upload_folder/ci-2013May3015351271984Keranen%20etal%20Geology%202013.pdf).
- Keranen, K.M., M. Weingarten, G.A. Abers, B.A. Bekins et S. Ge. (2014). « Sharp increase in central Oklahoma seismicity since 2008 induced by massive wastewater injection ». *Science* 345(6195), 448–451. <https://perswww.kuleuven.be/~u0011680/DagbladvanhetNoorden/Keranenetal2014-Oklahomainduced-Seismicity.pdf>.
- Khan, S.A., K.H. Kjær, M. Bevis, J.L. Bamber, J. Wahr, K.K. Kjeldsen, A.A. Bjørk, N.J. Korsgaard, L.A. Stearns, M.R. van den Broeke et al. 2014. « Sustained mass loss of the northeast Greenland ice sheet triggered by regional warming ». *Nature Climate Change* 4(4), 292–299. DOI : 10.1038/nclimate2161. [http://www.staff.science.uu.nl/~broeke112/home.php\\_files/Publications\\_Mvdb/2014\\_Khan\\_NatVV\\_SOM.pdf](http://www.staff.science.uu.nl/~broeke112/home.php_files/Publications_Mvdb/2014_Khan_NatVV_SOM.pdf).
- Kidd, K.A., M.J. Paterson, M.D. Rennie, C.L. Podemski, D.L. Findlay, P.J. Blanchfield et K. Liber. 2014. « Direct and indirect responses of a freshwater food web to a potent synthetic oestrogen ». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 369(1656), 1–11. DOI : 10.1098/rstb.2013.0578. <http://rstb.royalsocietypublishing.org/roytbp/369/1656/20130578.full.pdf>.
- Kimbrough, K.L., W.E. Johnson, G.G. Lauenstein, J.D. Christensen et D.A. Apeti. 2008. *An assessment of two decades of contaminant monitoring in the nation's coastal zone*. NOAA national status & trends: Mussel Watch Program. United States National Ocean Service, Silver Spring, MD. <http://aquaticcom-mons.org/2232/1/MWTwoDecades.pdf>.
- King, D.I., et R.M. Degraaf. 2000. « Bird species diversity and nesting success in mature, clearcut and shelterwood forest in northern New Hampshire, USA ». *Forest Ecology and Management* 129(1–3), 227–235. DOI : [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00167-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00167-X) <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811279900167X>.
- King, R.S., J.R. Beaman, D.F. Whigham, A.H. Hines, M.E. Baker et D.E. Weller. 2004. « Watershed land use is strongly linked to PCBs in white perch in Chesapeake Bay subestuaries ». *Environmental Science & Technology* 38(24), 6546–6552. <http://faculty.jsd.claremont.edu/emorhardt/159/pdfs/2006/King.pdf>.
- Kling, G.W., K. Hayhoe, L.B. Johnson, J.J. Magnuson, S. Polasky, S.K. Robinson, B.J. Shuter, M.W. Wander, D.J. Wuebbles, D.R. Zak et al. 2003. *Confronting Climate Change in the Great Lakes Region. Impacts on our Communities and Ecosystems*. Union of concerned scientists, Cambridge, Massachusetts, Ecological Society of America, Washington, D.C. <http://www.ucsusa.org/sites/>

- default/files/legacy/assets/documents/global\_warming/greatlakes\_final.pdf.
- Kolpin, D., E. Furlong, M. Meyer, E.M. Thurman, S. Zaugg, L. Barber et H. Buxton. 2002. « Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in US streams, 1999-2000: A national reconnaissance ». *Environmental Science & Technology* 36(6), 1202-1211. <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1064&context=usgsstaffpub>.
- Kosten, S., V.L. Huszar, E. Bécares, L.S. Costa, E. Donk, L.A. Hansson, E. Jeppesen, C. Kruk, G. Lacerot et N. Mazzeo. 2012. « Warmer climates boost cyanobacterial dominance in shallow lakes ». *Global Change Biology* 18(1), 118-126. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2011.02488.x/abstract>.
- Kramer, M.G. 2013. *Our Built and Natural Environments: A Technical Review of the Interactions Among Land Use, Transportation, and Environmental Quality*. United States Environmental Protection Agency., Washington, DC: U.S. <http://www.epa.gov/smartgrowth/our-built-and-natural-environments>.
- Kroeker, K.J., R.L. Kordas, R.N. Crim et G.G. Singh. 2010. « Meta-analysis reveals negative yet variable effects of ocean acidification on marine organisms ». *Ecology Letters* 13(11), 1419-1434. [https://www.researchgate.net/profile/Kristy\\_Kroeker/publication/47499553\\_Kroeker\\_K\\_J\\_Kordas\\_R\\_L\\_Singh\\_G\\_G\\_Meta-analysis\\_reveals\\_negative\\_yet\\_variable\\_effects\\_of\\_ocean\\_acidification\\_on\\_marine\\_organisms\\_Ecology\\_Letters/links/09e4150181a5befa3d000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Kristy_Kroeker/publication/47499553_Kroeker_K_J_Kordas_R_L_Singh_G_G_Meta-analysis_reveals_negative_yet_variable_effects_of_ocean_acidification_on_marine_organisms_Ecology_Letters/links/09e4150181a5befa3d000000.pdf).
- Krupnick, A., S. Campbell, M.A. Cohen et I.W.H. Parry. 2011. *Understanding the costs and benefits of deepwater oil drilling regulation*. Washington, DC. <http://www.rff.org/files/sharepoint/WorkImages/Download/RFF-DP-10-62.pdf>.
- Ku'ulei, S.R., P.L. Jokiel, E.K. Brown, S. Hau et R. Sparks. 2015. « Over a decade of change in spatial and temporal dynamics of Hawaiian coral reef communities ». *Pacific Science* 69(1). [https://pacificscience.files.wordpress.com/2014/05/paccsci\\_earlyview\\_69-1-1.pdf](https://pacificscience.files.wordpress.com/2014/05/paccsci_earlyview_69-1-1.pdf).
- Lambert, G. 2009. « Adventures of a sea squirt sleuth: unraveling the identity of *Didemnum vexillum*, a global ascidian invader ». *Aquatic Invasions* 4(1), 5-28. DOI : 10.3391/ai. [http://www.aquaticinvasions.net/2009/AI\\_2009\\_4\\_1-Lambert.pdf](http://www.aquaticinvasions.net/2009/AI_2009_4_1-Lambert.pdf).
- Langham, G.M., J.G. Schuertz, T. Distler, C.U. Soykan et C. Wilsey. 2015. « Conservation status of North American birds in the face of future climate change ». *PLoS ONE* 10(9). DOI : 10.1371/journal.pone.0135350. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0135350>.
- Lark, T.J., J.M. Salmon et H.K. Gibbs. 2015. « Cropland expansion outpaces agricultural and biofuel policies in the United States ». *Environmental Research Letters* 10(4). DOI : 10.1088/1748-9326/10/4/044003.
- Larsen, C.F., E.W. Burgess, A. Arendt, S.R. O'Neel, A. J. Johnson et C. Kienholz. 2015. « Surface melt dominates Alaska glacier mass balance ». *Geophysical Research Letters* 42, 5902-5908. DOI : 10.1002/2015GL064349. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2015GL064349/abstract>.
- Larsen, J.N., O.A. Anisimov, A. Stone, A.B. Hollowed, N.G. Maynard, P. Prestrud, T.D. Prowse et J.M.R. Stone. 2014. « Polar regions ». In *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*. Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova et al. (dir. de publ.). Cambridge University Press, Cambridge, chapitre 28, 1567-1612. [https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGI-IAR5-Chap28\\_FINAL.pdf](https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGI-IAR5-Chap28_FINAL.pdf).
- Larson, E.L., S.X. Lin, C. Gomez-Pichardo et P.Della-Latta. 2004. « Effect of antibacterial home cleaning and handwashing products on infectious disease symptoms: a randomized, double-blind trial ». *Annals of internal medicine* 140(5), 321-329. <http://annals.org/article.aspx?articleid=717252>.
- Latifovic, R., et D. Pouliot. 2005. « Multitemporal land cover mapping for Canada: methodology and products ». *Journal canadien de télédétection* 31(5), 347-363. DOI : 10.5589/m05-019. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.5589/m05-019#hRocDovL3d3dy5oYW5kZm9ubGluZS5jb2VZG9pL3k3Zi8xMCA41NTg5L2owNSowMTIAQEAw> (Consulté le 30 septembre 2015).
- Latifovic, R., Z.-L. Zhu, J. Cihlar, C. Giri et I. Olthof. 2004. « Land cover mapping of North and Central America—Global Land Cover 2000 ». *Remote Sensing of Environment* 89(1), 116-127. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.002>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425703003134>.
- Laurance, W.F. 2008. « Theory meets reality: how habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory ». *Biological Conservation* 141(7), 1731-1744. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2008.05.011>. [http://ac.els-cdn.com/S0006320708001845/1-52.0-S0006320708001845-main.pdf?\\_tid=2204eb74-c671-11e5-8d20-00000aa0f26&acdnat=1454062670\\_77974157f49c07b8beaca66fe5d2fb7b](http://ac.els-cdn.com/S0006320708001845/1-52.0-S0006320708001845-main.pdf?_tid=2204eb74-c671-11e5-8d20-00000aa0f26&acdnat=1454062670_77974157f49c07b8beaca66fe5d2fb7b).
- Law, K.L., S. Morét-Ferguson, N.A. Maximenko, G. Proskurowski, E.E. Peacock, J. Hafner et C.M. Reddy. 2010. « Plastic accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre ». *Science* 329(5996), 1185-1188. DOI : 10.1126/science.1192321. <http://science.sciencemag.org/content/329/5996/1185.full-text.pdf+html>.
- Lazarus, W.F., et M. Rudstrom. 2007. « The economics of anaerobic digester operation on a Minnesota dairy farm ». *Applied Economic Perspectives and Policy* 29(2), 349-364. <https://aapp.oxfordjournals.org/content/29/2/349.abstract>.
- Legrand, M., M. Feeley, C. Tikhonov, D. Schoen et A. Li-Muller. 2010. « Methylmercury blood guidance values for Canada ». *Revue canadienne de santé publique* 101(1), 28-31. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20364534>.
- Lehner, B., C. Reidy Liermann, C. Revenga, C. Vorosmarty, B. Fekete, P. Crouzet, P. Doll, M. Endejan, K. Frenken, J. Magome et al. 2011b. *Global reservoir and dam Database, Version 1 (GRANDv1): Dams, Revision 01*. NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Palisades, NY. <http://dx.doi.org/10.7927/H4N877QK>.
- Lehner, B., C.R. Liermann, C. Revenga, C. Vörösmarty, B. Fekete, P. Crouzet, P. Doll, M. Endejan, K. Frenken, J. Magome et al. 2011a. « 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. DOI : 10.1890/100125. <http://dx.doi.org/10.1890/100125>.
- Lepczyk, C.A., A.G. Mertig et J. Liu. 2004. « Landowners and cat predation across rural-to-urban landscapes ». *Biological Conservation* 115(2), 191-201. <http://www.ctahr.hawaii.edu/lepczykc/downloads/Lepczyk%20et%20al.%202004b.pdf>.
- Levinson, A. 2014. « California energy efficiency: lessons for the rest of the world, or not? ». *Journal of Economic Behavior & Organization* 107(2014), 269-289. <http://faculty.georgetown.edu/aml6/pdfs&zips/CaliforniaEnergy.pdf>.
- Lewitus, A.J., R.A. Horner, D.A. Caron, E. Garcia-Mendoza, B.M. Hickey, M. Hunter, D.D. Huppert, R.M. Kudela, G.W. Langlois, J.L. Largier et al. 2012. « Harmful algal blooms along the North American west coast region: History, trends, causes, and impacts ». *Harmful Algae* 19, 133-159. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.hal.2012.06.009>. <http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/35218/HunterMatthewFisheriesWildlifeHarmfulAlgal-Blooms.pdf?sequence=1>.
- Linnansaari, T., W.A. Monk, D.J. Baird et R.A. Curry. 2013. *Review of approaches and methods to assess environmental fows across Canada and internationally*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2012/039. Pêches et Océans Canada, Science. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/library/348885.pdf>.
- Lodge, D.M., S. Williams, H.J. MacIsaac, K.R. Hayes, B. Leung, S. Reichard, R.N. Mack, P.B. Moyle, M. Smith et D.A. Andow. 2006. « Biological invasions: recommendations for US policy and management ». *Ecological Applications* 16(6), 2035-2054. [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/1051-0761\(2006\)016%5B2035:BIRFUP%5D2.0.CO;2/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/1051-0761(2006)016%5B2035:BIRFUP%5D2.0.CO;2/abstract).
- Loh, H.-P., et N. Loh. 2016. « Hydraulic fracturing and shale gas: environmental



- and health impacts ». In *Advances in Water Resources Management*. Wang, L.K., C.T. Yang et M.-H.S. Wang (dir. de publ.). Springer, 293-337. [http://link.springer.com/ chapter/10.1007%2F978-3-319-22924-9\\_4](http://link.springer.com/ chapter/10.1007%2F978-3-319-22924-9_4).
- Lueken, R., et J. Apt. 2014. « The effects of bulk electricity storage on the PJM market ». *Energy Systems* 5(4), 677-704. <http://link.springer.com/article/10.1007/s12667-014-0123-7>.
- MA. 2005. *Ecosystems and human well-being synthesis*. Sarukhán, J., et A. Whyte (dir. de publ.). World Resources Institute, Washington, DC. <http://www.millenniu-massessment.org/documents/document.354.aspx.pdf>.
- Macdonald, C., L. Lockhart, A. Gilman, T. Baker, T. Bakke, D. Cantin, M. Dam, I. Davies, B. Forbes, K. Hoydal et al. 2008. « Effects of oil and gas activity on the environment and human health ». In *Assessment of Oil & Gas Activities*. AMAP, Oslo, chapitre 5, 1-165. <http://www.arcticcentre.org/loader.aspx?id=56bbac6b-4443-4dd7-aabe-9a35730e0674>.
- MacDougall, A.S., K.S. McCann, G. Gellner et R. Turkington. 2013. « Diversity loss with persistent human disturbance increases vulnerability to ecosystem collapse ». *Nature* 494(7435), 86-89. DOI : <http://www.nature.com/nature/journal/v494/n7435/abs/nature11869.html#supplementary-information> <http://dx.doi.org/10.1038/nature11869>.
- Mahler, B.J., P.C. van Metre et E. Callender. 2006. « Trends in metals in urban and reference lake sediments across the United States, 1970 to 2001 ». *Environmental Toxicology and Chemistry* 25(7), 1698-1709. DOI : [10.1897/05-459R.1](http://dx.doi.org/10.1897/05-459R.1) <http://dx.doi.org/10.1897/05-459R.1>.
- Mai, T., R. Wiser, D. Sandor, G. Brinkman, G. Heath, P. Denholm, D.J. Hostick, N. Darghouth, A. Schlosser et K. Strzepak. 2012. *Exploration of high-penetration renewable electricity futures: Renewable electricity futures study vol. 1*. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO. <http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/52409-1.pdf>.
- Mankin, J.S., D. Viviroli, D. Singh, A.Y. Hoekstra et N.S. Diffenbaugh. 2015. « The potential for snow to supply human water demand in the present and future ». *Environmental Research Letters* 10(11), 114016. DOI : [10.1088/1748-9326/10/11/114016](http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/11/114016) <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/11/114016/pdf>.
- Maranger, R., D. Vaque, D. Nguyen, M.-P. Hébert et E. Lara. 2015. « Pan-Arctic patterns of planktonic heterotrophic microbial abundance and processes: Controlling factors and potential impacts of warming ». *Progress in Oceanography*, 221-232. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocan.2015.07.006> [https://www.researchgate.net/profile/Dolors\\_Vaque/publication/281458987\\_Pan-Arctic\\_patterns\\_of\\_planktonic\\_heterotrophic\\_microbial\\_abundance\\_and\\_processes\\_controlling\\_factors\\_and\\_potential\\_impacts\\_of\\_warming/links/5649b0a08aef9c13ec6409.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dolors_Vaque/publication/281458987_Pan-Arctic_patterns_of_planktonic_heterotrophic_microbial_abundance_and_processes_controlling_factors_and_potential_impacts_of_warming/links/5649b0a08aef9c13ec6409.pdf).
- March, P., P. Wolff et P. Jacobson. 2014. *Effects of markets and operations on the suboptimization of pumped storage and conventional hydroelectric plants*. Electric Power Research Institute. [http://hydroppi.com/uploads/3/2/6/7/3267033/effects\\_of\\_markets\\_and\\_operations\\_on\\_suboptimization\\_of\\_hydro\\_plants\\_hv2013.pdf](http://hydroppi.com/uploads/3/2/6/7/3267033/effects_of_markets_and_operations_on_suboptimization_of_hydro_plants_hv2013.pdf).
- Martinuzzi, S., S.I. Stewart, D.P. Helmers, M.H. Mockrin, R.B. Hammer et V.C. Radeloff. 2015. « The 2010 wildland-urban interface of the conterminous United States ». <http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/48642>.
- Maupin, M.A., J.F. Kenny, S.S. Hutson, J.K. Lovelace, N.L. Barber et K.S. Linsey. 2014. *Estimated use of water in the United States in 2010*. US Geological Survey. <http://pubs.usgs.gov/circ/1405/pdf/circ1405.pdf>.
- Maynard, N.G. 2013. « Implications of Arctic transformation for the North Pacific: Consequences of the changes across the Arctic on world order, the North Pacific nations and regional and global governance: Commentary ». In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Transformation: 2011 North Pacific Arctic Conference Proceedings*. Corell, R.W., J.S.-C. Kang et Y.H. Kim (dir. de publ.). The Korea Transport Institute and East-West Center, Honolulu, HI, chapitre 1, 70-82. <http://lewbookstore.org/arctic/2011arctic-lowres.pdf>.
- McCarthy, S. 2014. « Emissions will soar after 2020 without oil-sector regulation, federal report says ». *Globe and Mail*, 8 janvier. <http://www.theglobeandmail.com/news/politics/emissions-will-soar-after-2020-without-oil-sands-regulation-federal-report-says/article16250220/>.
- McCarthy, S. 2015. « Ottawa commits to 30-per-cent cut in GHGs but no regulations for oil sands ». *Globe and Mail*, 15 mai. <http://www.theglobeandmail.com/news/national/ottawa-commits-to-30-per-cent-cut-in-emissions-but-not-for-oil-sands/article24453757/>.
- McCrackin, M.L., J.A. Harrison et J.E. Compton. 2015. « Future riverine nitrogen export to coastal regions in the United States: prospects for improving water quality ». *Journal of Environmental Quality* 44(2), 345-55. DOI : [10.2134/jeq2014.02.0081](https://doi.org/10.2134/jeq2014.02.0081) <https://doi.org/10.2134/jeq2014.02.0081> <https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/pdfs/44/2/345>.
- McDowell, N.G., R.A. Fisher, C. Xu, J.-C. Domec, T. Hölttä, D.S. Mackay, J.S. Sperry, A. Boutz, L. Dickman et N. Gehres. 2013. « Evaluating theories of drought-induced vegetation mortality using a multimodel-experiment framework ». *New Phytologist* 200(2), 304-321. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12465> <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12465/epdf>.
- McGlade, C., et P. Elkins. 2015. « The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2°C ». *Nature* 517 187-190. DOI : [10.1038/nature14016](http://www.nature.com/nature/journal/v517/n7537/full/nature14016.html) <http://www.nature.com/nature/journal/v517/n7537/full/nature14016.html>.
- McKenney, D.W., J.H. Pedlar, K. Lawrence, P. Papadopol, K. Campbell et M.F. Hutchinson. 2014. « Change and evolution in the plant hardiness zones of Canada ». *BioScience* 64(4), 341-350. <http://bioscience.oxfordjournals.org/content/early/2014/03/01/biosci.biou016.full.pdf+html>.
- McKenzie, B. 2014. *Modes less traveled—bicycling and walking to work in the United States: 2008–2012*. <http://www.census.gov/prod/2014pubs/acs-25.pdf>.
- McKenzie, B. 2015. *Who drives to work? Commuting by automobile in the United States: 2013*. United States Census Bureau. <http://www.census.gov/hhes/commuting/files/2014/acs-32.pdf>.
- McKenzie, B., et M. Rapino. 2011. *Commuting in the United States: 2009*. United States Census Bureau, Washington, DC. <http://www.census.gov/hhes/commuting/files/2014/acs-32.pdf>.
- McNamara, K.E., S.G. Smithers, R. Westoby et K. Parnell. 2012. *Limits to adaptation: Limit to climate change adaptation for two low-lying communities in the Torres Strait*. National Climate Change Adaptation Research Facility: Synthesis and Integrative Research Program. [https://www.nccarf.edu.au/sites/default/files/attached\\_files\\_publications/McNamara\\_2012\\_Limits\\_Torres\\_Strait\\_o.pdf](https://www.nccarf.edu.au/sites/default/files/attached_files_publications/McNamara_2012_Limits_Torres_Strait_o.pdf).
- Melillo, J.M., T. Richmond et G.W. Yohe (dir. de publ.). 2014. *Climate change impacts in the United States: the third national climate assessment* United States Global Change Research Program. <http://nca2014.globalchange.gov/>.
- Messerli, A., N.B. Karlsson et A. Grinsted. 2015. « No slowing down of Jakobshavn Isbræ in 2014: Results from feature-tracking five Greenland outlet glaciers using Landsat-8 data and the ImGRAFT toolbox ». *EGU General Assembly Conference Abstracts* 17, 9857. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2015EGUGA..17.9857M>.
- Metcalfe, C., K. Tindale, H. Li, A. Rodayan et V. Yargeau. 2010. « Illicit drugs in Canadian municipal wastewater and estimates of community drug use ». *Environmental Pollution* 158(10), 3179-3185. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20667638>.
- Metcalfe, C.D. 2013. « Pharmaceutical contaminants of emerging concern in the environment ». *Environmental Toxicology and Chemistry* 32(8), 1683-1684. DOI : [10.1002/etc.2293](https://doi.org/10.1002/etc.2293) <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.2293/epdf>.
- Meyers, J.S. 1962. *Evaporation from the 17 Western states: With a section on evaporation rates by TORJ. Nordenson, U.S. Weather Bureau*. Geological Survey Professional Paper 272-D. United States Government Printing Office. <http://pubs.usgs.gov/pp/0272d/report.pdf>.

- MFCN. 2015. *Focus on forage fish*. Marine Fish Conservation Network. <http://conservefish.org/2015/11/18/focus-on-forage-fish/>.
- Millar, C.I., R.D. Westfall, D.L. Delaney, M.J. Bokach, A.L. Flint et L.E. Flint. 2012. « Forest mortality in high-elevation whitebark pine (*Pinus albicaulis*) forests of eastern California, USA; influence of environmental context, bark beetles, climatic water deficit, and warming ». *Revue canadienne de recherche forestière* 42(4), 749-765. [http://www.fs.fed.us/psw/publications/millar/psw\\_2012\\_millar001.pdf](http://www.fs.fed.us/psw/publications/millar/psw_2012_millar001.pdf).
- Miller, M., M. Anderson, C.A. Francis, C. Kruger, C. Barford, J. Park et B.H. McCown. 2013. « Critical research needs for successful food systems adaptation to climate change ». *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development* 3(4), 161-175. DOI : <http://dx.doi.org/10.5304/jafscd.2013.034.016>. [http://www.agdevjournal.com/attachments/article/371/JAFSCD\\_Climate\\_Change\\_Commentary\\_Sept-2013.pdf](http://www.agdevjournal.com/attachments/article/371/JAFSCD_Climate_Change_Commentary_Sept-2013.pdf).
- Millsbaugh, J.J., et F.R. Thompson III (dir. de publ.). Academic Press, Amsterdam, Pays-Bas, chapitre 4, 85-121. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123736314000046/piiB9780123736314000046/piiB9780123736314000046-main.pdf>.
- Mitton, J.B., et S.M. Ferrenberg. 2012. « Mountain pine beetle develops an unprecedented summer generation in response to climate warming ». *The American Naturalist* 179(5), E163-E171. [http://www.researchgate.net/publication/224038341\\_Mountain\\_Pine\\_Beetle\\_Develops\\_an\\_Unprecedented\\_Summer\\_Generation\\_in\\_Response\\_to\\_Climate\\_Warming](http://www.researchgate.net/publication/224038341_Mountain_Pine_Beetle_Develops_an_Unprecedented_Summer_Generation_in_Response_to_Climate_Warming).
- Moore, R.D., S.W. Fleming, B. Menounos, R. Wheate, A. Fountain, K. Stahl, K. Holm et M. Jakob. 2009. « Glacier change in western North America: influences on hydrology, geomorphic hazards and water quality ». *Hydrological Processes* 23(3), 42-61. DOI : 10.1002/hyp.7162. [http://glaciers.pdx.edu/fountain/MyPapers/MooreEtAl2009\\_GlacierChangeWaterRunoff.pdf](http://glaciers.pdx.edu/fountain/MyPapers/MooreEtAl2009_GlacierChangeWaterRunoff.pdf).
- Moos, M. 2015. « From gentrification to youthification? The increasing importance of young age in delineating high-density living ». *Urban Studies*, 16 septembre. <http://usj.sagepub.com/content/early/2015/09/15/0042098015603292.abstract>.
- Morlighem, M., E. Rignot, J. Mouginot, H. Seroussi et E. Larour. 2014. « Deeply incised submarine glacial valleys beneath the Greenland ice sheet ». *Nature Geoscience* 7(6), 418-422. DOI : <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo2167>. <http://escholarship.org/uc/item/ons9c9z6>.
- MPO. 2010. *Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes marins canadiens en 2010*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. [http://www.dfo-mpo.gc.ca/CSAS/CSas/publications/sar-as/2010/2010\\_030\\_f.pdf](http://www.dfo-mpo.gc.ca/CSAS/CSas/publications/sar-as/2010/2010_030_f.pdf).
- Munday, P.L., A.J. Cheal, D.L. Dixon, J.L. Rummer et K.E. Fabricius. 2014. « Behavioural impairment in reef fishes caused by ocean acidification at CO2 seeps ». *Nature Climate Change* 4(6), 487-492. DOI : 10.1038/nclimate2195. <http://www.nature.com/nclimate/journal/v4/n6/full/nclimate2195.html>.
- Musk, S. 2015. *Trends in oil spills from tankers over the past ten years: Significant reduction observed*. The International Tanker Owners Polluti on Federation Limited. [http://www.itopf.com/fileadmin/data/Documents/Papers/INTER-SPILL15\\_SusannahMuskv2.pdf](http://www.itopf.com/fileadmin/data/Documents/Papers/INTER-SPILL15_SusannahMuskv2.pdf).
- Mustapha, I. 2013. *Compostage par les ménages au Canada*. Statistique Canada, Ottawa. <http://www5.statcan.gc.ca/olc-cel/olc.action?ObjId=16-002-X201300111848&ObjType=47&lang=fr>.
- Nadler, A.J., et P.R. Bullock. 2011. « Long-term changes in heat and moisture related to corn production on the Canadian prairies ». *Climatic Change* 104(2), 339-352. DOI : 10.1007/s10584-010-9881-y. <http://link.springer.com/article/10.1007%2F10584-010-9881-y>.
- NADP. 2012. *The National Atmospheric Deposition Program*. National Atmospheric Deposition Program. <http://nadp.isws.illinois.edu/>.
- NADP. 2014. *The National Atmospheric Deposition Program National Atmospheric Deposition Program*. <http://nadp.isws.illinois.edu/>.
- Nakashima, D., K. Galloway McLean, H. Thulstrup, R.C. Ameyali et J. Rubis. 2012. *Indigenous knowledge, marginalized peoples and climate change: Foundations for assessment and adaptation*. Rapport technique préparé pour le groupe de travail II du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. UNESCO et UNU, Paris et Darwin.
- NASA. 2014. « NASA images highlight U.S. air quality improvement – Release materials ». 26 juin. <http://svs.gsfc.nasa.gov/vis/ao10000/ao11500/ao11579/>.
- NASA. 2015. *NASA study finds carbon emissions could dramatically increase risk of U.S. megadroughts*. NASA. <https://www.nasa.gov/press/2015/february/nasa-study-finds-carbon-emissions-could-dramatically-increase-risk-of-us>.
- National Audubon Society. 2015. *Audubon's birds and climate change Report: A primer for practitioners*. National Audubon Society, New York. <http://climate.audubon.org/sites/default/files/Audubon-Birds-Climate-Report-v1.2.pdf>.
- National Drought Mitigation Centre. 2016. *United States Drought Monitor Statistics Graph* U.S. Drought Monitor. <http://droughtmonitor.unl.edu/Mapsanddata/graph.aspx>.
- National Energy Technology Laboratory. 2014. *Environmental impacts of unconventional natural gas development and production*. U.S. Department of Energy, National Energy Technology Laboratory. [http://www.netl.doe.gov/File%20Library/Research/Oil-Gas/publications/NG\\_Literature\\_Review3\\_Post.pdf](http://www.netl.doe.gov/File%20Library/Research/Oil-Gas/publications/NG_Literature_Review3_Post.pdf).
- Nelson, R., M. Howden et M. Stafford Smith. 2008. « Using adaptive governance to rethink the way science supports Australian drought policy ». *Environmental Science & Policy* 11(7), 588-601. DOI : 10.1016/j.envsci.2008.06.005. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901108000725>.
- Nickerson, C., R. A. Ebel, F. Borchers and Carriazo. 2011. *Major uses of land in the United States, 2007*. Economic Research Service. [http://www.ers.usda.gov/media/188404/eib89\\_2\\_.pdf](http://www.ers.usda.gov/media/188404/eib89_2_.pdf).
- Nicot, J.-P., et B.R. Scanlon. 2012. « Water use for shale-gas production in Texas, US ». *Environmental Science & Technology* 46(6), 3580-3586. [http://www.circleofblue.org/waternews/wp-content/uploads/2013/04/Nicot+Scanlon\\_EST\\_12\\_Water-Use-Fracking.pdf](http://www.circleofblue.org/waternews/wp-content/uploads/2013/04/Nicot+Scanlon_EST_12_Water-Use-Fracking.pdf).
- NLCD. 2011. *National Land Cover Database 2011 (NLCD2011): The 2011 land cover layer for the conterminous United States for all pixels*. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Multi-resolution land characteristics consortium. [http://www.mrlc.gov/nlcd11\\_data.php](http://www.mrlc.gov/nlcd11_data.php).
- NOAA. 1994. *Natural disaster survey report: The great flood of 1993*. National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, Maryland.
- NOAA. 2007. *Vision 2020: The future of U.S. marine fisheries: Final report of the Marine Fisheries Advisory Committee*. National Oceanic and Atmospheric Administration. [http://www.nmfs.noaa.gov/ocs/documents/Vision\\_2020\\_FINAL-1.pdf](http://www.nmfs.noaa.gov/ocs/documents/Vision_2020_FINAL-1.pdf).
- NOAA. 2012. *Global sea level rise scenarios for the United States National Climate Assessment*. National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, MD. [http://cpo.noaa.gov/sites/cpo/Reports/2012/NOAA\\_SLR\\_r3.pdf](http://cpo.noaa.gov/sites/cpo/Reports/2012/NOAA_SLR_r3.pdf).
- NOAA. 2015a. *Global temperature and precipitation maps*. <http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/global-maps/>. (Consulté le 18 août 2015).
- NOAA. 2015b. *North American drought monitor*. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Centers for Environmental Information. <https://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/drought/nadm/maps>.
- NOAA. 2016. *State of the climate: National overview*. <https://www.ncdc.noaa.gov/sotcl>.
- Norman, B.C., M.A. Xenopoulos, D. Braun et P.C. Frost. 2015. « Phosphorus availability alters the effects of silver nanoparticles on periphyton growth and stoichiometry ». *PLoS ONE* 10(6), 1-13. DOI : 10.1371/journal.pone.0129328. <http://dx.doi.org/10.1371%2Fjournal.pone.0129328>.

- Noss, R.F., W.J. Platt, B.A. Sorrie, A.S. Weakley, D.B. Means, J. Costanza et R.K. Peet. 2015. « How global biodiversity hotspots may go unrecognized: lessons from the North American Coastal Plain ». *Diversity and Distributions* 21(2), 236-244. DOI : 10.1111/ddi.12278. <http://dx.doi.org/10.1111/ddi.12278>.
- NRC. 2008. *Ecological impacts of climate change*. U.S. National Academy Press, Washington, DC. <http://nap.edu/12491>.
- NSIDC. 2015. *Advancing knowledge of earth's frozen regions: all about frozen ground*. United States National Snow and Ice Data Center. [http://nsidc.org/greenland-today/files/2015/07/Fig1a\\_JuneGT.png](http://nsidc.org/greenland-today/files/2015/07/Fig1a_JuneGT.png).
- O'Connor, M.L. 2015. *RE: Testimony of Michael L. O'Connor, Deputy Secretary, United States Department of Interior, before the United States Senate Committee on Indian Affairs*. [Auditions d'examen sur les besoins des communautés autochtones dans le cadre des ententes portant sur les droits des Autochtones relatifs à l'eau] le 20 mai.
- O'Neil, J.M., T.W. Davis, M.A. Burford et C.J. Gobler. 2012. « The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change ». *Harmful Algae* 14, 313-334. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.hal.2011.10.027>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988311001557>.
- Obbard, R.W., S. Sadri, Y.Q. Wong, A.A. Khitun, I. Baker et R.C. Thompson. 2014. « Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice ». *Earth's Future* 2(6), 315-320. DOI : <http://dx.doi.org/10.1002/2014EF000240>. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2014EF000240/full>.
- Oberlander, E.P. 2014. *North atlantic ocean today*. <http://www.whoi.edu/oceanus/feature/the-once-and-future-circulation-of-the-ocean>.
- Ocean Health Index. 2015. *Data explorer: Marine litter, proportion of categories on reference beaches*. Ocean Health Index. <http://oceanhealthindex.org>.
- Office national de l'énergie du Canada. 2009. *L'ABC du gaz de schistes au Canada : note d'information sur l'énergie*. Office national de l'énergie. <https://www.neb-one.gc.ca/nrg/stststc/ntrlgst/rprt/archive/prmnrndrstdngshlgs2009/prrmndrstdngshlgs2009-fra.pdf>.
- Office national de l'énergie. 2013. *Avenir énergétique du Canada en 2013 : offre et demande énergétiques à l'horizon 2035*. Office national de l'énergie, Ottawa. <https://www.neb-one.gc.ca/nrg/ntgrtd/ftr/2013/2013nrgfr-fra.pdf>.
- Oil-Climate Index. 2015. *Assessing global oil spills: Compare and sort oils by their estimated greenhouse gas emissions from each part of the supply chain*. Carnegie Endowment for International Peace. <http://oci.carnegieendowment.org/#compare>.
- Olive, A. 2014. *Land, Stewardship, and Legitimacy: Endangered Species Policy in Canada and the United States*. University of Toronto Press. <http://www.jstor.org/stable/10.3138/j.ctt6wrgsn>.
- Oswalt, S., W.B. Smith, P.Miles et S. Pugh. 2014. *Forest resources of the United States. 2012: A technical document supporting the Forest Service Update of the 2010 RPA Assessment*. Forest resources of the United States, Washington, DC. <http://www.fs.fed.us/research/rpa/assessment/>.
- Overland, J.E., J.A. Francis, E. Hanna et M. Wang. 2012. « The recent shift in early summer Arctic atmospheric circulation ». *Geophysical Research Letters* 39(L19804). DOI : 10.1029/2012GL053268. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2012GL053268/full>.
- Pappal, A. 2010. *Marine invasive species: state of the Gulf of Maine report*. Gulf of Maine Council on the Marine Environment. <http://www.gulfofmaine.org/state-of-the-gulf/docs/marine-invasive-species.pdf>.
- Parkinson, A.J., et B. Evengård. 2009. « Climate change, its impact on health in the Arctic and the public health response to threats of emerging infectious diseases ». *Global Health Action* 2. DOI : 10.3402/gha.v2i0.2075. <http://www.globalhealthaction.net/index.php/gha/article/view/2075>.
- Parkinson, A.J., M.G. Bruce, T. Zulf et International Circumpolar Surveillance Steering Committee. 2008. « International Circumpolar Surveillance: an Arctic network for the surveillance of infectious diseases ». *Emerging Infectious Diseases* 14(1), 18-24. DOI : 10.3201/eid1401.070717. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2600151/>.
- Patrick, L., W. Solecki, K.H. Jacob, H. Kunreuther wr G. Nordenson. 2015. « New York City Panel on Climate Change 2015 Report Chapter 3: Static Coastal Flood Mapping ». *Annals of the New York Academy of Sciences* 1336(1), 45-55. DOI : <http://dx.doi.org/10.1111/nyas.12590>. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nyas.12590/epdf>.
- Peng, C., X. Zhao et G. Liu. 2015. « Noise in the Sea and Its Impacts on Marine Organisms ». *Int J Environ Res Public Health* 12(10), 12304-12323. DOI : 0.3390/ijerph121012304. <http://www.mdpi.com/1660-4601/12/10/12304/htm>.
- Pershing, A.J., M.A. Alexander, C.M. Hernandez, L.A. Kerr, A. Le Bris, K.E. Mills, J.A. Nye, N.R. Record, H.A. Scannell, J.D. Scott et al. 2015. « Slow adaptation in the face of rapid warming leads to collapse of the Gulf of Maine cod fishery ». *Science* 350(6262), 809-812. DOI : 10.1126/science.aac9819. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/people/michael.alexander/Science-2015-Pershing-science.aac9819-1.pdf>.
- Peterson, C.H., S.D. Rice, J.W. Short, D. Esler, J.L. Bodkin, B.E. Ballachey et D.B. Irons. 2003. « Long-term ecosystem response to the ExxonValdez oil spill ». *Science* 302(5653), 2082-2086. DOI : 10.1126/science.1084282. <http://www.sciencemag.org/content/302/5653/2082.abstract>.
- Peterson, H., et M. Torchia. 2008. « Safe drinking water for rural Canadians ». *Journal de l'Association médicale canadienne* 179(1). DOI : 10.1503/cmaj.108006.1. <http://www.cmaj.ca/content/179/1/55.1.full>.
- Pétron, G., A. Karion, C. Sweeney, B.R. Miller, S.A. Montzka, G.J. Frost, M. Trainer, P. Tans, A. Andrews et J. Kofler. 2014. « A new look at methane and nonmethane hydrocarbon emissions from oil and natural gas operations in the Colorado Denver-Julesburg Basin ». *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 119(11), 6836-6852. DOI : 10.1002/2013JD021272. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/pubs/id/preprint/1042>.
- Pidgeon, A.M., V.C. Radeloff, C.H. Flather, C.A. Lepczyk, M.K. Clayton, T.J. Hawbaker et R.B. Hammer. 2007. « Associations of forest bird species richness with housing and landscape patterns across the USA ». *Ecological Applications* 17(7), 1989-2010. DOI : 10.1890/06-1489.1. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/06-1489.1.pdf>.
- Pimentel, D., R Zuniga et D. Morrison. 2005. « Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States ». *Ecological Economics* 52(3), 273-288. DOI : 10.1016/j.ecolecon.2004.10.002. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800904003027>.
- Pinder, R.W., A.B. Gilliland et R.L. Dennis. 2008. « Environmental impact of atmospheric NH<sub>3</sub> emissions under present and future conditions in the eastern United States ». *Geophysical Research Letters* 35(12). DOI : 10.1029/2008GL033732. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008GL033732/abstract>.
- Poff, N.L., B.D. Richter, A.H. Arthington, S.E. Bunn, R.J. Naiman, E. Kendy, M. Acreman, C. Apse, B.P. Bledsoe, M.C. Freeman et al. 2010. « The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards ». *Freshwater Biology* 55(1), 147-170. DOI : 10.1111/j.1365-2427.2009.02204.x. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2427.2009.02204.x/epdf>.
- Poloczanska, E.S., C.J. Brown, W.J. Sydeman, W. Kiessling, D.S. Schoeman, P.J. Moore, K. Brander, J.F. Bruno, L.B. Buckley, M.T. Burrows et al. 2013. « Global imprint of climate change on marine life ». *Nature Climate Change* 3(10), 919-925. DOI : 10.1038/NCLIMATE1958. <http://www.nature.com/nclimate/journal/v3/n10/full/nclimate1958.html>.
- Popper, D.E., et F. Popper. 2006. « The Buffalo Commons: Its antecedents and their implications ». *Online Journal of Rural Research & Policy* 1(6), 1. <http://newprairiepress.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=ojrrp>.
- Porter, J.R., L. Xie, A.J. Challinor, K. Cochrane, S.M. Howden, M.M. Iqbal et



- M.I. Travasso. 2014. « Food security and food production systems ». In *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*. Barros, V.R., Field C.B., Dokken D.J., M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova et al. (dir. de publ.). Cambridge University Press, Cambridge, chapitre 7, 485- 533. [https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGI-IAR5-Chap7\\_FINAL.pdf](https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGI-IAR5-Chap7_FINAL.pdf).
- Portier, C.J., T.K. Thigpen, S.R. Carter, C.H. Dilworth, A.E. Grambsch, J. Gohlke, J. Hess, S.N. Howard, G. Lubler, J.T. Lutz et al. 2010. *A human health perspective on climate change: a report outlining the research needs on the human health effects of climate change*. Environmental Health Perspectives/National Institute of Environmental Health Sciences, Research Triangle Park, NC. [www.niehs.nih.gov/climate-report](http://www.niehs.nih.gov/climate-report).
- Post, E., et M.C. Forchhammer. 2008. « Climate change reduces reproductive success of an Arctic herbivore through trophic mismatch ». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 363(1501), 2367-2373. DOI : 10.1098/rstb.2007.2207. <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/363/1501/2367>.
- Post, E., J. Brodie, M. Hebblewhite, A.D. Anders, J.A. Maier et C.C. Wilmers. 2009b. « Global population dynamics and hot spots of response to climate change ». *BioScience* 59(6), 489-497. DOI : <http://dx.doi.org/10.1525/bio.2009.59.6.7>. [http://wildlife.usc.edu/wp-content/uploads/2012/10/Post2009\\_BioScience.pdf](http://wildlife.usc.edu/wp-content/uploads/2012/10/Post2009_BioScience.pdf).
- Post, E., M.C. Forchhammer, M.S. Bret-Harte, T.V. Callaghan, T.R. Christensen, B. Elberling, A.D. Fox, O. Gilg, D.S. Hik, T.T. Høye et al. 2009a. « Ecological dynamics across the Arctic associated with recent climate change ». *Science* 325(5946), 1355-1358. DOI : 10.1126/science.1173113. <http://science.sciencemag.org/content/325/5946/1355.full>.
- Potts, S.G., J.C. Biesmeijer, C. Kremen, P. Neumann, O. Schweiger et W.E. Kunin. 2010. « Global pollinator declines: trends, impacts and drivers ». *Trends in ecology & evolution* 25(6), 345-353. DOI : 10.1016/j.tree.2010.01.007. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534710000364>.
- Provencher, J.F., A.L. Bond et M.L. Mallory. 2015. « Marine birds and plastic debris in Canada: A national synthesis and a way forward ». *Environmental Reviews* 23, 1-13. DOI : [dx.doi.org/10.1139/er-2014-0039](http://dx.doi.org/10.1139/er-2014-0039). <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/er-2014-0039#.VrMeoLJ96JA>.
- Radeloff, V.C., S.I. Stewart, T.J. Hawbaker, U. Gimmi, A.M. Pidgeon, C.H. Flather, R.B. Hammer et D.P. Helmers. 2010. « Housing growth in and near United States protected areas limits their conservation value ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(2), 940-945. <http://www.pnas.org/content/107/2/940.full.pdf>.
- Raffa, K.F., B.H. Aukema, B.J. Bentz, A.L. Carroll, J.A. Hicke, M.G. Turner et W.H. Romme. 2008. « Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions ». *BioScience* 58(6), 501-517. [http://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_other/rmrms\\_2008\\_raffa\\_k001.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrms_2008_raffa_k001.pdf)
- Rahmstorf, S., G. Feulner, M.E. Mann, A. Robinson, S. Rutherford et E.J. Schaffernicht. 2015. « Exceptional twentieth-century slowdown in Atlantic Ocean overturning circulation ». *Nature Climate Change* 5, 475-480. <http://www.nature.com/nclimate/journal/v5/n5/full/nclimate2554.html>.
- Ramachandran, S.D., P.V. Hodson, C.W. Khan et K. Lee. 2004. « Oil dispersant increases PAH uptake by fish exposed to crude oil ». *Ecotoxicology and environmental safety* 59(3), 300-308. DOI : 10.1016/j.ecoenv.2003.08.018. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651303001684>.
- Ray, D.K., J.S. Gerber, G.K. MacDonald et P.C. West. 2015. « Climate variation explains a third of global crop yield variability ». *Nature communications* 6. <http://www.nature.com/ncomms/2015/150122/ncomms6989/pdf/ncomms6989.pdf>.
- Reams, G.A., C.K. Brewer et R.W. Guldin. 2010. « Remote sensing alone is insufficient for quantifying changes in forest cover ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(38), E145. <http://www.pnas.org/content/107/38/E145.full.pdf>.
- Reeves, M. 2015. *RE: Analysis of NLCD databases for 2011 and 2001 to determine changes in rangeland (grassland plus shrubland) area for the decade*. 7 août 2015.
- Reeves, M.C., et L.S. Baggett. 2014. « A remote sensing protocol for identifying rangelands with degraded productive capacity ». *Ecological Indicators* 43, 172-182. <http://www.treesearch.fs.fed.us/pubs/46231>.
- Revich, B.A. 2008. « Climate change alters human health in Russia ». *Studies on Russian Economic Development* 19(3), 311-317. DOI : 10.1134/S1075700708030106. <http://dx.doi.org/10.1134/S1075700708030106>.
- Rice, D. 2010. « Fading forests: U.S. losing trees faster than other heavily forested nations ». *USA Today*, 27 avril. [http://usatoday30.usatoday.com/news/nation/environment/2010-04-27-forests27\\_ST\\_N.htm](http://usatoday30.usatoday.com/news/nation/environment/2010-04-27-forests27_ST_N.htm).
- Ridgwell, A., et D.N. Schmidt. 2010. « Past constraints on the vulnerability of marine calcifiers to massive carbon dioxide release ». *Nature Geoscience* 3(3), 196-200. DOI : 10.1038/ngeo755. <http://www.nature.com/ngeo/journal/v3/n3/pdf/ngeo755.pdf>.
- Riitters, K. 2011. *Spatial patterns of land cover in the United States*. General Technical Report, Asheville, NC. <http://www.treesearch.fs.fed.us/pubs/37766>.
- Rittenhouse, C.D., A.M. Pidgeon, T.P. Albright, P.D. Culbert, M.K. Clayton, C.H. Flather, J.G. Masek et V.C. Radeloff. 2012. « Land-cover change and avian diversity in the conterminous United States ». *Conservation Biology* 26(5), 821-829. DOI : 10.1111/j.1523-1739.2012.01867.x. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.2012.01867.x/abstract>.
- RNCAN, 2014a. *L'État des forêts au Canada : rapport annuel 2014*. Ressources naturelles Canada, Ottawa, <http://scf.rncan.gc.ca/publications?id=35714>.
- RNCAN, 2015. *Dendroctone du pin ponderosa : la menace que présente le dendroctone du pin ponderosa sur la forêt boréale canadienne*. Ressources naturelles Canada, <http://www.rncan.gc.ca/forets/feux-insectes-perturbations/principaux-insectes/13382>, (consulté le 29 septembre 2015).
- RNCAN, 2015. *L'État des forêts au Canada : rapport annuel 2015 : édition du 25<sup>e</sup> anniversaire*. Ressources naturelles Canada, Ottawa. [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2016/rncan-rncan/F01-6-2015-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/rncan-rncan/F01-6-2015-fra.pdf).
- RNCAN. 2016. *Sources d'énergie et réseau de distribution*. Ressources naturelles Canada. <http://www.rncan.gc.ca/energie/electricite-infrastructures/a-propos-de-l-electricite/7360>.
- Roch, L., et J. Jaeger. 2014. « Monitoring an ecosystem at risk: What is the degree of grassland fragmentation in the Canadian Prairies? ». *Environmental Monitoring and Assessment* 186(4), 2505-2534. DOI : 10.1007/s10661-013-3557-9. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-013-3557-9>.
- Rochman, C.M., A. Tahir, S.L. Williams, D.V. Baxa, R. Lam, J.T. Miller, F.-C. Teh, S. Werorilangi et S.J. The. 2015b. « Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption ». *Scientific reports* 5. <http://www.nature.com/articles/srep14340>.
- Rochman, C.M., S.M. Kross, J.B. Armstrong, M.T. Bogan, E.S. Darling, S.J. Green, A.R. Smyth et D. Verissimo. 2015. « Scientific evidence supports a ban on microbeads ». *Environmental Science & Technology* 49(2015), 10759-10761. DOI : 10.1021/acs.est.5b03909. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.5b03909>.
- Romanovsky, V.E., S.L. Smith et H.H. Christiansen. 2010. « Permafrost thermal state in the Polar Northern Hemisphere during the International Polar Year 2007-2009: a synthesis ». *Permafrost and Periglacial Processes* 21(2), 106-116. DOI : 10.1002/ppp.689. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppp.689/epdf>.
- Rosi-Marshall, E.J., et T.V. Royer. 2012. « Pharmaceutical compounds and ecosystem function: an emerging research challenge for aquatic ecologists ».

- Ecosystems* 15(6), 867-880. DOI : 10.1007/s10021-012-9553-z. <http://link.springer.com/article/10.1007%2F10021-012-9553-z>.
- Ross, P.S., M. Noël, D. Lambourn, N. Dangerfield, J. Calambokidis et S. Jeffries. 2013. « Declining concentrations of persistent PCBs, PBDEs, PCDEs, and PCNs in harbor seals (*Phoca vitulina*) from the Salish Sea ». *Progress in Oceanography* 115, 160-170. DOI : 10.1016/j.pocean.2013.05.027. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.368.45&rep=rep1&type=pdf>.
- Ruhl, L., A. Vengosh, G.S. Dwyer, H. Hsu-Kim et A. Deonarine. 2010. « Environmental impacts of the coal ash spill in Kingston, Tennessee: an 18-month survey ». *Environmental Science & Technology* 44(24), 9272-9278. <http://dukespace.lib.duke.edu/dspace/bitstream/handle/10161/4029/285266900007.pdf?sequence=1>.
- Ruiz, G.M., J.T. Carlton, E.D. Grosholz et A.H. Hines. 1997. « Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences ». *American Zoologist* 37(6), 621-632. DOI : <http://dx.doi.org/10.1093/icb/37.6.621>. <http://az.oxfordjournals.org/content/37/6/621>.
- Rupp, D.E., P.W. Mote, N. Massey, C.J. Rye, R. Jones et M.R. Allen. 2012. « Did human influence on climate make the 2011 Texas drought more probable? ». *Bulletin of the American Meteorological Society* 93(7), 1052-1054. <http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/pubdata/cmb/bams-sotc/extreme-events/Rupp-et-al.pdf>.
- Safranyik, L., A. Carroll, J. Régnière, D. Langor, W. Riel, T. Shore, B. Peter, B. Cooke, V. Nealis et S. Taylor. 2010. « Potential for range expansion of mountain pine beetle into the boreal forest of North America ». *The Canadian Entomologist* 142(05), 415-442. DOI : 10.4039/n08-CPA01. <http://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=31861>.
- Salisbury, B., J. Hopson, D.L. Greene et R. Gibson. 2015. *Status and issues for consumer fuel economy in the United States: alternative fuel and advanced vehicle market trends*. U.S. Department of Energy. [https://cleancities.energy.gov/files/u/news\\_events/document/document\\_url/g1/2015\\_strategic\\_planning\\_fuel\\_economy.pdf](https://cleancities.energy.gov/files/u/news_events/document/document_url/g1/2015_strategic_planning_fuel_economy.pdf).
- Sanders, H.L., J.F. Grassle, G.R. Hampson, L.S. Morse, S. Garner-Price et C.C. Jones. 1980. « Anatomy of an oil spill: long-term effects from the grounding of the barge Florida off West Falmouth, Massachusetts ». *Journal of Marine Research* 38(2). <https://marine.rutgers.edu/pubs/private/grassle/1980%20Anatomy%20of%20an%20oil%20spill%20Massachusetts.pdf>.
- Sandia National Laboratories. 2013. *Annual site environmental report for Sandia National Laboratories*. U.S. Department of Energy, Albuquerque, New Mexico. [http://www.sandia.gov/news/publications/environmental\\_reports/\\_assets/documents/CY13\\_SNL\\_NM\\_Final\\_%20w\\_%20Apps.pdf](http://www.sandia.gov/news/publications/environmental_reports/_assets/documents/CY13_SNL_NM_Final_%20w_%20Apps.pdf).
- Sanford, W.E., et D.L. Selnick. 2013. « Estimation of evapotranspiration across the conterminous United States using a regression with climate and land-cover data ». *Journal of the American Water Resources Association* 49(1), 217-230. DOI : 10.1111/jawr.12010. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jawr.12010/epdf>.
- Schaumann, G.E., T. Baumann, F. Lang, G. Metreveli et H.-J. Vogel. 2015. « Engineered nanoparticles in soils and waters ». *Science of the Total Environment* 535, 1-2. DOI : 10.1016/j.scitotenv.2015.06.006. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715005616>.
- Scheller, R.M., et D.J. Mladenoff. 2005. « A spatially interactive simulation of climate change, harvesting, wind, and tree species migration and projected changes to forest composition and biomass in northern Wisconsin, USA ». *Global Change Biology* 11(2), 307-321. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2005.00906.x/abstract>.
- Schindler, D.W. 2012. « The dilemma of controlling cultural eutrophication of lakes ». *Proceedings of the Royal Society* 279(1746), 4322-33. DOI : 10.1098/rspb.2012.1032. <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/early/2012/08/14/rspb.2012.1032>.
- Schlenker, W., et M.J. Roberts. 2009. « Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106(37), 15594-15598. DOI : 10.1073/pnas.0906865106. <http://www.pnas.org/content/106/37/15594.full.pdf>.
- Schneising, O., J.P. Burrows, R.R. Dickerson, M. Buchwitz, M. Reuter et H. Bovensmann. 2014. « Remote sensing of fugitive methane emissions from oil and gas production in North American tight geologic formations ». *Earth's Future* 2(10), 548-558. DOI : 10.1002/2014EF000265. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2014EF000265/epdf>.
- Schowalter, T.D. 2014. « Ecology and management of bark beetles ». *Formosan Entomologist* 33, 167-187. [http://www.swan.org.tw/activity/2013/forest\\_health/paper\\_04.pdf](http://www.swan.org.tw/activity/2013/forest_health/paper_04.pdf).
- Schuetz, J.G., G.M. Langham, C.U. Soykan, C.B. Wilsey, T. Auer et C.C. Sanchez. 2015. « Making spatial prioritizations robust to climate change uncertainties: a case study with North American birds ». *Ecological Applications* 25(7), 1819-1831. DOI : 10.1890/14-1903.1. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/14-1903.1/abstract>.
- Schuur, E.A.G., A.D. McGuire, C. Schädel, G. Grosse, J.W. Harden, D.J. Hayes, G. Hugelius, C.D. Koven, P. Kuhry, D.M. Lawrence et al. 2015. « Climate change and the permafrost carbon feedback ». *Nature* 520(7546), 171-179. DOI : 10.1038/nature14338. [https://www.researchgate.net/publication/274698738\\_Climate\\_change\\_and\\_the\\_permafrost\\_carbon\\_feedback](https://www.researchgate.net/publication/274698738_Climate_change_and_the_permafrost_carbon_feedback).
- Schwalm, C.R., C.A. Williams, K. Schaefer, D. Baldocchi, T.A. Black, A.H. Goldstein et R.L. Scott. 2012. « Reduction in carbon uptake during turn of the century drought in western North America ». *Nature Geoscience* 5(8), 551-556. DOI : <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo1529>. <http://www.nature.com/ngeo/journal/v5/n8/pdf/ngeo1529.pdf>.
- Scott, C.A., M. Kurian et J.L. Wescoat Jr. 2015. « The water-energy-food nexus: Enhancing adaptive capacity to complex global challenges ». In *Governing the nexus*. Springer, chapitre 2, 15-38. <http://aquasec.org/wrpg/wp-content/uploads/2014/12/Scott-et-al-2015-Ch2-WEF-Nexus-UNU-Springer.pdf>.
- Scott, D.N. 2013. « Situating Sarnia: 'unimagined communities' in the new national energy debate ». *Journal of Environmental Law and Practice* 25, 81-111. <http://digitalcommons.osgoode.yorku.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=1086&context=olsrps>.
- SEIA. 2015. « New Report: America's Solar Energy Margin Surging. ». 9 septembre 2015. <http://www.seia.org/blog/new-report-america-s-solar-energy-margin-surging>.
- Shaheen, S.A., E.W. Martin, A.P. Cohen, N.D. Chan et M. Pogodzinski. 2014. *Public bikesharing in North America During a period of rapid expansion: Understanding business models, industry trends & user impacts: MTI Report 12-29*. Mineta Transportation Institute. [http://scholarworks.sjsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1070&context=mti\\_publications](http://scholarworks.sjsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1070&context=mti_publications).
- Shi, L., A. Zanobetti, I. Kloog, B.A. Coull, P. Koutrakis, S.J. Melly et J.D. Schwartz. 2016. « Low-concentration PM<sub>2.5</sub> and mortality: Estimating acute and chronic effects in a population-based study ». *Environmental health perspectives* 124(1), 46. DOI : 10.1289/ehp.1409111. <http://ehp.niehs.nih.gov/1409111/>.
- Sistla, S.A., et J.P. Schimel. 2013. « Seasonal patterns of microbial extracellular enzyme activities in an arctic tundra soil: identifying direct and indirect effects of long-term summer warming ». *Soil Biology and Biochemistry* 66, 119-129. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071713002356>.
- Six, D.L., E. Biber et E. Long. 2014. « Management for mountain pine beetle outbreak suppression: Does relevant science support current policy? ». *Forests* 5(1), 103-133. DOI : 10.3390/f5010103. <http://www.mdpi.com/1999-4907/5/1/103>.
- Smith, A., J.-P. Voß et J. Grin. 2010. « Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges ». *Research Policy* 39(4), 435-448. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.023>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733310000375>.
- Sobota, D.J., J.E. Compton et J.A. Harrison. 2013. « Reactive nitrogen inputs to US lands and waterways: how certain are we about sources and fluxes? ».



- Frontiers in Ecology and the Environment 11(2), 82-90. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/110216/pdf>.
- Songsore, E., et M. Buzzelli. 2014. « Social responses to wind energy development in Ontario: The influence of health risk perceptions and associated concerns ». *Energy Policy* 69 285-296. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421514000871>.
- Southeast Coal Ash Waste. 2012. *EPA coal ash dam hazard ratings*. [http://www.southeastcoalash.org/?page\\_id=1068](http://www.southeastcoalash.org/?page_id=1068).
- Sovacool, B.K. 2009. « Contextualizing avian mortality: A preliminary appraisal of bird and bat fatalities from wind, fossil-fuel, and nuclear electricity ». *Energy Policy* 37(6), 2241-2248. DOI : 10.1016/j.enpol.2009.02.011. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509001074>.
- SREX. 2012. « Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. ». In *Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Summary for Policymakers: a Report of Working Groups I and II of the IPCC. Publié par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2012*, chapitre 3. <http://www.ipcc.ch/report/srex/>.
- Statistique Canada. 2012a. *Recensement de l'agriculture de 2011*. Statistique Canada. <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/120510/dq120510a-fra.pdf>.
- Statistique Canada. 2012c. *L'activité humaine et l'environnement : la gestion des déchets au Canada*. Statistique Canada, Ottawa. <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-201-x/16-201-x2012000-fra.pdf>.
- Statistique Canada. 2013. *L'activité humaine et l'environnement : mesure des biens et services écosystémiques au Canada*. Statistique Canada, Ottawa, Ont. <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-201-x/16-201-x2013000-fra.pdf>.
- Statistique Canada. 2014. *L'activité humaine et l'environnement*. Statistique Canada. <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-201-x/2014000/t003-fra.htm>.
- Stewart, J.A., J.D. Perrine, L.B. Nichols, J.H. Thorne, C.I. Millar, K.E. Goehring, C.P. Massing et D.H. Wright. 2015. « Revisiting the past to foretell the future: summer temperature and habitat area predict pika extirpations in California ». *Journal of Biogeography* 42(5), 880-890. DOI : 10.1111/jbi.12466. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jbi.12466/abstract>.
- Stoett, P., et O. Temby. 2015. « Bilateral and trilateral natural resource and biodiversity governance in North America: Organizations, networks, and inclusion ». *Review of Policy Research* 32(1), 1-18. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ropr.12110/abstract>.
- Strauss, B.H., R. Ziemiński, J.L. Weiss et J.T. Overpeck. 2012. « Tidally adjusted estimates of topographic vulnerability to sea level rise and flooding for the contiguous United States ». *Environmental Research Letters* 7(1). DOI : 10.1088/1748-9326/7/1/014033. <http://sealevel.climatecentral.org/research/papers/tidally-adjusted-estimates-of-topographic-vulnerability-to-sea-level-rise-a>.
- Sunda, W.G., et W.J. Cai. 2012. « Eutrophication induced CO<sub>2</sub>-acidification of subsurface coastal waters: Interactive effects of temperature, salinity, and atmospheric P CO<sub>2</sub> ». *Environmental Science and Technology* 46(19), 10651-10659. DOI : 10.1021/es300626f. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es300626f>.
- Sweet, W., C. Zervas, S. Gill et J. Park. 2013. « Hurricane Sandy inundation probabilities today and tomorrow ». *Bulletin of the American Meteorological Society* 94(9), S17-S20. <ftp://205.167.25.101/pub/data/cmb/bams-sotc/extreme-events/2012/BAMS-Extremes-of-2012-Section-06.pdf>.
- Syphard, A.D., V.C. Radeloff, T.J. Hawbaker et S.I. Stewart. 2009. « Conservation threats due to human-caused increases in fire frequency in Mediterranean-climate ecosystems ». *Conservation Biology* 23(3), 758-769. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.2009.01223.x/pdf>.
- Taranu, Z.E., I. Gregory-Eaves, P.R. Leavitt, L. Bunting, T. Buchaca, J. Catalan, I. Domaizon, P. Guilizzoni, A. Lami et S. McGowan. 2015. « Acceleration of cyanobacterial dominance in north temperate-subarctic lakes during the Anthropocene ». *Ecology Letters* 18(4), 375-384. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ele.12420/abstract>.
- The Economist. 2013. « You're going to get wet: Americans are building beachfront homes even as the oceans rise ». *The Economist*, 13 juin. <http://www.economist.com/news/united-states/21579470-americans-are-building-beachfront-homes-even-oceans-rise-youre-going-get-wet>.
- The White House. 2015. *U.S. Leadership and the historic Paris Agreement to combat climate change*, le 12 décembre. <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2015/12/12/us-leadership-and-historic-paris-agreement-combat-climate-change>.
- Thornton, P.K., P.J. Ericksen, M. Herrero et A.J. Challinor. 2014. « Climate variability and vulnerability to climate change: a review ». *Global Change Biology* 20(11), 3313-3328. DOI : 10.1111/gcb.12581. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.12581/epdf>.
- Torcellini, P., N. Long et R. Judkoff. 2003. *Consumptive water use for US power production: National Renewable Energy Laboratory technical report*. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO. <http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/33905.pdf>.
- Trumpener, B. 2015. « Fracking triggered 2014 earthquake in northeastern British Columbia ». *CBC News*, le 27 août. <http://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/fracking-triggered-2014-earthquake-in-northeastern-b-c-1.3203944>.
- Turunen, M., P. Soppela, H. Kinnunen, M.-L. Sutinen et F. Martz. 2009. « Does climate change influence the availability and quality of reindeer forage plants? ». *Polar Biology* 32(6), 813-832. <http://link.springer.com/article/10.1007%2F500300-009-0609-2>.
- Tyler, N.J.C. 2010. « Climate, snow, ice, crashes, and declines in populations of reindeer and caribou (*Rangifer tarandus* L.) ». *Ecological Monographs* 80(2), 197-219. DOI : 10.1890/09-1070.1. [http://izt.ciens.ucv.ve/ecologia/Archivos/ECO\\_POB%202010/ECOPO2\\_2010/Tyler%202010.pdf](http://izt.ciens.ucv.ve/ecologia/Archivos/ECO_POB%202010/ECOPO2_2010/Tyler%202010.pdf).
- Tyler, N.J.C., M.C. Forchhammer et N.A. Ørntland. 2008. « Nonlinear effects of climate and density in the dynamics of a fluctuating population of reindeer ». *Ecology* 89(6), 1675-1686. DOI : 10.1890/07-0416.1. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/07-0416.1/pdf>.
- U.S. Geological Survey National Water-Quality Assessment Program. <http://water.usgs.gov/nawqa/studies/gwtrends/map.php?map=NO3>.
- UNEP, et WGMS. 2008. *Global glacier changes: facts and figures*. Programme des Nations Unies pour l'environnement et Service de surveillance mondial des glaciers. <http://www.grid.unep.ch/glaciers/pdfs/covera.pdf>.
- UNEP. 2006. *Marine and coastal ecosystems and human wellbeing: A synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment*. Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi. [http://www.unep.org/pdf/Completev6\\_LR.pdf](http://www.unep.org/pdf/Completev6_LR.pdf).
- UNEP. 2012. « Water ». In *GEO-5: Global Environmental Outlook 5: Environment for the future we want*. Programme des Nations Unies pour l'environnement, chapitre 4, 97-132. [http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5\\_report\\_full\\_en.pdf](http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5_report_full_en.pdf).
- UNEP. 2014a. *Time to act: To reduce short-term pollutants*. 2nd. Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants. <http://www.unep.org/ccac/Publications/Publications/TimeToAct/tabid/133392/Default.aspx>.
- UNEP. 2014b. *UNEP yearbook 2014: Emerging issues in our global environment*. Programme des Nations Unies pour l'environnement. [http://www.unep.org/yearbook/2014/PDF/UNEP\\_YearBook\\_2014.pdf](http://www.unep.org/yearbook/2014/PDF/UNEP_YearBook_2014.pdf).
- UNEP/GRID-Arendal. 2010. *Protecting Arctic biodiversity: Limitations and strengths of environmental agreements*. Johnsen, K.I., B. Alfthan, L. Hislop et J.F. Skaalvik (dir. de publ.). Programme des Nations Unies pour l'environnement et GRID-AREN-DAL. [http://www.grida.no/files/publications/arctic-biodiv/arcticMEAreport\\_screen.pdf](http://www.grida.no/files/publications/arctic-biodiv/arcticMEAreport_screen.pdf).

- University of Maryland, Center for Environmental Sciences. 2014. *How healthy is your Chesapeake Bay?* <http://ecoreportcard.org/report-cards/chesapeake-bay/health/>.
- US Bureau of Labor Statistics. 2013. « The effects of shale gas production on natural gas prices ». *Beyond the Numbers* 2(13), 1-10. [http://digitalcommons.ilr.cornell.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2372&context=key\\_workplace](http://digitalcommons.ilr.cornell.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2372&context=key_workplace).
- US Census Bureau. 2012. *Growth in urban population outpaces rest of nation, Census Bureau reports* 26 March. [https://www.census.gov/newsroom/releases/archives/2010\\_census/cb12-50.html](https://www.census.gov/newsroom/releases/archives/2010_census/cb12-50.html).
- US DOE. 2015. *Global Energy Storage Database*. U.S. Department of Energy. <http://www.energystorageexchange.org/>.
- US EIA. 2015a. *Annual Energy Outlook 2015: With projections to 2040* [Voir aussi les tableaux de données statistiques connexes]. United States Energy Information Administration, Washington, DC. <http://www.eia.gov/forecasts/aeol/>.
- US EIA. 2015b. *Natural gas [data file]: U.S. shale production* United States Energy Information Administration. [https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/res\\_epgo\\_r5302\\_nus\\_bcfa.htm](https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/res_epgo_r5302_nus_bcfa.htm).
- US EIA. 2015c. « Increasing domestic production of crude oil reduces net petroleum imports ». *Today in Energy*, le 21 avril. <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=20892>.
- US EIA. 2015d. *Electricity: Electric power monthly*. <http://www.eia.gov/electricity/monthly/>.
- US EIA. 2016a. *The International Energy Outlook 2016*. U.S. Energy Information Administration (EIA). <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/>.
- US EIA. 2016b. *Electricity Data Browser: Net generation for conventional hydroelectric, annual*. <http://www.eia.gov/electricity/data/browser/#/topic/o?agg=1,0,2&fuel=04&geo=vvvvvvvvvvo&sec=03g&linechart=ELEC.GEN.HYC-US-99.A-ELEC.GEN.HYC-CA-99.A-ELEC.GEN.HYC-OR-99.A-ELEC.GEN.HYC-WA-99.A&columnchart=ELEC.GEN.HYC-US-99.A-ELEC.GEN.HYC-CA-99.A-ELEC.GEN.HYC-OR-99.A-ELEC.GEN.HYC-WA-99.A&map=ELEC.GEN>.
- US EIA. 2016c. *Electricity Data Browser: Net generation for coal, annual*. <http://www.eia.gov/electricity/data/browser/#/topic/o?agg=1,0,2&fuel=8&geo=vvvvvvvvo&sec=03g&linechart=ELEC.GEN.COW-US-99.A-ELEC.GEN.COW-US-1.A-ELEC.GEN.COW-US-94.A&columnchart=ELEC.GEN.COW-US-99.A-ELEC.GEN.COW-US-1.A-ELEC.GEN.COW-US-94.A&map=ELEC.GEN.COW-US-99.A&freq=A&ctype=linechart&ltype=pin&rtype=s&matype=o&rse=o&pin=>.
- US EIA. 2016d. *Electricity Data Browser: Net generation for nuclear, annual*. <http://www.eia.gov/electricity/data/browser/#/topic/o?agg=1,0,2&fuel=08&geo=vvvvvvvvvvo&sec=03g&linechart=ELEC.GEN.NUC-US-99.A-ELEC.GEN.NUC-PA-99.A-ELEC.GEN.NUC-IL-99.A&columnchart=ELEC.GEN.NUC-US-99.A-ELEC.GEN.NUC-PA-99.A-ELEC.GEN.NUC-IL-99.A&map=ELEC.GEN.NUC-US-99.A&freq=A&ctype=linechart&ltype=pin&rtype=s&matype=o&rse=o&pin=>.
- US EIA. 2016e. *Electricity Data Browser: Net generation for natural gas, annual*. <http://www.eia.gov/electricity/data/browser/#/topic/o?agg=1,0,2&fuel=1&geo=vvvvvvvvvvo&sec=03g&linechart=ELEC.GEN.NG-US-99.A-ELEC.GEN.NG-CA-99.A-ELEC.GEN.NG-FL-99.A-ELEC.GEN.NG-TX-99.A&columnchart=ELEC.GEN.NG-US-99.A-ELEC.GEN.NG-CA-99.A-ELEC.GEN.NG-FL-99.A-ELEC.GEN.NG-TX-99.A&map=ELEC.GEN.NG-US-99.A&freq=A&ctype=linechart&ltype=pin&rtype=s&matype=o&rse=o&pin=>.
- US EIA. 2016f. *Petroleum & other liquids [Data file]: Weekly U.S. all grades all formulations retail gasoline prices*. <http://www.eia.gov/petroleum/data.cfm>.
- US EIA. 2016g. « Hydraulic fracturing accounts for about half of current U.S. crude oil production: Oil production in US from hydraulically fractured wells », le 15 mars. <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=25372>.
- US EPA. 2016a. *National rivers and streams assessment 2008 – 2009: A collaborative survey*. United States Environment Protection Agency, Washington DC. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/nrsa\\_o809\\_march\\_2\\_final.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/nrsa_o809_march_2_final.pdf).
- US EPA. 2010. *Progress cleaning the air and improving people's health*. <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/progress-cleaning-air-and-improving-peoples-health>.
- US EPA. 2011. *Benefits and costs of the Clean Air Act 1990-2020: the second prospective study*. <http://www.epa.gov/clean-air-act-overview/benefits-and-costs-clean-air-act-1990-2020-second-prospective-study>. (Consulté le 15 septembre 2015).
- US EPA. 2013a. *Fiscal Year 2011 drinking water and ground water statistics*. U.S. Environment Protection Agency. <https://owpubauthor.epa.gov/scitech/datait/databases/drink/sdwsifed/upload/epa816r13003.pdf>.
- US EPA. 2013b. *Materials and waste management in the United States: key facts and figures*. United States Environmental Protection Agency. <http://www2.epa.gov/smm/advancing-sustainable-materials-management-facts-and-figures>.
- US EPA. 2014a. *Air quality trends report*. <http://www3.epa.gov/airtrends/aqtrends.html#airquality>.
- US EPA. 2014b. *Ambient concentrations of ozone*. United States Environmental Protection Agency. <http://cfpub.epa.gov/roe/indicator.cfm?i=8#1> 2015).
- US EPA. 2014c. *Natural gas extraction: Hydraulic fracturing*. US Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/hydraulicfracturing>.
- US EPA. 2015a. *Natural Gas STAR Program*. United States Environmental Protection Agency. <http://www3.epa.gov/gasstar/accomplishments/index.html#three>.
- US EPA. 2015b. *Toxic Substances Control Act (TSCA): Chemical Substance Inventory*. <http://www2.epa.gov/tsca-inventory/about-tsca-chemical-substance-inventory> (consulté le 18 septembre 2015).
- US EPA. 2015c. *Watershed assessment, tracking, and environmental results: Summary of water quality assessments for each waterbody type*. [http://ofmpub.epa.gov/waters10/attains\\_nation\\_cy.control#total\\_assessed\\_waters](http://ofmpub.epa.gov/waters10/attains_nation_cy.control#total_assessed_waters).
- US EPA. 2015d. *Oil and natural gas air pollution standards*. U.S. Environmental Protection Agency. <http://www3.epa.gov/airquality/oilandgas/actions.html>.
- US EPA. 2015e. *AskWaters Database*. <http://iaspub.epa.gov/apex/waters/f?p=131:1:0>. (Consulté le 27 septembre 2015)
- US EPA. 2015f. *Green Book nonattainment areas*. [https://www3.epa.gov/airquality/greenbook/data\\_download.html](https://www3.epa.gov/airquality/greenbook/data_download.html).
- US EPA. 2016b. *Flint Drinking Water Response*. <http://www.epa.gov/flint>.
- US EPA. 2016c. *Smart growth illustrated*. <https://www.epa.gov/smartgrowth/smart-growth-illustrated>.
- US EPA. 2016d. *EJSCREEN: Environmental justice screening and mapping tool*. <https://www.epa.gov/ejscreen>.
- US NAS. 2008. *Great Lakes shipping, trade, and aquatic invasive species*: National Academy of Sciences Washington, D.C. <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr291.pdf>.
- US NAS. 2015. *Arctic matters: the global connection to changes in the Arctic*. National Research Council of the National Academies, Washington, DC. <http://dels.nas.edu/resources/static-assets/materials-based-on-reports/booklets/ArcticMatters.pdf>.
- USDA. 2012. « National Forest System Land Management Planning: Final rule and record of decision: 36 CFR Part 219. RIN 0596-AD02 ». *Federal Register* 77(68), 21162-21276. [http://www.fs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprd5362536.pdf](http://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprd5362536.pdf).
- USDA. 2014. *Census of Agriculture: 2012*. United States Department of Agriculture, Washington D.C. [http://www.agcensus.usda.gov/Publications/2012/Full\\_Report/Census\\_by\\_State](http://www.agcensus.usda.gov/Publications/2012/Full_Report/Census_by_State).

- USDA. 2014b. *Reducing food waste: What schools can do today*. [Infographie]. United States Department of Agriculture. <https://www.flickr.com/photos/usdagov/15032644782/sizes/l/>.
- USDA. 2015a. *Crop production historical track records*. United States Department of Agriculture, Washington, DC. <http://www.usda.gov/nass/PUBS/TODAYRPT/cropr15.pdf>.
- USDA. 2015b. *Rural economy: population & migration*. <http://ers.usda.gov/topics/rural-economy-population/population-migration.aspx>.
- USDA. 2015c. *U.S Bioenergy Statistics. Economic Resource Service*: United States Department of Agriculture. <http://www.ers.usda.gov/data-products/us-bio-energy-statistics.aspx>.
- USDA. 2015d. *Summary Report: 2012 Natural Resources Inventory*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington DC: U.S. [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcse-prd396218.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcse-prd396218.pdf).
- USDA. 2015e. *Global Agricultural Information Network* United States Department of Agriculture. <http://gain.fas.usda.gov/Pages/Default.aspx>.
- USDA. 2015e. *USDA Foreign Agricultural Services. Online data platform*. USDA/GAIN. <http://www.fas.usda.gov/data2015/>.
- USDA. 2015f. *Who owns America's trees, woods, and forests?* U.S. Department of Agriculture, Newtown Square, PA. <http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/48027>.
- USFDA. 2013. *FDA Taking Closer Look at 'Antibacterial' Soap*. U.S. Food and Drug Administration. <http://www.fda.gov/forconsumers/consumerupdates/ucm378393.htm>.
- USFWS. 2015. *Extinct eastern cougar subspecies proposed for removal from endangered species list: Cougars in the East are Florida panthers, released captives or dispersing from the West*. US Fish and Wildlife Service. <http://www.fws.gov/news/ShowNews.cfm?ID=FCA80842-063F-1657-BC5E7C57A4928F54>.
- USGS, NAWQA. 2015. *Groundwater-Quality Trends: Nitrate*. U.S. Department of the Interior.
- USGS. 2012. *Water use in the United States*. <http://water.usgs.gov/watuse/index.html>.
- USGS. 2016. *Water use for fracking*, United States Geological Survey. [http://www.usgs.gov/newsroom/images/2015\\_06\\_30/water\\_use\\_for\\_fracking.jpg](http://www.usgs.gov/newsroom/images/2015_06_30/water_use_for_fracking.jpg).
- Vanbergen, A.J. 2014. « Landscape alteration and habitat modification: impacts on plant-pollinator systems ». *Current Opinion in Insect Science* 5, 44-49. DOI : 10.1016/j.cois.2014.09.004. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214574514000807>.
- Veltmeyer, H., et P. Bowles. 2014. « Extractivist resistance: the case of the Enbridge oil pipeline project in Northern British Columbia ». *The Extractive Industries and Society* 1(1), 59-68. DOI : 10.1016/j.exis.2014.02.002. <http://www.researchgate.net/publication/262880261>.
- Vermeulen, S.J., B.M. Campbell et J.S. Ingram. 2012. « Climate change and food systems ». *Annual Review of Environment and Resources* 37(1), 195-222. DOI : 10.1146/annurev-enviro-020411-130608. <http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-enviro-020411-130608>.
- Vincent, W.F., T.V. Callaghan, D. Dahl-Jensen, M. Johansson, K.M. Kovacs, C. Michel, T. Prowse, J.D. Reist et M. Sharp. 2011. « Ecological implications of changes in the arctic cryosphere ». *Ambio* 40(Suppl 1), 87-89. DOI : 10.1007/s13280-011-0218-5. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3357775/>.
- Virginia, R.A., et K.S. Yalowitz. 2011. *A new paradigm for Arctic health: Challenges and responses to rapid climate, environmental, and social change*. Rapport d'un atelier tenu du 23 au 25 mai 2011, Dickey Center for International Understanding and the University of the Arctic, Institute for Applied Circumpolar Policy, Dartmouth College. <http://www.arcticforum.org/wp-content/uploads/2015/01/A-New-Paradigm-for-Arctic-Health-Challenges-and-Responses-to-Rapid-Environmental-and-Social-Change.pdf>.
- Vörösmarty, C.J., P.B. McIntyre, M.O. Gessner, D. Dudgeon, A. Prusevich, P. Green, S. Glidden, S.E. Bunn, C.A. Sullivan et C.R. Liermann. 2010. « Global threats to human water security and river biodiversity ». *Nature* 467(7315), 555-561. <http://www.nature.com/nature/journal/v467/n7315/pdf/nature09440.pdf>.
- Wade, A.B., L. Cooper et T. Gallegos. 2015. *Water used for hydraulic fracturing varies widely across United States: USGS releases first nationwide map of water usage*, le 30 juin. <http://www.usgs.gov/newsroom/article.asp?ID=4262#>. VgWfgMtVhBd.
- Walker, C., J. Baxter et D. Ouellette. 2014. « Beyond rhetoric to understanding determinants of wind turbine support and conflict in two Ontario, Canada communities ». *Environment and Planning A* 46(3), 730-745. DOI : 10.1068/a130004p. <http://epn.sagepub.com/content/46/3/730.full.pdf+html>.
- Walther, G.-R., C.A. Burga et P. Edwards (dir. de publ.). 2001. *"Fingerprints" of Climate Change: Adapted behaviour and shifting species ranges*. Springer, New York. <http://www.springer.com/us/book/9781461346678>.
- Wang, D.Z. 2008. « Neurotoxins from marine dinoflagellates: a brief review ». *Marine Drugs* 6(2), 349-371. DOI : 10.3390/md20080016. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2525493/pdf/md-6-349.pdf>.
- Waples, R.S., M. Nammack, J.F. Cochrane et J.A. Hutchings. 2013. « A tale of two acts: endangered species listing practices in Canada and the United States ». *BioScience* 63(9), 723-734. <http://bioscience.oxfordjournals.org/content/63/9/723.full>.
- WardsAuto. 2015. *An analytical firm reporting on statistics for the automobile industry worldwide*. <http://wardsauto.com/news-analysis/wpr/d-vehicle-population-tops-1-billion-units>.
- Warner, B., et J. Shapiro. 2013. « Fractured, fragmented federalism: A study in fracking regulatory policy ». *Publius: The Journal of Federalism* 43(3), 474-496. DOI : 10.1093/publius/pjto14. <http://publius.oxfordjournals.org/content/43/3/474.full.pdf+html>.
- Watersheds Counts. 2014. *Narragansett Bay Watershed report with a spotlight on marine and freshwater beaches*. Watersheds Counts. [http://www.watershed-counts.org/documents/Watershed\\_Counts\\_Report\\_2014.pdf](http://www.watershed-counts.org/documents/Watershed_Counts_Report_2014.pdf).
- Watson, R.T., I.R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo et D.J. Dokken. 2000. *Land use, land-use change and forestry: a special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/srl-en.pdf>.
- WCS et CIESIN. 2005. *Last of the Wild, v2: Global human footprint (Geographic), v2 (1995-2004)*. NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Palisades, NY. <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/wildareas-v2-human-footprint-geographic>.
- Weather Bell. 2015. *NCEP GFS 500 hPa geopotential height [x10 gpm] & anomaly [gpm] analysis*. [http://weather.graphics/climate/2015/noram/gfs\\_2500a\\_noram\\_2015021912.png](http://weather.graphics/climate/2015/noram/gfs_2500a_noram_2015021912.png). (Consulté le 19 février 2015).
- Webb, R. 2015. « New research suggests fracking could undermine water availability in Texas ». *Kay Bailey Hutchison Center for Energy, Law & Business*, 8 June. [https://utexas-ir.tdl.org/bitstream/handle/2152/30156/2015\\_06\\_08\\_fracking\\_could\\_undermine\\_water\\_availability.pdf?sequence=2](https://utexas-ir.tdl.org/bitstream/handle/2152/30156/2015_06_08_fracking_could_undermine_water_availability.pdf?sequence=2).
- Weber, F.A., A. Bergmann, S. Hickmann, I. Ebert, A. Hein et A. Küster. 2016. « Pharmaceuticals in the environment—global occurrences and perspectives ». *Environmental Toxicology and Chemistry* 9999(9999), 1-13. DOI : 10.1002/etc.3339. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.3339/epdf>.
- Webster, K.L., F.D. Beall, I.F. Creed et D.P. Kreuzweiser. 2015. « Impacts and prognosis of natural resource development on water and wetlands in Canada's boreal zone ». *Environmental Reviews* 23(1), 78-131. DOI : 10.1139/er-2014-0063. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/er-2014-0063>. (Consulté le 1<sup>er</sup> octobre 2015).

- Wehausen, J.D., S.T. Kelley et R.R. Ramey. 2011. « Domestic sheep, bighorn sheep, and respiratory disease: a review of the experimental evidence ». *California Fish and Game* 97(1), 7-24. <https://nrm.dfg.ca.gov/FileHandler.ashx?DocumentID=46511>.
- Weingarten, M., S. Ge, J.W. Godt, B.A. Bekins et J.L. Rubinstein. 2015. « High-rate injection is associated with the increase in US mid-continent seismicity ». *Science* 348(6241), 1336-1340. [https://www.heartland.org/sites/default/files/high-rate\\_injection\\_is\\_associated\\_with\\_increase\\_in\\_us\\_mid-continent\\_seismicity.pdf](https://www.heartland.org/sites/default/files/high-rate_injection_is_associated_with_increase_in_us_mid-continent_seismicity.pdf).
- Wentz, E.A., S. Anderson, M. Fragkias, M. Netzband, V. Mesev, S.W. Myint, D. Quattrochi, A. Rahman et K.C. Seto. 2014. « Supporting global environmental change research a review of trends and knowledge gaps in urban remote sensing ». *Remote Sensing of Environment* 6(5), 3879-3905. DOI : 10.3390/rs6053879. <http://www.mdpi.com/2072-4292/6/5/3879/pdf>.
- West, J.J., et G.K. Hovelsrud. 2010. « Cross-scale adaptation challenges in the coastal fisheries: findings from Lebesby, Northern Norway ». *ARCTIC* 63(3), 338-354. DOI : <http://dx.doi.org/10.14430/arctic1497>. <http://arctic.journalhosting.ucalgary.ca/arctic/index.php/arctic/article/view/1497>.
- Whitens, G., C. Behrens et C. Glover. 2009. *U.S. fossil fuel resources: Terminology, reporting, and summary* Congressional Research Service. <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA509741>.
- Williams, A.P., C.D. Allen, C.I. Millar, T.W. Swetnam, J. Michaelsen, C.J. Still et S.W. Leavitt. 2010. « Forest responses to increasing aridity and warmth in the southwestern United States ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(50), 21289-21294. <http://www.pnas.org/content/107/50/21289.full.pdf>.
- Williams, A.P., R. Seager, J.T. Abatzoglou, B.I. Cook, J.E. Smerdon et E.R. Cook. 2015. « Contribution of anthropogenic warming to California drought during 2012–2014 ». *Geophysical Research Letters*, 6819-6828. DOI : 10.1002/2015GL064924. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2015GL064924/full>. (Consulté le 28 août 2015).
- Williams, M.M. 2014. « Few crop traits accurately predict variables important to productivity of processing sweet corn ». *Field Crops Research* 157(2014), 20-26. [https://www.researchgate.net/publication/259515589\\_Few\\_crop\\_traits\\_accurately\\_predict\\_variables\\_important\\_to\\_productivity\\_of\\_processing\\_sweet\\_corn](https://www.researchgate.net/publication/259515589_Few_crop_traits_accurately_predict_variables_important_to_productivity_of_processing_sweet_corn).
- Williams, T., et P. Hardison. 2013. « Culture, law, risk and governance: contexts of traditional knowledge in climate change adaptation ». *Climatic Change* 120(3), 531-544. DOI : <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-013-0850-0>. <http://link.springer.com/article/10.1007%2F10584-013-0850-0#page-1>.
- Wilson Center. 2013. *Opportunities and challenges for Arctic oil and gas development*. Wilson Center. [http://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Arctic%20Report\\_F2.pdf](http://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Arctic%20Report_F2.pdf).
- Wiser, R., et M. Bolinger. 2015. *2014 wind technologies market report*. U.S. Department of Energy. <http://energy.gov/sites/prod/files/2015/08/f25/2014-Wind-Technologies-Market-Report-8-7.pdf>.
- Wolschke, H., X.-Z. Meng, Z. Xie, R. Ebinghaus et M. Cai. 2015. « Novel flame retardants (N-FRs), polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and dioxin-like polychlorinated biphenyls (DL-PCBs) in fish, penguin, and skua from King George Island, Antarctica ». *Marine pollution bulletin* 96(1), 513-518. [https://www.researchgate.net/profile/Xiang-Zhou\\_Meng/publication/275526379\\_Novel\\_flame\\_retardants\\_\(N-FRs\)\\_polybrominated\\_diphenyl\\_ethers\\_\(PBDEs\)\\_and\\_dioxin-like\\_polychlorinated\\_biphenyls\\_\(DL-PCBs\)\\_in\\_fish\\_penguin\\_and\\_skua\\_from\\_King\\_George\\_Island\\_Antarctica/links/55f6e16108a0e7629dbafe63.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Xiang-Zhou_Meng/publication/275526379_Novel_flame_retardants_(N-FRs)_polybrominated_diphenyl_ethers_(PBDEs)_and_dioxin-like_polychlorinated_biphenyls_(DL-PCBs)_in_fish_penguin_and_skua_from_King_George_Island_Antarctica/links/55f6e16108a0e7629dbafe63.pdf).
- World Bank. 2012. *Moving beyond GDP: How to factor natural capital into economic decision making*. World Bank, Washington DC. [http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2012/06/07/000386194\\_20120607014800/Rendered/PDF/696120WPoMovin-00606020120Box369282B.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2012/06/07/000386194_20120607014800/Rendered/PDF/696120WPoMovin-00606020120Box369282B.pdf).
- Wright, S.L., D. Rowe, R.C. Thompson et T.S. Galloway. 2013a. « Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms ». *Current Biology* 23(23), 1031-1033. DOI : 10.1016/j.cub.2013.10.068. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982213013432>.
- Wright, S.L., R. Thompson et T.S. Galloway. 2013b. « The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review ». *Environmental Pollution* 178, 483-492. DOI : 10.1016/j.envpol.2013.02.031. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749113001140>.
- WWF. 2015. *Living Blue Planet report: Species, habitats and human well-being*. World Wildlife Fund, Gland. <http://www.worldwildlife.org/publications/living-blue-planet-report-2015>.
- Xiao, Y., Q. Su, S. Bresler, S. Frederick, R. Carroll, J.R. Schmitt et M. Olaleye. (2014). « Performance-based regulation model in PJM wholesale markets ». *PES General Meeting Conference & Exposition*. National Harbor, MD, 27-31 juillet. IEEE 1-5 DOI : 10.1109/PESGM.2014.6939371. [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&number=6939371&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D6939371](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&number=6939371&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6939371).
- Young, A., et M. Nichols. 2016. *Beyond Flint: Excessive lead levels found in almost 2,000 water systems across all 50 states*. USA TODAY. <http://www.usatoday.com/story/news/2016/03/11/nearly-2000-water-systems-fail-lead-tests/81220466/>.
- Young, O.R., J.D. Kim et Y.H. Kim (dir. de publ.). 2014. *The Arctic in world affairs: a North Pacific dialogue on international cooperation in a changing Arctic: 2014 North Pacific Arctic conference proceedings*. Korea Maritime Institute and East-West Center, Seoul and Honolulu. <http://www.eastwestcenter.org/publications/the-arctic-in-world-affairs-north-pacific-dialogue-international-cooperation-in>.
- Zemp, M., H. Frey, I. Gärtner-Roer, S.U. Nussbaumer, M. Hoelzle, F. Paul, W. Haeberli, F. Denzinger, A.P. Ahlstrøm, B. Anderson et al. 2015. « Historically unprecedented global glacier decline in the early 21st century ». *Journal of Glaciology* 61(228), 745-762. DOI : 10.3189/2015JG15J017. [http://www.geo.uzh.ch/~mzemp/Docs/Zemp\\_etal\\_JoG\\_2015.pdf](http://www.geo.uzh.ch/~mzemp/Docs/Zemp_etal_JoG_2015.pdf).
- Zemp, M., M. Hoelzle et W. Haeberli. 2009. « Six decades of glacier mass-balance observations: a review of the worldwide monitoring network ». *Annals of Glaciology* 50(50), 101-111. <http://www.igsoc.org:8080/annals/50/50/a50a018.pdf>.
- Zhu, Z., et D.L. Evans. 1994. « US forest types and predicted percent forest cover from AVHRR data ». *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 60(5), 525-531. <http://www.osti.gov/scitech/biblio/53461NorthAmericaLayer1Chapter3References> – le 15 mai 2016.

## Chapitre 3

ACEEE. 2016. *The International Energy Efficiency Scorecard*. American Council for an Energy-Efficient Economy. <http://aceee.org/portal/national-policy/international-scorecard>.

Adaptation Canada. 2016. *Symposium national sur l'adaptation aux changements climatiques, du 12 au 14 avril, 2016*. <https://adaptationcanada2016.ca/fr/adaptation-canada-2016/>.

Agribotix. 2016. *Agricultural intelligence* <http://agribotix.com>.

Alberta. 2012. *Portail d'information Canada-Alberta sur la surveillance environnementale des sables bitumineux*. <http://jointoilsandsmonitoring.ca/>.

Alexander, C., et E. Olson. (2013). *Integrated water management in the Colorado River Basin: Evaluation of decision support platforms and tools: Final report prepared for The Colorado River Program of The Nature Conservancy*. The Nature Conservancy, Boulder, CO. <http://southernrockieslcc.org/southrock/wp-content/uploads/2014/01/Eval-DSS-Integrated-Water-Mgmt-Colorado-FINAL-Report-Dec-10-2013.pdf>.



- Alexander-Bloch, B. 2014. « BP Deepwater Horizon disaster offered lessons for more rapid, cooperative response, scientists say ». *The Times-Picayune*, le 29 janvier. NOLA Media Group. [http://www.nola.com/environment/index.ssf/2014/01/bp\\_deepwater\\_horizon\\_oil\\_spill\\_2.html](http://www.nola.com/environment/index.ssf/2014/01/bp_deepwater_horizon_oil_spill_2.html).
- Allsopp, M.H., W.J. de Lange et R. Veldtman. 2008. « Valuing insect pollination services with cost of replacement ». *PLoS ONE* 3(9), 8. DOI : <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0003128>. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0003128>.
- Andersen, R.W. 1978. « Resource Conservation and Recovery Act of 1976: Closing the gap ». *Wisconsin Law Review* 1978(3), 633-714.
- Andrey, J., P. Kertland et F. Warren. 2014. « Infrastructure hydraulique et infrastructure de transport ». In *VIVRE AVEC LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES*. Warren, F.J., et D.S Lemmen. (dir. de la publ.). Gouvernement du Canada, Ottawa, chapitre 8, 235-252. [https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Chapitre8-Infrastructures\\_Fra.pdf](https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Chapitre8-Infrastructures_Fra.pdf).
- ARQEGU. 2012. *Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs : 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*. Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. [https://binational.net/wp-content/uploads/2014/05/1094\\_Canada-USA-GLWQA\\_f.pdf](https://binational.net/wp-content/uploads/2014/05/1094_Canada-USA-GLWQA_f.pdf). (Consulté le 27 novembre 2015).
- ATFS. 2016. *American Tree Farm System*. [https://www.treefarmssystem.org/?\\_ga=1.176710496.474096920.1456765964](https://www.treefarmssystem.org/?_ga=1.176710496.474096920.1456765964).
- Bagstad, K.J., D.J. Semmens et R. Winthrop. 2013. « Comparing approaches to spatially explicit ecosystem service modeling: A case study from the San Pedro River, Arizona ». *Ecosystem Services* 5, 40-50. [http://sites.nicholasinstitute.duke.edu/nesp-firmes/files/2013/09/Bagstad\\_ES-modeling\\_San-Pedro.pdf](http://sites.nicholasinstitute.duke.edu/nesp-firmes/files/2013/09/Bagstad_ES-modeling_San-Pedro.pdf).
- Bagstad, K.J., F. Villa, D. Batker, J. Harrison-Cox, B. Voigt et G.W. Johnson. 2014. « From theoretical to actual ecosystem services: mapping beneficiaries and spatial flows in ecosystem service assessments ». *Ecology and Society* 19(2), 64. <https://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/bitstream/handle/10535/9478/ES-2014-6523.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Barber, J. 2014. « Communicating sustainable production and consumption: Challenges and strategies ». *Global Transitions to Sustainable Production and Consumption Systems*. Fudan University, 8-11 juin 2014. Shanghai. [http://isforum.weebly.com/uploads/2/3/9/9/23997423/communicating\\_spac\\_2014.pdf](http://isforum.weebly.com/uploads/2/3/9/9/23997423/communicating_spac_2014.pdf).
- Bast, E., A. Doukas, S. Pickard, L. Van Der Burg et S. Whitley. 2015. *Empty promises: G20 subsidies to oil, gas and coal production*. Overseas Development Institute (ODI). <http://www.odi.org/publications/10058-production-subsidies-oil-gas-coal-fossil-fuels-g20-broken-promises>.
- Bauers, S. 2009. « Breaking ground with a \$1.6 billion plan to tame water ». *The Philadelphia Inquirer*, 27 septembre. [http://www.nacwa.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=672:breaking-ground-with-a-16-billion-plan-to-tame-water&catid=27:nacwa-in-the-news](http://www.nacwa.org/index.php?option=com_content&view=article&id=672:breaking-ground-with-a-16-billion-plan-to-tame-water&catid=27:nacwa-in-the-news).
- BEA. 2015. *Site index*. U.S. Bureau of Economic Analysis. <http://www.bea.gov/azindex/index.htm>.
- Beatley, T. 2012. *Green urbanism: Learning from European cities*. Island Press. <http://islandpress.org/book/green-urbanism>.
- Bell, S., et A. Hindmoor. 2009. *Rethinking governance: the centrality of the state in modern society*. Cambridge University Press.
- Betsill, M.M. 2001. « Acting locally, does it matter globally? The contribution of US cities to global climate change mitigation ». *Open Meeting of the Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community*. Rio De Janeiro, Brazil, 6-8 octobre 2001.
- Bierbaum, R., A. Lee, J. Smith, M. Blair, L.M. Carter, F.S. Chapin III, P. Fleming, S. Ruffo, S. McNeeley, M. Stults et al. 2014. « Adaptation ». In *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. Melillo, J.M., T.T.C. Richmond et G.W. Yohe (dir. de publ.). U.S. Global Change Research Program, chapitre 28, 670-706. <http://nca2014.globalchange.gov/report/response-strategies/adaptation>.
- Bierbaum, R., J.B. Smith, A. Lee, M. Blair, L. Carter, F.S., III Chapin, P. Fleming, S. Ruffo, M. Stults, S. McNeeley et al. 2013. « A comprehensive review of climate adaptation in the United States: more than before, but less than needed ». *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 18(3), 361-406. DOI : 10.1007/s11027-012-9423-1. [http://www.lter.uaf.edu/pdf/1734\\_Bierbaum\\_Smith\\_2013.pdf](http://www.lter.uaf.edu/pdf/1734_Bierbaum_Smith_2013.pdf).
- Binational.net. 2016. *Collaboration canado-américaine pour la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*. <https://binational.net/fr/>.
- Biodivcanada. 2016. *Buts et objectifs canadiens pour la biodiversité d'ici 2020*. <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=9B5793F6-1>.
- Blank, S. 2013. « Why the lean start-up changes everything ». *Harvard Business Review* 91(5), 63-72. [http://host.uniroma3.it/facolta/economia/db/materiali/insegnamento/611\\_8959.pdf](http://host.uniroma3.it/facolta/economia/db/materiali/insegnamento/611_8959.pdf).
- Blodgett, D., J. Lucido et J. Krefl. 2015. « Progress on water data integration and distribution: a summary of select US Geological Survey data systems ». *Journal of Hydroinformatics* 18(1). DOI : 10.2166/hydro.2015.067. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/70160939>.
- Blok, V., T.B. Long, A.I. Gaziulusoy, N. Ciliz, R. Lozano, D. Huisigh, M. Csutora et C. Boks. 2015. « From best practices to bridges for a more sustainable future: Advances and challenges in the transition to global sustainable production and consumption: Introduction to the ERSCP stream of the Special volume ». *Journal of Cleaner Production* 108, 19-30. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.119>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615004941>.
- Bolinger, M., et R. Wiser. 2009. « Wind power price trends in the United States: struggling to remain competitive in the face of strong growth ». *Energy Policy* 37(3), 1061-1071. <https://escholarship.org/uc/item/7390v17w>.
- Botham, R. 2015. *RE: Existing suite of federal climate policy measures*. [Mémoire] A : P. Rochon, le 30 juin. <http://s3.documentcloud.org/documents/2504010/finance-atip.pdf>.
- Bowles, S. 2011. *Méli-logo? La consommation et la production durables en Amérique du Nord*. Gouvernement du Canada. Projet de recherche sur les politiques, Ottawa. [http://www.horizons.gc.ca/sites/default/files/Publication-alt-format/2011-0058\\_fra.pdf](http://www.horizons.gc.ca/sites/default/files/Publication-alt-format/2011-0058_fra.pdf).
- Brattebø, H., et R. Lifset. 2015. « Winners of the 2014 Graedel prizes: the JIE best paper prizes ». *Journal of industrial ecology* 19(7), 521-687. DOI : 10.1111/jiec.12352. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12339/pdf>.
- British Columbia. 2015a. *Licensing groundwater use under British Columbia's Water Sustainability Act*. Province de la Colombie-Britannique, Ottawa. <https://engage.gov.bc.ca/watersustainabilityact/files/2016/02/LicensingGroundwater-Use-Web-Copy.pdf>. (Consulté le 27 novembre 2015).
- British Columbia. 2015b. *The new groundwater protection regulation under B.C.'s Water Sustainability Act*. Province de la Colombie-Britannique, Ottawa. <https://engage.gov.bc.ca/watersustainabilityact/files/2016/02/GroundwaterProtection-Regulation-Web-Copy.pdf> (Consulté le 27 novembre 2015).
- British Columbia Legislative Assembly. 2014. *Water Sustainability Act: Bill 18-2014*. [https://www.leg.bc.ca/Pages/BCLASS-Legacy.aspx#%2Fcontent%2Fleg-gacy%2Fweb%2F40th2nd%2F3rd\\_read%2Fgov18-3.htm](https://www.leg.bc.ca/Pages/BCLASS-Legacy.aspx#%2Fcontent%2Fleg-gacy%2Fweb%2F40th2nd%2F3rd_read%2Fgov18-3.htm).
- British Columbia Ministry of Finance. 2015. *Carbon tax: Overview of the revenue-neutral carbon tax*. [http://www.fin.gov.bc.ca/tbs/tp/climate/carbon\\_tax.htm](http://www.fin.gov.bc.ca/tbs/tp/climate/carbon_tax.htm).
- Bulkeley, H. 2013. *Cities and climate change*. Routledge, London. <https://www.routledge.com/products/9780415597050>.
- Bulkeley, H., et M.M. Betsill. 2013. « Revisiting the urban politics of climate change ». *Environmental Politics* 22(1), 136-154. <http://dro.dur.ac.uk/11689/1/11689.pdf>.



- C2ES. 2015. *Q&A: EPA regulation of greenhouse gas emissions from existing power plants*. Center for Climate and Energy Solutions (dir. de la publ.). <http://www.c2es.org/federal/executive/epa/q-a-regulation-greenhouse-gases-existing-power>. (Téléchargé le 4 décembre 2015).
- CAC. 2009. *La gestion durable des eaux souterraines au Canada*. Conseil des académies canadiennes, Ottawa. [http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20news%20releases/groundwater/\(2009-05-11\)%20communiqu%20de%20presse%20-%20ogw.pdf](http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20news%20releases/groundwater/(2009-05-11)%20communiqu%20de%20presse%20-%20ogw.pdf).
- CAC. 2013. *L'eau et l'agriculture au Canada : vers une gestion durable des ressources en eau : Le Comité d'experts sur la gestion durable de l'eau des terres agricoles du Canada* Conseil des académies canadiennes, Ottawa. [http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20news%20releases/water-agri/wag\\_fullreportfr.pdf](http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20news%20releases/water-agri/wag_fullreportfr.pdf).
- California Water Boards. 2015. *Water conservation portal: Emergency conservation regulation*. California Environmental Protection Agency. [http://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/conservation\\_portal/emergency\\_regulation.shtml](http://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/conservation_portal/emergency_regulation.shtml).
- Canada. 2016. *Rapport d'étape de 2015 sur la Stratégie fédérale de développement durable*. <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/conservation/durabilite/strategie-federale-developpement-durable/rapport-etape-2015/protoger-nature.html>.
- CBC News. 2013. « Halifax councillor driving toll road talks again ». *CBC News*, le 13 mars. <http://www.cbc.ca/news/canada/nova-scotia/halifax-councillor-driving-toll-road-talks-again-1.1372314>. (Consulté le 18 février 2016).
- CBD. 2014. *Progress towards the Aichi Biodiversity Targets: An assessment of biodiversity trends, policy scenarios and key actions*. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-78-en.pdf>.
- CCE. 2015. *Plan opérationnel de la CCE pour 2015-2016 : description du projet 13 : Exécution de programmes de communication, de conservation participative et d'éducation le long du parcours migratoire du monarque*. Commission de coopération environnementale. [http://www.cec.org/sites/default/files/documents/plans\\_operationnels/operational-plan\\_2015-2016-fr.pdf](http://www.cec.org/sites/default/files/documents/plans_operationnels/operational-plan_2015-2016-fr.pdf).
- CCME. 2012. *Le Système de gestion de la qualité de l'air : rôles et responsabilités des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux* Conseil canadien des ministres de l'environnement. [http://www.ccme.ca/files/current\\_priorities/fr\\_aqms/pn\\_1476\\_roles\\_and\\_respn\\_final\\_fr.pdf](http://www.ccme.ca/files/current_priorities/fr_aqms/pn_1476_roles_and_respn_final_fr.pdf).
- CCME. 2014. *Standards pancanadiens relatifs aux particules et à l'ozone : 2012 rapport final*. Conseil canadien des ministres de l'environnement, Ottawa. [http://www.ccme.ca/files/Resourcess/fr\\_air/fr\\_pmozone/PN\\_1527\\_2012\\_CWS\\_for\\_PM\\_and\\_Ozone\\_Final\\_Report-Fr.pdf](http://www.ccme.ca/files/Resourcess/fr_air/fr_pmozone/PN_1527_2012_CWS_for_PM_and_Ozone_Final_Report-Fr.pdf).
- CCME. 2016. *Priorités actuelles : vision de la gestion des matières résiduelles*. Conseil canadien des ministres de l'environnement. [http://www.ccme.ca/fr/current\\_priorities/waste/waste\\_vision\\_fr.html?](http://www.ccme.ca/fr/current_priorities/waste/waste_vision_fr.html?)
- CCMF. 2008. *Une vision pour les forêts du Canada : 2008 et au-delà*. Conseil canadien des ministres des forêts. [http://scf.mcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/28842\\_f.pdf](http://scf.mcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/28842_f.pdf).
- CEDD. 2010. « L'adaptation aux impacts climatiques ». Dans *Rapport du commissaire à l'environnement et au développement durable à la Chambre des communes – Automne 2010*. Ministère des Travaux publics et des Services gouvernementaux du Canada, Ottawa, chapitre 3. [http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl\\_cesd\\_201012\\_03\\_f\\_34426.html](http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_cesd_201012_03_f_34426.html).
- CEDD. 2012. « Une étude de soutien fédéral au secteur des combustibles fossiles ». Dans *Rapport du commissaire à l'environnement et au développement durable – Automne 2012*. Bureau du vérificateur général du Canada, chapitre 4, 45. [http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/docs/parl\\_cesd\\_201212\\_04\\_f.pdf](http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/docs/parl_cesd_201212_04_f.pdf).
- CEDD. 2014. *Rapport du commissaire à l'environnement et au développement durable à la Chambre des communes – Automne 2014*. Ministère des Travaux publics et des Services gouvernementaux du Canada. [http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl\\_cesd\\_201410\\_f\\_39845.html](http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_cesd_201410_f_39845.html).
- CIESIN. 2016. *The Columbia University Superfund Research Program: NPL Superfund Footprint: Site, Population, and Environmental Characteristics*. Center for International Earth Science Information Network. <http://superfund.ciesin.columbia.edu/sfmapper>. (Consulté le 3 mars 2016).
- CIMA. 2014. *Accounting for natural capital: the elephant in the boardroom*. Chartered Institute of Management Accountants, London. [http://www.cimaglobal.com/Documents/Thought\\_leadership\\_docs/Sustainability%20and%20Climate%20Change/CIMA-accounting-for-natural-capital.pdf](http://www.cimaglobal.com/Documents/Thought_leadership_docs/Sustainability%20and%20Climate%20Change/CIMA-accounting-for-natural-capital.pdf).
- City of Newark. 2012. *Municipal Public Access Plan*. <http://www.nj.gov/dep/cmp/access/docs/draftmpaps/newark-city.pdf>. (Consulté le 18 février 2016).
- City of Vancouver. 2015. *Vancouver first major city in North America to approve 100% Renewable Energy Strategy*. <http://www.mayorofvancouver.ca/news/vancouver-first-major-city-north-america-approve-100-renewable-energy-strategy>.
- Claassen, R. 2014. *Agricultural Act of 2014: Highlights and implications*. United States Department of Agriculture. <http://www.ers.usda.gov/agricultural-act-of-2014-highlights-and-implications/conservation.aspx>.
- Clark, J.R. 2015. « Congress's assault on Endangered Species Act does not mirror public opinion ». *HuffPost Green*, le 29 septembre. [http://www.huffingtonpost.com/jamie-rappaport-clark/at-what-cost\\_b\\_8215738.html](http://www.huffingtonpost.com/jamie-rappaport-clark/at-what-cost_b_8215738.html).
- Clean Energy Canada. 2014. *Tracking the Energy revolution: Canada edition 2014*. <http://cleanenergycanada.org/wp-content/uploads/2014/12/Tracking-the-Energy-Revolution-Canada-.pdf>.
- Climate Central. 2015. *Clean Power Plan's emissions targets for 2030*. <http://www.climatecentral.org/highcharts/StateMassGoals2015/map-600.html>. (Consulté le 4 décembre 2015).
- Colorado Oil and Gas Task Force. 2015. *Colorado Oil and Gas Task Force: Final Report*. <http://dnr.state.co.us/ogtaskforce/Documents/OilGasTaskForceFinal-Report.pdf>. (Consulté le 4 décembre 2015).
- Costanza, R., O. Perez-Maqueo., M. L. Martinez., P. Sutton., S. J. Anderson et K. Mulder. 2008. « The value of coastal wetlands for hurricane protection ». *Ambio* 37(4), 241-8. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18686502>.
- Cusick, D. 2015. « Renewables boom expected thanks to tax credit: Congress renewed tax credits for investing in wind and solar power, leading experts to predict more rapid growth ». *Scientific American*, le 21 décembre. <http://www.scientificamerican.com/article/renewables-boom-expected-thanks-to-tax-credit/>.
- Daley, D.M., et D.F. Layton. 2004. « Policy implementation and the Environmental Protection Agency: What factors influence remediation at superfund sites? ». *Policy Studies Journal* 32(3), 375-392. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-0072.2004.00071.x/epdf>.
- Decker, E.H., S. Elliott, F.A. Smith, D.R. Blake et F.S. Rowland. 2000. « Energy and material flow through the urban ecosystem ». *Annual Review of Energy and the Environment* 25(1), 685-740. DOI : 10.1146/annurev.energy.25.1.685. [https://www.researchgate.net/publication/228431431\\_Energy\\_and\\_material\\_flow\\_through\\_the\\_urban\\_ecosystem\\_Annu\\_Rev\\_Energy\\_Environ](https://www.researchgate.net/publication/228431431_Energy_and_material_flow_through_the_urban_ecosystem_Annu_Rev_Energy_Environ).
- Dickinson, T., T. Male et A. Zaidi. 2015. « Incorporating natural infrastructure and ecosystem services in federal decision-making ». *The White House: President Barack Obama*, le 7 octobre. <https://www.whitehouse.gov/blog/2015/10/07/incorporating-natural-infrastructure-and-ecosystem-services-federal-decision-making>.
- Doelle, M. 2012. « CEEA 2012: The end of federal EA as we know it? ». *Journal of Environmental Law and Practice* 24(1), 1-17. <http://search.proquest.com/openview/w/2b9025520587d5cbe872a6c46b6ab236/1?pq-origsite=gscholar&cbl=28151>.
- Doesken, N., et H. Reges. 2010. « The value of the citizen weather observer ». *Weatherwise: The Power, The Beauty, The Excitement* 63(6), 30-37. <http://www.cocorahs.org/media/docs/novdec2010wise.pdf>.

- Downes, B.J., F. Miller, J. Barnett, A. Glaister et H. Ellemor. 2013. « How do we know about resilience? An analysis of empirical research on resilience, and implications for interdisciplinary praxis ». *Environmental Research Letters* 8(1), 014041. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/1/014041>.
- DSIRE. 2015. *Database of state incentives for renewables & efficiency*. <http://www.dsireusa.org/>. (Consulté le 14 mars 2015).
- Duff, D.G. 2008. « Carbon taxation in British Columbia ». *Vermont Journal of Environmental Law* 10, 87-107. [http://vjel.vermontlaw.edu/files/2013/06/Carbon\\_Taxation\\_in\\_British\\_Columbia.pdf](http://vjel.vermontlaw.edu/files/2013/06/Carbon_Taxation_in_British_Columbia.pdf).
- Ecomaine. 2016. *Pollution control system*. <http://www.ecomaine.org/electricgen/processdiagram.pdf>.
- EIU. 2011. *US and Canada Green City Index: Assessing the environmental performance of 27 major US and Canadian cities: A research project conducted by the Economist Intelligence Unit, sponsored by Siemens, Munich, Germany*. [http://www.siemens.com/entry/cc/features/greencityindex\\_international/all/en/pdf/report\\_northamerica\\_en.pdf](http://www.siemens.com/entry/cc/features/greencityindex_international/all/en/pdf/report_northamerica_en.pdf).
- Elgie, S., et J. McClay. 2013. « Policy Commentary/Commentaire BC's Carbon Tax Shift Is Working Well after Four Years (Attention Ottawa) ». *Analyse de politiques* 39 (Supplement 2), S1-S10. <http://www.utpjournals.press/doi/pdf/10.3138/CPP.39.Supplement2.S1>
- ELI. 2009. *Estimating US Government subsidies to energy sources, 2002-2008*. Environmental Law Institute, Washington, DC. [https://www.eli.org/sites/default/files/eli-pubs/d19\\_07.pdf](https://www.eli.org/sites/default/files/eli-pubs/d19_07.pdf).
- Ellen MacArthur Foundation. 2013. *Circular economy system diagram*. <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/interactive-diagram>.
- Eller, D. 2015a. « Sides line up in Des Moines water works' nitrate lawsuit ». *The Des Moines Register*, le 2 avril. <http://www.desmoinesregister.com/story/money/agriculture/2015/04/01/water-works-lawsuit-sac-calhoun-buena-vista/70801528/>. (Consulté le 4 mars 2016).
- Eller, D. 2015b. « Fight over Des Moines WaterWorks lawsuit heats up ». *The Des Moines Register*, le 19 mai. <http://www.desmoinesregister.com/story/money/agriculture/2015/05/14/water-works-nitrates-lawsuit/27331305/>. (Consulté le 4 mars 2016).
- Elliott, D. 2015. « Ballot fight over fracking could be shaping up in Colorado ». Le 11 juillet. <http://bigstory.ap.org/article/6cf9dd5e37c841d3b10b200999fe07e6/ballot-fight-over-fracking-could-be-shaping-colorado>. (Consulté le 4 décembre 2015).
- Environnement Canada. 2011. *Cadre stratégique fédéral sur l'adaptation*. Environnement Canada, Gatineau, QC. [https://ipcc-wg2.gov/njlite\\_download2.php?id=9540](https://ipcc-wg2.gov/njlite_download2.php?id=9540).
- Environnement Canada. 2014a. *Plan de gestion du monarque (Danaus plexippus) au Canada. Loi sur les espèces en péril*, Série de Plans de gestion. [http://www.sararegistry.gc.ca/virtual\\_sara/files/plans/mp\\_monarch\\_f\\_proposed.pdf](http://www.sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/plans/mp_monarch_f_proposed.pdf). (Consulté le 23 novembre 2015).
- Environnement Canada. 2014b. *Le sixième rapport du Canada sur les changements climatiques*. Environnement Canada. [http://ec.gc.ca/cc/16153A64-BDA4-4DBB-A514-B159C5149B55/6458\\_EC\\_ID1180-MainBook\\_Fr\\_final%20FINAL-s.pdf](http://ec.gc.ca/cc/16153A64-BDA4-4DBB-A514-B159C5149B55/6458_EC_ID1180-MainBook_Fr_final%20FINAL-s.pdf). (Consulté le 4 décembre 2015).
- Environnement Canada. 2015a. *Microbilles : résumé scientifique*. Environnement Canada. [https://www.ec.gc.ca/ese-ees/ADD4C5F-F397-48D5-AD17-63F989EBDoE5/Microbeads\\_Science%20Summary\\_FR.pdf](https://www.ec.gc.ca/ese-ees/ADD4C5F-F397-48D5-AD17-63F989EBDoE5/Microbeads_Science%20Summary_FR.pdf).
- Environnement Canada. 2015b. *Microbilles*. <http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca/plan/approach-proche/microb-fra.php>.
- Environnement et Changement climatique Canada. 2016. *Les mesures du Canada face aux changements climatiques*. <http://www.climatechange.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=72f16a84-1>.
- EPI. 2016. *Environment Performance Index*. <http://epi.yale.edu/reports/2016-report>.
- Epstein, M.J., et A.R. Buhovac. 2014. *Making sustainability work: best practices in managing and measuring corporate social, environmental, and economic impacts*. Berrett-Koehler Publishers. [http://www.bkconnection.com/static/Making\\_Sustainability\\_Work\\_EXCERPT.pdf](http://www.bkconnection.com/static/Making_Sustainability_Work_EXCERPT.pdf).
- European Commission. 2016. *Circular economy: New regulation to boost the use of organic and waste-based fertilisers*, le 17 mars. [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-16-826\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-826_en.htm).
- Evans, D.M., J.P. Che-Castaldo, D. Crouse, F.W. Davis, R. Epanchin-Niell, C.H. Flather, R.K. Frohlich, D.D. Goble, Y.-W. Lin et T.D. Male. 2016. « Species recovery in the United States: Increasing the effectiveness of the endangered species act ». *Issues in Ecology* 2016(20), 1-28. <http://escholarship.org/uc/item/8k61j403>.
- Fann, N., H.A. Roman, C.M. Fulcher, M.A. Gentile, B.J. Hubbell, K. Wesson et J.I. Levy. 2011. « Maximizing health benefits and minimizing inequality: incorporating local-scale data in the design and evaluation of air quality policies ». *Risk Analysis* 31(6), 908-922. DOI : 10.1111/j.1539-6924.2011.01629.x. [https://www.researchgate.net/profile/Neal\\_Fann/publication/51168316\\_Maximizing\\_Health\\_Benefits\\_and\\_Minimizing\\_Inequality\\_Incorporating\\_Local-Scale\\_Data\\_in\\_the\\_Design\\_and\\_Evaluation\\_of\\_Air\\_Quality\\_Policies/links/09e4150f7f3c304a5200000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Neal_Fann/publication/51168316_Maximizing_Health_Benefits_and_Minimizing_Inequality_Incorporating_Local-Scale_Data_in_the_Design_and_Evaluation_of_Air_Quality_Policies/links/09e4150f7f3c304a5200000.pdf).
- FCM. 2004. *Les déchets solides, une ressource à exploiter : recueil des politiques relatives aux déchets*. Fédération canadienne des municipalités. [https://www.fcm.ca/Documents/tools/GMF/Solid\\_Waste\\_as\\_a\\_Resource\\_Review\\_of\\_Waste\\_Policies\\_FR.pdf](https://www.fcm.ca/Documents/tools/GMF/Solid_Waste_as_a_Resource_Review_of_Waste_Policies_FR.pdf).
- Fenichel, E.P., J.K. Abbott, J. Bayham, W. Boone, E.M. Haacker et L. Pfeiffer. 2016. « Measuring the value of groundwater and other forms of natural capital ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(9), 2382-2387. <http://www.pnas.org/content/113/9/2382.full.pdf>.
- Ferreira, F., et J. Gyourko. 2009. « Do political parties matter? Evidence from US cities ». *The Quarterly Journal of Economics* 124(1), 399-422. <http://real.wharton.upenn.edu/~fferreir/documents/qjec.2009.124.1.pdf>.
- Field-to-Market. 2015. *Understanding and communicating sustainable agriculture*. <https://www.fieldtomarket.org/fieldprint-calculator/>.
- Frederiks, E.R., K. Stenner et E.V. Hobman. 2015. « Household energy use: Applying behavioural economics to understand consumer decision-making and behaviour ». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41, 1385-1394. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.026>. [http://ac.els-cdn.com/S1364032114007990/1-52.0-51364032114007990-main.pdf?\\_tid=6497d8e-c40d-11e5-9ac7-00000a0b2f6&acdnat=1453800175\\_85e81e2ef739f99c6590ce2af891369c](http://ac.els-cdn.com/S1364032114007990/1-52.0-51364032114007990-main.pdf?_tid=6497d8e-c40d-11e5-9ac7-00000a0b2f6&acdnat=1453800175_85e81e2ef739f99c6590ce2af891369c).
- Fry, M., A. Briggles et J. Kincaid. 2015. « Fracking and environmental (in) justice in a Texas city ». *Ecological Economics* 117(2015), 97-107. [https://www.researchgate.net/profile/Matthew\\_Fry/publication/279563926\\_Fracking\\_and\\_Environmental\\_\(In\)Justice\\_in\\_a\\_Texas\\_City/links/55c4e6b108aebc967df382e2.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Matthew_Fry/publication/279563926_Fracking_and_Environmental_(In)Justice_in_a_Texas_City/links/55c4e6b108aebc967df382e2.pdf).
- Gettinger, M. 2012. « Canada-United States energy relations: making a MESS of energy policy 1, 2 ». *American Review of Canadian Studies* 42(4), 460-473. DOI : 10.1080/02722011.2012.732331. <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02722011.2012.732331>.
- Gibson, R.B. 2012. « In full retreat: the Canadian government's new environmental assessment law undoes decades of progress ». *Impact Assessment and Project Appraisal* 30(3), 179-188. DOI : <http://dx.doi.org/10.1080/14615517.2012.720417>. <https://uwaterloo.ca/next-generation-environmental-assessment/sites/ca.next-generation-environmental-assessment/files/uploads/files/Gibson%20CEAA%202012%20ofull%20retreat%20IPA.pdf>.
- Giroux Environmental Consulting, Duncan Bury Consulting, René Drolet Consulting Services et Ecoworks Consulting. 2014. *State of waste management in Canada: Préparé pour le Conseil canadien des ministres de l'environnement*. [http://www.ccme.ca/files/Resources/waste/wst\\_mgmt/State\\_Waste\\_Mgmt\\_in\\_Canada%20April%202015%20revised.pdf](http://www.ccme.ca/files/Resources/waste/wst_mgmt/State_Waste_Mgmt_in_Canada%20April%202015%20revised.pdf).

- Gore, C., et P. Robinson. 2009. « Local government response to climate change: Our last, best hope ». In *Changing climates in North American politics: Institutions, policymaking, and multilevel governance*. Selin, H., et S.D. VanDeveer (dir. de publ.), chapitre 7, 137-158.
- Gouvernement du Canada. 2012. *Règlement sur les effluents des systèmes d'assainissement des eaux usées. Loi sur les pêches*. DORS/2012-139. <http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2012-139/TexteCompleet.html>.
- Gouvernement du Canada. 2014a. *Portail des sites contaminés fédéraux : Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux (PASCf)*. <http://www.federalcontaminatedsites.gc.ca/default.asp?lang=Fr>. (Consulté le 4 mars 2016).
- Gouvernement du Canada. 2014b. *Le gouvernement du Canada prend d'autres mesures en vue de réduire les émissions de gaz à effet de serre et les polluants atmosphériques des automobiles et des camions* le 22 septembre. <http://nouvelles.gc.ca/web/article-fr.do?nid=886529>.
- GovTrack. 2015. *Environmental protection*. [https://www.govtrack.us/congress/bills/subjects/environmental\\_protection/6038#](https://www.govtrack.us/congress/bills/subjects/environmental_protection/6038#).
- Guerry, A.D., S. Polasky, J. Lubchenco, R. Chaplin-Kramer, G.C. Daily, R. Griffin, M. Ruckelshaus, I.J. Bateman, A. Duraipapp, T. Elmqvist et al. 2015. « Natural capital and ecosystem services informing decisions: From promise to practice ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(24), 7348-7355. DOI : 10.1073/pnas.1503751112. <http://www.pnas.org/content/112/24/7348.full.pdf>.
- Haberl, H., K.H. Erb, F. Krausmann, V. Gaube, A. Bondeau, C. Plutzer, S. Gingrich, W. Lucht et M. Fischer-Kowalski. 2007. « Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(31), 12942-12947. DOI : 10.1073/pnas.0704243104. <http://www.pnas.org/content/104/31/12942.full.pdf>.
- Halpern, D. 2015. *Inside the Nudge Unit: How small changes can make a big difference*. Random House.
- Hansen, B. 2007. « Philadelphia promotes "green" projects to reduce sewer overflows ». *Civil Engineering* 77(1), 25-26. <http://trid.trb.org/view.aspx?id=798885>.
- Hawken, P., A.B. Lovins et L.H. Lovins. 1999. *Natural capitalism: Creating the next industrial revolution*. Little, Brown & Company, New York, NY. <http://www.natcap.org/sitepages/pid20.php>.
- Heater, T. 2016. « How do you manage collaborative conservation planning across 100 Million acres? From a bird's eye view, of Course! ». *USDA Blog*, le 23 février. <http://blogs.usda.gov/2016/02/23/how-do-you-manage-collaborative-conservation-planning-across-100-million-acres-from-a-birds-eye-view-of-course/>.
- Henstra, D. 2015. « The multilevel governance of climate change: analyzing Canada's adaptation policy regime ». *Annual Meeting of the Canadian Political Science Association Session K6 - New Forms of Governance in Public Policy Development*. Ottawa (Ontario), le 3 juin 2015. Université d'Ottawa, Ottawa 27. [https://www.researchgate.net/publication/278026671\\_The\\_Multilevel\\_Governance\\_of\\_Climate\\_Change\\_Analyzing\\_Canada's\\_Adaptation\\_Policy\\_Regime](https://www.researchgate.net/publication/278026671_The_Multilevel_Governance_of_Climate_Change_Analyzing_Canada's_Adaptation_Policy_Regime).
- Heppner, K. 2015. « It's time for a "big picture" data Revolution in Canadian agriculture ». *Real Agriculture*, le 5 janvier 2015. <https://www.reagriculture.com/2015/01/time-big-picture-data-revolution-canadian-agriculture/> (Consulté le 28 novembre 2015).
- Herzog, M. 2016. « EPA wins the first round in Clean Power Plan litigation ». *Legal Planet*, le 27 janvier. <http://legal-planet.org/2016/01/27/epa-wins-the-first-round-in-clean-power-plan-litigation/>.
- Hettiaratchi, J.P.A. 2007. « New trends in waste management: North American perspective ». *Proceedings of the International Conference on Sustainable Solid Waste Management*. Chennai, Inde, du 5 au 7 septembre 2007. 9-14. [https://www.researchgate.net/profile/Joseph\\_Hettiaratchi/publication/267220340\\_New\\_Trends\\_in\\_Waste\\_Management\\_North\\_American\\_Perspective/links/545e4bc20cf2c1a63bfc1c61.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Joseph_Hettiaratchi/publication/267220340_New_Trends_in_Waste_Management_North_American_Perspective/links/545e4bc20cf2c1a63bfc1c61.pdf).
- HITACHI. 2016. *Solar-powered desalination plants*. [http://www.hitachi.com/environment/showcase/solution/industrial/desalination\\_plant.html](http://www.hitachi.com/environment/showcase/solution/industrial/desalination_plant.html).
- Hodson, M., et S. Marvin. 2009. « "Urban ecological security": a new urban paradigm? ». *International Journal of Urban and Regional Research* 33(1), 193-215. DOI : 10.1111/j.1468-2427.2009.00832.x. [http://www.geos.ed.ac.uk/~sallen/dave/Hodson%20and%20Marvin%20\(2009\).%20Urban%20ecological%20security%20-%20A%20new%20urban%20paradigm.pdf](http://www.geos.ed.ac.uk/~sallen/dave/Hodson%20and%20Marvin%20(2009).%20Urban%20ecological%20security%20-%20A%20new%20urban%20paradigm.pdf).
- Holling, C. (dir. de la publ.). 1978. *Adaptive Environmental Assessment and Management*. International Institute for Applied Systems Analysis. <http://pure.iiasa.ac.at/8231/XB-78-103.pdf>.
- HRM. 2014. *Regional municipal planning strategy*. Halifax Regional Municipality. <http://www.halifax.ca/regionalplanning/documents/RegionalMunicipalPlanningStrategy.pdf>.
- Hughes, S. 2015. « A meta-analysis of urban climate change adaptation planning in the US ». *Urban Climate* 14, 17-29. DOI : 10.1016/j.uclim.2015.06.003. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095515300018>.
- ICCATF. 2011. *National action plan: Priorities for managing freshwater resources in a changing climate*. Interagency Climate Change Adaptation Task Force, Washington, DC. [https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ceq/2011\\_national\\_action\\_plan.pdf](https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ceq/2011_national_action_plan.pdf).
- IEA. 2011. *25 Energy efficiency policy recommendations: 2011 update*. International Energy Agency. [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/25recom\\_2011.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/25recom_2011.pdf).
- IEAG. 2014. *A world that counts: Mobilising the data revolution for sustainable development*. United Nations Independent Expert Advisory Group on a Data Revolution for Sustainable Development. <http://www.undatarevolution.org/wp-content/uploads/2014/11/A-World-That-Counts.pdf>.
- IFC. 2015. *Private Sector - an integral part of climate action post-Paris*. [http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/news\\_ext\\_content/ifc\\_external\\_corporate\\_site/news+and+events/events/cop+21+landing+page](http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/news_ext_content/ifc_external_corporate_site/news+and+events/events/cop+21+landing+page).
- IISD et Université d'Ottawa. 2016. *Towards a cohesive climate strategy for Canada: Survey of federal, provincial and territorial climate change action*. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg.
- IMO. 2010. *Report of the Marine Environment Protection Committee on its Sixtieth Session: Resolution MEPC.190(60), 26 mars 2010*. Organisation maritime internationale. <http://www.uscg.mil/imo/mepc/docs/mepc60-report.pdf>.
- Industrie Canada. 2014. *Stratégie de développement durable 2015 d'Industrie Canada*. <https://www.ic.gc.ca/eic/site/sd-dd.nsf/fra/sdoo612.html>.
- IRENA. 2015. *Renewable energy prospects: United States of America: REmap 2030 analysis*. International Renewable Energy Agency. [http://www.irena.org/remap/IRENA\\_REmap\\_USA\\_report\\_2015.pdf](http://www.irena.org/remap/IRENA_REmap_USA_report_2015.pdf).
- Jacobson, M.Z., et M.A. Delucchi. 2011. « Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials ». *Energy Policy* 39(3), 1154-1169. <http://old.rgo.ru/wp-content/uploads/2011/12/JDEnPolicyPt1.pdf>.
- Jacobson, M.Z., M.A. Delucchi, G. Bazouin, Z.A. Bauer, C.C. Heavey, E. Fisher, S.B. Morris, D.J. Piekutowski, T.A. Vencill et T.W. Yeskoo. 2015. « 100% clean and renewable wind, water, and sunlight (WWS) all-sector energy roadmaps for the 50 United States ». *Energy & Environmental Science* 8(7), 2093-2117. <http://pubs.rsc.org/is/content/articlehtml/2015/ee/c5ee01283j>.
- Jenkins, S., J. Paduan, P. Roberts, D. Schlenk et J. Weis. 2012. *Management of brine discharges to coastal waters: Recommendations of a Science Advisory Panel. Submitted at the request of the California Water Resources Control Board by the Southern California Coastal Water Research Project*. [http://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/ocean/desalination/docs/dpro51812.pdf](http://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/ocean/desalination/docs/dpro51812.pdf).
- Kasper, M. 2013. « Energy from waste can help curb greenhouse gas emissions ». *Energy and Environment*, 17 avril. <https://www.americanprogress.org/issues/>



- green/report/2013/04/17/60712/energy-from-waste-can-help-curb-greenhouse-gas-emissions. (Consulté le 4 mars 2016).
- Kennedy, C., J. Cuddihy et J. Engel-Yan. 2007. « The changing metabolism of cities ». *Journal of Industrial Ecology* 11(2), 43-59. DOI : 10.1162/jie.2007.1107. [http://www.planning.cityenergy.org.za/Pdf\\_files/planning/spatial\\_land\\_use/sustainable\\_land\\_use/The%20Changing%20Metabolism%20of%20Cities.pdf](http://www.planning.cityenergy.org.za/Pdf_files/planning/spatial_land_use/sustainable_land_use/The%20Changing%20Metabolism%20of%20Cities.pdf).
- Kern, K., et G. Alber. 2008. « Governing climate change in cities: modes of urban climate governance in multi-level systems ». *Competitive Cities and Climate Change: OECD Conference Proceedings*. Milan, Italie, 9-10 octobre 2008. 172-196. <http://search.oecd.org/governance/regional-policy/50594939.pdf#page=172>.
- Kirchhoff, D., et L.J.S. Tsuji, 2014. « Reading between the lines of the « Responsible Resource Development » rhetoric: The use of omnibus bills to « streamline » Canadian environmental legislation ». *Impact Assessment and Project Appraisal* 32(2), 108-120. DOI : <http://dx.doi.org/10.1080/14615517.2014.894673>. <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14615517.2014.894673>.
- Klass, A.B. 2013. « Tax Benefits, Property Rights, and Mandates: Considering the Future of Government Support for Renewable Energy ». *Journal of Environmental and Sustainability Law* 20(1), 21-70. <http://scholarship.law.missouri.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1037&context=jesl>.
- Kolk, A., D. Levy et J. Pinkse. 2008. « Corporate responses in an emerging climate regime: the institutionalization and commensuration of carbon disclosure ». *European Accounting Review* 17(4), 719-745. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09638180802489121>.
- Kovacs, G. 2008. « Corporate environmental responsibility in the supply chain ». *Journal of Cleaner Production* 16(15), 1571-1578. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652608001029>.
- Krause, R.M. 2011. « Symbolic or substantive policy? Measuring the extent of local commitment to climate protection ». *Environment and Planning C: Government and Policy* 29(1), 46-62. DOI : 10.1068/c09185. <http://epc.sagepub.com/content/29/1/46.full.pdf+html>.
- Krausmann, F., K.-H. Erb, S. Gingrich, H. Haberl, A. Bondeau, V. Gaube, C. Lauk, C. Plutzer et T.D. Searchinger. 2013. « Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(25), 10324-10329. DOI : 10.1073/pnas.1211349110. <http://www.pnas.org/content/110/25/10324.full.pdf>.
- Lambright, W.H., S.A. Chjangnon et L.D.D. Harvey. 1996. « Urban reactions to the global warming issue: agenda setting in Toronto and Chicago ». *Climatic Change* 34(3-4), 463-478. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.465.137&rep=rep1&type=pdf>.
- LCPE. 1999. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*. <http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa>. (Consulté le 7 avril 2016).
- Leach, M., J. Rockström, P. Raskin, I. Scoones, A.C. Stirling, A. Smith, J. Thompson, E. Millstone, A. Ely, E. Arond et al. 2012. « Transforming innovation for sustainability ». *Ecology and Society* 17(2), 6. DOI : <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04933-170211>. <http://sro.sussex.ac.uk/40173/1/ES-2012-4933.pdf>.
- Libéral. 2015. *Du vrai changement : un nouveau plan pour l'environnement et l'économie du Canada*. <https://www.liberal.ca/files/2015/08/un-nouveau-plan-pour-lenvironnement-et-leconomie-du-Canada.pdf>.
- Lifset, R., et T.E. Graedel. 2002. « Industrial ecology: goals and definitions ». In *A Handbook of Industrial Ecology*. Ayres, R.U., et L. Ayres (dir. de publ.). Edward Elgar, Cheltenham, chapitre 1, 3-15. [http://planet.botany.uwc.ac.za/nisl/ESS/Documents/Industrial\\_Ecology\\_Overview.pdf](http://planet.botany.uwc.ac.za/nisl/ESS/Documents/Industrial_Ecology_Overview.pdf).
- Little, A. 2015. « Can desalination counter the drought? ». *The New Yorker*, 22 juillet. <http://www.newyorker.com/tech/elements/can-desalination-counter-the-drought>.
- Lovins, A.B., L.H. Lovins et P.Hawken. 1999. « A road map for natural capitalism ». *Harvard Business Review*, mai-juin (1999), 145-158. <http://salient.nohomepress.org/wp-content/uploads/2008/03/hbr-rminatcap.pdf>.
- Lowenberg-DeBoer, J.(2015. « The Precision Agriculture Revolution ». *Foreign Affairs* 94(3), 105-112. <https://www.foreignaffairs.com/articles/usa/2015-04-20/precision-agriculture-revolution>.
- Lubchenco, J., M.K. McNutt, G. Dreyfus, S.A. Murawski, D.M. Kennedy, P.T.Anastas, S. Chu et T.Hunter. 2012. « Science in support of the deepwater horizon response ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(50), 20212-20221. DOI : 10.1073/pnas.1204729109. <http://www.pnas.org/content/109/50/20212.full.pdf>.
- MA. 2005. *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC. <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf>.
- Madden, S.S.A. 2010. *Choosing green over gray: Philadelphia's innovative stormwater infrastructure plan*. Master in City Planning, Massachusetts Institute of Technology. <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/59750/67043292-MIT.pdf?sequence=2>.
- Mai, T., W. Cole, Eric Lantz, C. Marcy et B. Sigrin. 2016. *Impacts of federal tax credit: Extensions on renewable deployment and power sector emissions*. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO. <http://www.nrel.gov/docs/fy16osti/65571.pdf>.
- Malcolm, S., E. Marshall, M. Aillery, P. Heisey, M. Livingston et K. Day-Rubenstein. 2012. *Agricultural adaptation to a changing climate: economic and environmental implications vary by US region*. USDA-ERS Economic Research Report. U.S. Department of Agriculture Economic Research Service. <http://www.ers.usda.gov/media/848748/err136.pdf>.
- Marsh. 2012. « Tax credits for renewable energy production face uncertain future ». *Marsh USA*, 3 décembre 2015. <https://usa.marsh.com/NewsInsights/ThoughtLeadership/Articles/ID/27436/Tax-Credits-for-Renewable-Energy-Production-Face-Uncertain-Future.aspx>. (Consulté le 12 février 2015).
- Mazmanian, D.A., J. Jurewitz et H.T. Nelson. 2013. « A governing framework for climate change adaptation in the built environment ». *Ecology and Society* 18(4). <http://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/bitstream/handle/10535/9214/ES-2013-5976.pdf?sequence=1>.
- Mazur, L. 2013. « Cultivating Resilience in a Dangerous World ». In *State of the World 2013: Is Sustainability Still Possible?* Springer, Washington, DC, 353-362. [http://library.uniteddiversity.coop/More\\_Books\\_and\\_Reports/State\\_of\\_the\\_World/State\\_of\\_the\\_World\\_2013-Is\\_Sustainability\\_Still\\_Possible.pdf](http://library.uniteddiversity.coop/More_Books_and_Reports/State_of_the_World/State_of_the_World_2013-Is_Sustainability_Still_Possible.pdf).
- McCrigh, A.M., C. Xiao et R.E. Dunlap. 2014. « Political polarization on support for government spending on environmental protection in the USA, 1974-2012 ». *Social science research* 48(2014), 251-260. [https://www.researchgate.net/profile/Riley\\_Dunlap/publication/263666103\\_Political\\_Polarization\\_on\\_Support\\_for\\_Government\\_Spending\\_on\\_Environmental\\_Protection\\_in\\_the\\_USA\\_1974-2012/links/54553ad70cf2bccc490ccb45.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Riley_Dunlap/publication/263666103_Political_Polarization_on_Support_for_Government_Spending_on_Environmental_Protection_in_the_USA_1974-2012/links/54553ad70cf2bccc490ccb45.pdf).
- MEACC. 2015. *L'Ontario interdit en permanence la production d'électricité à partir du charbon - La province adopte une loi historique avant la tenue du sommet mondial sur les changements climatiques* 23 novembre. <https://news.ontario.ca/moe/fr/2015/11/ontario-interdit-en-permanence-la-production-deletricit-e-a-partir-du-charbon.html>.
- Megal, S.B., A.K. Gerlak, R.G Varady et L.Y.Huang. 2015. « Groundwater governance in the United States: Common priorities and challenges ». *Groundwater* 53(5), 677-684. [http://aquadoc.typepad.com/files/final\\_gwat12294-2014\\_11\\_18.pdf](http://aquadoc.typepad.com/files/final_gwat12294-2014_11_18.pdf).
- Melillo, J.M., T.T. Richmond et G.W. Yohe (dir. de publ.). 2014. *Climate change impacts in the United States: Third national climate assessment*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. <http://nca2014.globalchange.gov/report>.
- Metropolitan Halifax Chamber of Commerce. 2001. *An integrated Transportation Strategy for the Halifax Regional Municipality*. <http://halifaxchamber.com/wp-content/uploads/2015/02/Discussion-Paper-An-Integrated-Transportation-Strategy-for-the-HRM-April.05.2001.pdf>. (Consulté le 18 février 2016).

- Minnesota Pollution Control Agency. 2015. *Clean Water Fund*. <https://www.pca.state.mn.us/water/clean-water-fund>. (Consulté le 21 février 2016).
- Minor, J. 2014. « Local government fracking regulations: A Colorado case study ». *Stanford Environmental Law Journal* 33(1), 59-120. [https://journals.law.stanford.edu/sites/default/files/stanford-environmental-law-journal-selj/print/2014/01/h\\_minor\\_article\\_-\\_web\\_o.pdf](https://journals.law.stanford.edu/sites/default/files/stanford-environmental-law-journal-selj/print/2014/01/h_minor_article_-_web_o.pdf).
- Monarch Joint Venture. 2016. *Western Monarch overwintering population counts released* 5 février. <http://monarchjointventure.org/news-events/news/western-monarch-overwintering-population-counts-released>.
- Mont, O., M. Lehner et E. Heiskanen. 2014. *Nudging A tool for sustainable behaviour?* The Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm. <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/6400/978-91-620-6643-7.pdf?pid=14232>.
- Moran, S. 2013. « Tracking nitrogen through the soil to reduce pollution from agriculture ». *Discover*, juillet/août 2013, 21 juin. <http://discovermagazine.com/2013/julyaug/11-how-nitrogen-can-help-food-production-but-harm-drinking-water>.
- Muller, N.Z., R. Mendelsohn et W. Nordhaus. 2011. « Environmental accounting for pollution in the United States economy ». *The American Economic Review* 101 (août 2011), 1649-1675. [https://www.ecosouth.com.au/images/easyblog\\_images/954/aerEnviroAcctPollutionUS.pdf](https://www.ecosouth.com.au/images/easyblog_images/954/aerEnviroAcctPollutionUS.pdf).
- Munaretto, S., G. Siciliano et M.E. Turvani. 2014. « Integrating adaptive governance and participatory multicriteria methods: a framework for climate adaptation governance ». *Ecology & Society* 19(2). DOI : <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06381-190274>. <http://eprints.soas.ac.uk/18612/1/ES-2013-6381.pdf>.
- Murray, B.C., et N. Rivers. 2015. *British Columbia's revenue neutral carbon tax: a review of the latest « Grand Experiment » in environmental policy*. NI WP Duke University, Durham, NC. <http://nicholasinstitute.duke.edu/publications>.
- NAAWW. 2014. « North America WaterWatch: Map of real-time streamflow compared to historical streamflow for the day of year ». <http://watermonitor.gov/naww/index.php>.
- NFWPACAP. 2012. *National Fish, Wildlife and Plants Climate Adaptation Strategy*. National Fish, Wildlife and Plants Climate Adaptation Partnership. <http://www.wildlifeadaptationstrategy.gov/strategy.php>.
- NLC. 2015. *Partisan vs. nonpartisan elections*. National League of Cities. <http://www.nlc.org/build-skills-and-networks/resources/cities-101/city-officials/partisan-vs-nonpartisan-elections>. (Consulté le 2 décembre 2015).
- NOAA. 2015. *ERMA Deepwater Gulf response*. <https://gomex.erma.noaa.gov/erma.html#x=-82.52872&y=28.45168&z=6&laye rs=16+6770+15879+19872+19897>.
- Nordhaus, W.D. 2000. « New directions in national economic accounting ». *The American Economic Review* 90(2), 259-263. <http://www.piketty.pse.ens.fr/files/Nordhaus00.pdf>.
- Nordhaus, W.D., et E.C. Kockelenberg. 1999. *Nature's numbers: Expanding the national economic accounts to include the environment*. National Academies Press, Washington, DC. [http://www.nap.edu/download.php?record\\_id=6374#](http://www.nap.edu/download.php?record_id=6374#).
- NRC. 2008. *Desalination: A national perspective*. U.S. National Academy Press, Washington, DC. [http://www.nap.edu/download.php?record\\_id=12184#](http://www.nap.edu/download.php?record_id=12184#).
- NRC. 2010. *America's climate choices: Adapting to the impacts of climate change*. The National Academies Press, Washington, DC. <http://nap.edu/12783>.
- NRCAN. 2015a. *Accelerated Capital Cost Allowance for Efficient and Renewable Energy Generation Equipment (Class 43.1)*. [http://oe.e.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/policy\\_e/details.cfm?searchType=default&sectoranditems=all|omax=10&pagelid=1&categoryID=1&regionalDeliveryID=all&programTypes=4,5&keywords=&ID=977&att=0](http://oe.e.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/policy_e/details.cfm?searchType=default&sectoranditems=all|omax=10&pagelid=1&categoryID=1&regionalDeliveryID=all&programTypes=4,5&keywords=&ID=977&att=0). (Consulté le 4 décembre 2015).
- NYSDOH. 2014. *A public health review of high volume hydraulic fracturing for shale gas development*. New York State Department of Health. [http://www.health.ny.gov/press/reports/docs/high\\_volume\\_hydraulic\\_fracturing.pdf](http://www.health.ny.gov/press/reports/docs/high_volume_hydraulic_fracturing.pdf).
- O'Neil, S.G. 2007. « Superfund: evaluating the impact of Executive Order 12898 ». *Environmental health perspectives* 115(7), 1087-1093. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.485.5961&rep=rep1&type=pdf>.
- OECD. 2015. *System innovation: Synthesis report*. Organization for Economic Co-operation and Development. [https://www.innovationpolicyplatform.org/sites/default/files/general/SYSTEMINNOVATION\\_FINALREPORT.pdf](https://www.innovationpolicyplatform.org/sites/default/files/general/SYSTEMINNOVATION_FINALREPORT.pdf).
- Olczynski, M. 2015. « From "badly wrong" to worse: An Empirical Analysis of Canada's New Approach to Fish Habitat Protection Laws ». *Journal of Environmental Law and Practice* 28(1), 1-43. [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2652539&download=yes](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2652539&download=yes).
- Ontario. 2015. *Les micro-plastiques et les microbilles*. <https://www.ontario.ca/fr/page/les-micro-plastiques-et-les-microbilles>. (Consulté le 27 novembre 2015).
- OWDI. 2015. *Advisory Committee on Water Information: Open Water Data Initiative overview*. Open Water Data Initiative. <http://acwi.gov/spatial/owdi/>.
- Peattie, K. 2010. « Green consumption: Behavior and norms ». *Annual Review of Environment and Resources* 35(1), 195-228. DOI : 10.1146/annurev-environ-032609-094328. <http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-environ-032609-094328>.
- Pfund, N., et B. Healey. 2011. *What would Jefferson do? The historical role of federal subsidies in shaping America's energy future*. <http://www.dblpartners.vcl/wp-content/uploads/2012/09/What-Would-Jefferson-Do-2.4.pdf?48d1f>.
- Pike, C. 2015. *Sustainable production and consumption framing research summary*. One Earth Initiative Society. [http://www.oneearthweb.org/uploads/2/1/3/3/21333498/sustainable\\_consumption\\_report\\_cara\\_pike.pdf](http://www.oneearthweb.org/uploads/2/1/3/3/21333498/sustainable_consumption_report_cara_pike.pdf).
- Pitt, D., et E. Bassett. 2013. « Collaborative planning for clean energy initiatives in small to mid-sized cities ». *Journal of the American Planning Association* 79(4), 280-294. DOI : 10.1080/01944363.2014.914846. <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01944363.2014.914846>.
- Plummer, R., D. de Grosbois, R. de Loë et J. Velaniškis. 2011. « Probing the integration of land use and watershed planning in a shifting governance regime ». *Water Resources Research* 47(9). <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2010WR010213/pdf>.
- Podesta, J., et J.P. Holdren. 2014. « Climate Data Initiative launches with strong public and private sector commitments ». *The White House. President Barack Obama*. <https://www.whitehouse.gov/blog/2014/03/19/climate-data-initiative-launches-strong-public-and-private-sector-commitments>.
- PWD. 2011. *Green city, clean waters: The City of Philadelphia's program for combined sewer overflow control*. Philadelphia Water Department. [http://www.phillywatersheds.org/doc/GCCW\\_AmendedJune2011\\_HIGHRES.pdf](http://www.phillywatersheds.org/doc/GCCW_AmendedJune2011_HIGHRES.pdf). (Consulté le 18 février 2016).
- Reyna, J.L., et M.V. Chester. 2015. « The growth of urban building stock: unintended lock-in and embedded environmental effects ». *Journal of industrial ecology* 19(4), 524-537. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12211/pdf>.
- RGGI. 2016. *How waste is regulated*. Regional Greenhouse Gas Initiative. [https://www.rco.on.ca/how\\_waste\\_is\\_regulated](https://www.rco.on.ca/how_waste_is_regulated).
- Rivera, A. 2015. « Transboundary aquifers along the Canada-USA border: Science, policy and social issues ». *Journal of Hydrology: Regional Studies* 4(2015), 623-643. DOI : 10.1016/j.ejrh.2015.09.006. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581815001044>.
- RNCAN. 2014. *Plateforme d'adaptation*. <http://www.rncan.gc.ca/environnement/impacts-adaptation/plateforme-adaptation/10028>.
- RNCAN. 2015c. *Système canadien d'information sur les feux de végétation*. Ressources naturelles Canada. <http://cwfs.cfs.rncan.gc.ca/accueil>.
- RNCAN. 2016a. *Programme d'encouragement à la production d'énergie éolienne*. <http://www.rncan.gc.ca/plans-rapports-rendement/rpp/2015-16/17058>.



- RNCAN. 2016b. *ÉcoÉNERGIE pour l'électricité renouvelable*. <http://www.rncan.gc.ca/ecoaction/14146>.
- Rochman, C.M., S.M. Kross, J.B. Armstrong, M.T. Bogan, E.S. Darling, S.J. Green, A.R. Smyth et D. Verissimo. 2015. « Scientific evidence supports a ban on microbeads ». *Environmental Science & Technology*. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.5b03909>.
- Rotmans, J. 2006. « Tools for integrated sustainability assessment: a two-track approach ». *Integrated Assessment* 6(4), 35 – 57. [http://journals.sfu.ca/int\\_assess/index.php/iaj/article/view/250219](http://journals.sfu.ca/int_assess/index.php/iaj/article/view/250219).
- Rouse, D.C., et I.F. Bunster-Ossa. 2013. *Green infrastructure: A landscape approach* APA Planning Advisory Service. [https://www.planning.org/pas/reports/subscriber/archive/pdf/PAS\\_571.pdf](https://www.planning.org/pas/reports/subscriber/archive/pdf/PAS_571.pdf).
- Sangree, H. 2014. « California looking to recycled water to ease drought concerns ». *The Sacramento Bee*, 14 avril. <http://www.sacbee.com/news/local/article2595660.html>.
- Santé Canada. 2015. *Canadiens en santé : Mise à jour - Santé Canada propose des conseils visant à protéger les nourrissons des toxines d'algues présentes dans l'eau potable*. <http://canadiensensante.gc.ca/recall-alert-rappel-avis/hc-sc/2015/53821a-fra.php>.
- SBST. 2015. *2015 annual report*. Executive Office of the President. National Science and Technology Council, Washington DC. <https://sbst.gov/assets/files/2015-annual-report.pdf>.
- Schaefer, M., E. Goldman, A.M. Bartuska, A. Sutton-Grier et J. Lubchenco. 2015. « Nature as capital: Advancing and incorporating ecosystem services in United States federal policies and programs ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112(24), 7383-7389. DOI : 10.1073/pnas.1420500112. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4475947/pdf/pnas.201420500.pdf>.
- Schlickeisen, R., J.R. Clark, A. Adams, M.B. Beetham, R. Dewey, Y.-W. Li et H. Walter. 2011. *Assault on wildlife: The Endangered Species Act under attack*. Defenders of Wildlife, Washington, DC. [http://www.defenders.org/sites/default/files/publications/assault\\_on\\_wildlife\\_the\\_endangered\\_species\\_act\\_under\\_attack.pdf](http://www.defenders.org/sites/default/files/publications/assault_on_wildlife_the_endangered_species_act_under_attack.pdf).
- Schneider, S. 2015. « Sixteen things to know about the Des Moines Water Works proposed lawsuit ». *Agricultural Law*, 5 mars. <http://aglaw.blogspot.co.ke/2015/03/sixteen-things-to-know-about-des-moines.html>. (Consulté le 4 mars 2016).
- Schwartz, D., et M. Gollom. 2013. « N.B. fracking protests and the fight for aboriginal rights ». *CBC News Canada*, 19 octobre. <http://www.cbc.ca/news/canada/n-b-fracking-protests-and-the-fight-for-aboriginal-rights-1.2126515>. (Consulté le 4 décembre 2015).
- Seber, A. 2014. « Transportation demand management and a flexible education system (Mobility vs. Access) ». *International Journal of Economics and Finance* 6(10), 168-179.
- Seltenrich, N. 2014. « Keeping tabs on HABs: new tools for detecting, monitoring, and preventing harmful algal blooms ». *Environmental health perspectives* 122(8), A206-A213. DOI : <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.122-A206>. <http://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/122/8/ehp.122-A206.pdf>.
- Smil, V. 2007. « Global material cycles ». In *Encyclopedia of Earth*. Cleveland, C.J. (dir. de la publ.). Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment, Washington, D.C. [http://www.eoearth.org/article/Global\\_mate-rial\\_cycles](http://www.eoearth.org/article/Global_mate-rial_cycles).
- Soraghan, M. 2015. « Regulation: The fracking « loophole » that just keeps growing ». *E&E Publishing*, 18 août. <http://www.eenews.net/stories/1060023558>.
- Spirn, A.W. 1985. *The granite garden: urban nature and human design*. Basic Books. <http://www.amazon.com/The-Granite-Garden-Nature-Design/dp/0465027067>.
- Sreeja, V.N. 2013. « Three Colorado cities vote in favor of anti-fracking measures, while initiative fails in Broomfield by 194 Votes ». *International Business Times*, 6 novembre. <http://www.ibtimes.com/three-colorado-cities-vote-favor-anti-fracking-measures-while-initiative-fails-1457314>. (Consulté le 4 décembre 2015).
- Stander, L., et L. Theodore. 2006. « Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) ». In *Environmental Regulatory Calculations Handbook*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, chapitre 6. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470118511.ch6/summary>.
- Statistique Canada. 2013. *L'activité humaine et l'environnement : mesure des biens et services écosystémiques au Canada*. Statistique Canada, Ottawa (Ont.). <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-201-x/16-201-x2013000-fra.pdf>.
- Statistique Canada. 2015. *Comptes de l'environnement et des ressources : la foire aux questions*. <http://www.statcan.gc.ca/fra/cen/foq/eng>.
- Statistique Canada. 2016. *Système des comptes de l'environnement et des ressources du Canada - Comptes des actifs en ressources naturelles*. [http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV\\_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5114](http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5114).
- Sterritt, A. 2014. « Industry and aboriginal leaders examine benefits of the oilsands: Conference in Fort McMurray, Alberta, looks at two sides of a very contentious debate ». *CBC News*, 24 janvier. <http://www.cbc.ca/news/aboriginal/industry-and-aboriginal-leaders-examine-benefits-of-the-oilsands-1.2510253>.
- Stevens, C. 2010. « Linking sustainable consumption and production: The government role ». *Natural Resources Forum* 34(2010), 16-23. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1477-8947.2010.01273.x/pdf>.
- Stoett, P, et O. Temby. 2015. « Bilateral and trilateral natural resource and biodiversity governance in North America: Organizations, networks, and inclusion ». *Review of Policy Research* 32(1), 1-18. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ropr.12110/abstract>.
- Sumner, J., L. Bird et H. Smith. 2009. *Carbon taxes: A review of experience and policy design considerations* National Renewable Energy Laboratory. <http://www.nrel.gov/docs/fy10osti/47312.pdf>.
- Sunstein, C.R., et R.A. Thaler. 2012. *Nudge: improving decisions about health, wealth, and happiness*. Penguin Books Limited, R.-U. [https://books.google.co.ke/books?id=mzZVgJFLtwC&source=gbs\\_book\\_other\\_versions](https://books.google.co.ke/books?id=mzZVgJFLtwC&source=gbs_book_other_versions).
- TEEB. 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. <http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Synthesis%20report/TEEB%20Synthesis%20Report%202010.pdf>.
- Thaler, R.A., et C.R. Sunstein. 2008. *Nudge: improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press, New Haven and London. [https://ethicslab.georgetown.edu/studio/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/Richard\\_H\\_Thaler\\_Cass\\_R.\\_Sunstein\\_Nudge\\_Impro\\_BookFi\\_org\\_.pdf](https://ethicslab.georgetown.edu/studio/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/Richard_H_Thaler_Cass_R._Sunstein_Nudge_Impro_BookFi_org_.pdf).
- The White House. 2013. *The President's climate action plan*. The Executive Office of the President, Washington, DC. <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/image/president75climateactionplan.pdf>.
- The White House. 2015. *Progress report: Highlighting federal actions addressing the recommendations of the State, Local, and Tribal Leaders Task Force on Climate Preparedness and Resilience*. La Maison-Blanche, Washington, D.C. [https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/climate\\_preparedness\\_report\\_updated\\_070915.pdf](https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/climate_preparedness_report_updated_070915.pdf) (Consulté le 27 septembre 2015).
- Theobald, E.J., A.K. Ettinger, H.K. Burgess, L.B. DeBey, N.R. Schmidt, H.E. Froehlich, C. Wagner, J. HilleRisLambers, J. Tewksbury, M.A. Harsch et al. 2015. « Global change and local solutions: tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research ». *Biological Conservation* 181, 236-244. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.021>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320714004029>.

- Torres, H., F. Muller-Karger, D. Keys, H. Thornton, M. Luther et K. Alsharif. 2015. « Whither the U.S. National Ocean Policy Implementation Plan? ». *Marine Policy* 53, 198-212. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2014.11.013>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X14003145>.
- Torrie, R.D., T. Bryant, M. Beer, B. Anderson, E. Marshall, R. Kadowaki et J. Whitmore. 2013. *An inventory of low-carbon energy for Canada*. The Trottier Energy Futures Project. <http://www.trottierenergyfutures.ca/wp-content/uploads/2013/04/An-Inventory-of-Low-Carbon-Energy-for-Canada.pdf>.
- TPSGC. 2016. *Politique d'achats écologiques*. Travaux publics et Services gouvernementaux Canada. <http://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/ecologisation-greening/achats-procurement/politique-policy-fra.html>.
- Tzoulas, K., K. Korpela, S. Venn, V. Yli-Pelkonen, A. Kazmierczak, J. Niemela et P. James. 2007. « Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review ». *Landscape and urban planning* 81(3), 167-178. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204607000503>.
- UCS. 2016. *Production tax credit for renewable energy*. Union of Concerned Scientists. [http://www.ucsusa.org/clean\\_energy/smart-energy-solutions/increase-renewables/production-tax-credit-for.html#.VugxOJ96JA](http://www.ucsusa.org/clean_energy/smart-energy-solutions/increase-renewables/production-tax-credit-for.html#.VugxOJ96JA).
- UNDESA. 2014. *System of Environmental-Economic Accounting (SEEA)*. United Nations Department of Economic and Social Affairs. <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seea.asp>.
- UNDESA. 2014. *World urbanization prospects: The 2014 revision: Highlights*. Département des affaires économiques et sociales, New York. <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>.
- UNEP. 2013. *Global chemical outlook - Towards sound management of chemicals*. Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi. [http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mainstreaming/GCO/The%20Global%20Chemical%20Outlook\\_Full%20report\\_15Feb2013.pdf](http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mainstreaming/GCO/The%20Global%20Chemical%20Outlook_Full%20report_15Feb2013.pdf).
- UNEP. 2015. *Sustainable consumption and production: a handbook for policy-makers*. Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1951Sustainable%20Consumption.pdf>.
- US EIA. 2011. *North American shale plays*. [https://www.eia.gov/oil\\_gas/rpd/northamer\\_gas.pdf](https://www.eia.gov/oil_gas/rpd/northamer_gas.pdf).
- US EIA. 2014. *Behavioral economics applied to energy demand analysis: A foundation*. <https://www.eia.gov/analysis/studies/demand/economicbehavior/pdf/behavioraleconomics.pdf>.
- US EIA. 2015. *Electricity: Current issues and trends*. U.S. Energy Information Administration. <http://www.eia.gov/electricity/>.
- US EPA 2015e. *Sustainable marketplace: Greener products and services share*. <http://www2.epa.gov/greenerproducts>.
- US EPA. 2010. *Highlights from the Clean Air Act 40th anniversary celebration*. <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/highlights-clean-air-act-40th-anniversary-celebration>.
- US EPA. 2013. *Sustainable manufacturing: Business case for sustainable manufacturing*. <http://archive.epa.gov/sustainablemanufacturing/web/html/index.html>.
- US EPA. 2015a. *Cutting carbon pollution, improving fuel efficiency, saving money, and supporting innovation for trucks* United States Environmental Protection Agency. <https://www3.epa.gov/otaq/climate/documents/42of15900.pdf>.
- US EPA. 2015c. *Drinking water health advisory documents*. <https://www.epa.gov/nutrient-policy-data/drinking-water-health-advisory-documents>.
- US EPA. 2015d. *State development of numeric criteria for nitrogen and phosphorus pollution*. <http://cfpub.epa.gov/wqats/nnc-development/> (Consulté le 27 septembre 2015).
- US EPA. 2015f. *Water sense: Soil moisture-based control technologies*. [http://www3.epa.gov/watersense/products/soil\\_moisture\\_based\\_technologies.html](http://www3.epa.gov/watersense/products/soil_moisture_based_technologies.html).
- US EPA. 2015g. *Polluted runoff: Nonpoint source pollution. 319 Grant Program*. <https://www.epa.gov/polluted-runoff-nonpoint-source-pollution/tribal-319-grant-program>.
- US EPA. 2015h. *Nonpoint Source success stories*. U.S. Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/polluted-runoff-nonpoint-source-pollution/nonpoint-source-success-stories>. (Consulté le 21 février 2016).
- US EPA. 2015j. *Superfund 35th Anniversary: 35 Years, 35 Stories (#SuperfundAt35)*. <http://www.epa.gov/superfund/superfund-35th-anniversary>. (Consulté le 3 mars 2016).
- US EPA. 2015k. *Clean Power Plan: taking action on climate change*. <http://www2.epa.gov/cleanpowerplan>. (Consulté le 4 décembre 2015).
- US EPA. 2015l. *Sustainable business clearinghouse*. <https://archive.epa.gov/sustainablemanufacturing/web/html/clearinghouse.html>.
- US EPA. 2015m. *Smart growth achievement booklet*. U.S. Environment Protection Agency. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/sg\\_award\\_booklet\\_2015.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/sg_award_booklet_2015.pdf).
- US EPA. 2015n. *The Passaic River Partnership pursues a future that brings people back to the river*. U.S. Environmental Protection Agency (dir. de publ.). [www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/urban\\_waters\\_fact-sheet\\_pas-saic\\_082615.pdf](http://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/urban_waters_fact-sheet_pas-saic_082615.pdf).
- US EPA. 2015o. « Harmful algal bloom reporting app ». <http://developer.epa.gov/hab-challenge/>.
- US EPA. 2016a. *National rivers and streams assessment 2008 – 2009: A collaborative survey*. United States Environment Protection Agency, Washington DC. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/nrsa\\_0809\\_march\\_2\\_final.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/nrsa_0809_march_2_final.pdf).
- US EPA. 2016b. *Transportation and climate: Regulations & standards: Light-duty*. United States Environment Protection Agency. <https://www3.epa.gov/otaq/climate/regs-light-duty.htm#new1>.
- US EPA. 2016c. *Water recycling and reuse: The environmental benefits*. United States Environmental Protection Agency. <https://www3.epa.gov/region9/water/recycling/>.
- US EPA. 2016d. *Superfund: National priorities list (NPL)*. <http://www.epa.gov/superfund/superfund-national-priorities-list-npl>. (Consulté le 3 mars 2016).
- US EPA. 2016e. *About EnergyStar*. <https://www.energystar.gov/about>.
- USDA. 2012. *Welcome to the U. S. Forest Service Planning Rule Revision!* <http://www.fs.usda.gov/planningrule>.
- USDA. 2016. *Sage Grouse Initiative*. [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_MEDIA/nrcseprd696806.jpg](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_MEDIA/nrcseprd696806.jpg).
- USDN. 2015. *Connecting people: Fostering innovation*. <http://www.usdn.org/>.
- USDOE. 2016. *Appliance and Equipment Standards Program*. <http://energy.gov/eere/buildings/appliance-and-equipment-standards-program>.
- USGS. 2014. *USGS and Canada reach confluence in monitoring streamflow, 4 novembre*. [http://www.usgs.gov/newsroom/article\\_pf.asp?ID=4045](http://www.usgs.gov/newsroom/article_pf.asp?ID=4045). (Consulté le 16 février 2016).
- USGS. 2016. *Water use for fracking*, United States Geological Survey. [http://www.usgs.gov/newsroom/images/2015\\_06\\_30/water\\_use\\_for\\_fracking.jpg](http://www.usgs.gov/newsroom/images/2015_06_30/water_use_for_fracking.jpg).
- USGSA. 2015. *Data.gov: The home of the U.S. Government's open data*. US General Services Administration, Office of Citizen Services and Innovative Technologies. <http://www.data.gov>.
- Vermeir, I., et W. Verbeke. 2006. « Sustainable food consumption: exploring the consumer "attitude – behavioral intention" gap ». *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 19(2), 169-194. DOI : <http://dx.doi.org/10.1007/s10806-005-5485-3>. <http://link.springer.com/article/10.1007%2F10806-005-5485-3#page-1>.
- Vodden, K. 2015. « Governing sustainable coastal development: The promise and challenge of collaborative governance in Canadian coastal watersheds ». *Le*

- Géographe canadien / *The Canadian Geographer* 59(2), 167-180. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cag.12135/epdf>.
- Washington State Department of Ecology. 2012a. *Yakima Basin Integrated Water Resource Management Plan (YBIP)*. <http://www.ecy.wa.gov/programs/wr/cwp/YBIP.html>.
- Washington State Department of Ecology. 2012b. *Building a future for water wildlife and working lands: Yakima River Basin Integrated Water Resource Management Plan*. <http://www.ecy.wa.gov/programs/wr/cwp/images/pdf/Map-letter.pdf>.
- WCI. 2014. *Western Climate Initiative*. <http://www.wci-inc.org/>.
- While, A., A.E.G. Jonas et D. Gibbs. 2010. « From sustainable development to carbon control: eco-state restructuring and the politics of urban and regional development ». *Transactions of the Institute of British Geographers* 35(1), 76-93. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.475.1782&rep=rep1&type=pdf>.
- Whitehead, M. 2013. « Neoliberal urban environmentalism and the adaptive city: Towards a critical urban theory and climate change ». *Urban Studies* 50(7), 1348-1367. DOI : 1177/0042098013480965. <http://usj.sagepub.com/content/50/7/1348.short>.
- Wiebe, E.I., et D.G. Duff. 2009. « Tax expenditures to limit the growth of carbon emissions in Canada: Identification and evaluation ». *Accessible à SSRN* 1514128. DOI : <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1514128>.
- Willamette Partnership and WRI. 2015. *Building a water quality trading program: Options and considerations*. World Resources Institute, Washington, DC. <http://www.wri.org/sites/default/files/buiding-a-water-quality-trading-program-nn-wqt.pdf>.
- Wolman, A. 1965. « The metabolism of cities ». *Scientific American* 213(3), 179-190. <http://www.irows.ucr.edu/cd/courses/10/wolman.pdf>.
- Xerces Society. 2015. *Monarch butterflies*. <http://www.xerces.org/monarchs/>. (Consulté le 10 novembre 2015).
- Yale University. 2015. *Center for Industrial Ecology*. Yale University. <http://cie.research.yale.edu/about-center>.
- Zhang, Y., Z. Yang et X. Yu. 2015. « Urban metabolism: A review of current knowledge and directions for future study ». *Environmental science and technology* 49(19), 11247-11263. DOI : <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.5b03060>. <http://metabolismofcities.org/publication/256>.
- Zhijun, F., et Y. Nailing, 2007. « Putting a circular economy into practice in China ». *Sustainability Science* 2(1), 95-101. DOI : 10.1007/s11625-006-0018-1. <http://link.springer.com/article/10.1007/s11625-006-0018-1/fulltext.html>.
- Chapter 4**
- AAC. 2007. *La souplesse de la culture sans travail et de la culture à travail réduit du sol garantit la réussite à long terme - Tendances et définitions en matière de travail du sol*. Agriculture et Agroalimentaire Canada. <http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/pratiques-agricoles/sol-et-terre/gestion-des-sols/la-souplesse-de-la-culture-sans-travail-et-de-la-culture-a-travail-reduit-du-sol-garantit-la-reussite-a-long-terme/?id=1219778199286>.
- AAC. 2015. *Examen annuel des conditions agroclimatiques au Canada - 2014*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa. [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2015/aac-aafc/A48-2-2014-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2015/aac-aafc/A48-2-2014-fra.pdf).
- Aanesen, K., S. Heck et D. Pinner. 2012. *Solar power: Darkest before dawn*. McKinsey on Sustainability & Resource Productivity. McKinsey & Company [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com).
- Aceves-Bueno, E., A.S. Adeleye, D. Bradley, W.T. Brandt, P. Callery, M. Feraud, K.L. Garner, R. Gentry, Y. Huang et I. McCullough. 2015. « Citizen science as an approach for overcoming insufficient monitoring and inadequate stakeholder buy-in in adaptive management: criteria and evidence ». *Ecosystems* 18(3), 493-506. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10021-015-9842-4/fulltext.html>.
- AGNU. 2015. *Résolution adoptée par l'Assemblée générale le 25 septembre 2015 : Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030*. A/ RES/70/1, 21 octobre. [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=F](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=F).
- American Rivers. 2016. *What is green infrastructure?* <http://www.americanrivers.org/initiatives/pollution/green-infrastructure/what-is-green-infrastructure/>.
- ASCE. 2013. *2013 report card for America's infrastructure*. American Society of Civil Engineers. <http://www.infrastructurereportcard.org>.
- Bazilian, M., H. Rogner, M. Howells, S. Hermann, D. Arent, D. Gielen, P. Steduto, A. Mueller, P. Komor et R.S. Tol. 2011. « Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach ». *Energy Policy* 39(12), 7896-7906. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511007282>.
- Beine, M., C. Bos et S. Coulombe. 2009. *Does the Canadian economy suffer from Dutch Disease?* CREA Discussion Paper 2009-06. University of Luxembourg. <https://ideas.repec.org/p/luc/wpaper/09-06.html>.
- Bellenger, J.P., et H. Cabana. 2014. « Emerging contaminants: a scientific challenge without borders ». *Science of The Total Environment* 487(2014), 747. DOI : 10.1016/j.scitotenv.2014.05.031. [http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048-9697\(14\)00706-2](http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048-9697(14)00706-2).
- Benedict, M.A., et E.T. McMahon. 2012. *Green infrastructure: Linking landscapes and communities*. Island Press.
- Betsill, M.M., et H. Bulkeley. 2004. « Transnational networks and global environmental governance: The cities for climate protection program ». *International studies quarterly* 48(2), 471-493. <http://www.seachangecop.org/sites/default/files/documents/2004%20Transnational%20networks%20and%20global%20environmental%20governance.pdf>.
- BNEF. 2015. *New energy outlook 2015*. Bloomberg New Energy Finance (BNEF). <http://www.bloomberg.com/company/new-energy-outlook/>.
- Brown, D.G., C. Polsky, P. Bolstad, S.D. Brody, D. Hulse, R. Kroh, T.R. Loveland et A. Thomson. 2014. « Chapter 13: Land use and land cover change ». In *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. Melillo, J.M., Richmond, T.T.C. and Yohe, G.W. (dir. de publ.). U.S. Global Change Research Program, chapitre 13, 318-332. [http://s3.amazonaws.com/nca2014/high/NCA3\\_Full\\_Report\\_13\\_Land\\_Use\\_and\\_Land\\_Cover\\_HighRes.pdf?download=1](http://s3.amazonaws.com/nca2014/high/NCA3_Full_Report_13_Land_Use_and_Land_Cover_HighRes.pdf?download=1).
- Bulkeley, H., et M.M. Betsill. 2003. *Cities and climate change: Urban sustainability and global environmental governance*. Routledge, London. <http://www.e-library.esut.edu.ng/uploads/pdf/1224830175-cities-and-climate-change.pdf>.
- Canada. 2015. *Présentation de la CPDN du Canada devant la CCNUCC*. Gouvernement du Canada. <http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC/Published%20Documents/Canada/1/CPDN%20-%20Canada%20-%20Français.pdf>.
- CCE. 2010. *Couverture terrestre et changements qu'elle subit*. Commission de coopération environnementale. <http://www.ccc.org/fr/outils-et-ressources/atlas-environnemental-de-lamerique-du-nord/couverture-terrestre-et-changements-quelle-subit>.
- CIESIN. 2015. *Gridded population of the world (GPW), v4*. Socioeconomic Data and Applications Center (sedac). <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/gpw-v3>.
- CIFFC. 2016. *Current fire situation reports*. Canadian Interagency Forest Fire Centre. [http://www.ciffc.ca/index.php?option=com\\_content&task=view&id=25&Itemid=27](http://www.ciffc.ca/index.php?option=com_content&task=view&id=25&Itemid=27).
- Cigliano, J.A., R. Meyer, H.L. Ballard, A. Freitag, T.B. Phillips et A. Wasser. 2015. « Making marine and coastal citizen science matter ». *Ocean & Coastal Management* 115, 77-87 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569115001659>.

- City of Portland. Bureau of Planning and Sustainability. 2015. *Climate action plan*. <https://www.portlandoregon.gov/bps/article/531984>. (Consulté le 15 novembre 2015).
- CO2 Sciences, Inc. 2016. *The Global CO2 initiative*. <http://www.co2sciences.org/>.
- Colby, S.L., et J.M. Ortman. 2015. *Projections of the Size and Composition of the US Population: 2014 to 2060: Population estimates and projections*. United States Census Bureau. <https://www.census.gov/content/dam/Census/library/publications/2015/demo/p25-1143.pdf>.
- Daly, H., et J. Cobb Jr. 1989. *For the common good: Redirecting the economy toward community, the environment, and a sustainable future*. Beacon Press, Boston, MA.
- Daly, L., et S. Posner. 2011. *Beyond GDP: New measures for a new economy*. Demos, New York, NY. [http://www.demos.org/sites/default/files/publications/BeyondGDP\\_o.pdf](http://www.demos.org/sites/default/files/publications/BeyondGDP_o.pdf).
- DeVynck, G. 2015. « Silicon Valley investors look North: Canada's hardware industry is dying, but software has boomed ». *Bloomberg Businessweek*, 9 octobre. <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-10-08/canada-software-boom-lures-silicon-valley-investors>.
- Eisen, E.A., S. Costello, J. Chevrier et S. Picciotto. 2011. « Epidemiologic challenges for studies of occupational exposure to engineered nanoparticles; a commentary ». *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 53(6 Suppl), S57-S61. DOI : 10.1097/JOM.0b013e31821bde98 [http://journals.lww.com/joem/Abstract/2011/06001/Epidemiologic\\_Challenges\\_for\\_Studies\\_of\\_15.aspx](http://journals.lww.com/joem/Abstract/2011/06001/Epidemiologic_Challenges_for_Studies_of_15.aspx).
- El Nahry, A., R. Ali et A. El Baroudy. 2011. « An approach for precision farming under pivot irrigation system using remote sensing and GIS techniques ». *Agricultural Water Management* 98(4), 517-531. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377410003185>.
- El-Khoury, A., O. Seidou, D.R. Lapen, M. Sunohara, Q. Zhenyang, M. Mohammadian et B. Daneshfar. 2014. « Prediction of land-use conversions for use in watershed-scale hydrological modeling: a Canadian case study ». *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien* 58(4), 499-516. DOI : 10.1111/cag.12105. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cag.12105/epdf>.
- Environment Canada. 2011. *Environmental Valuation Reference Inventory (EVRI)*. <https://www.evri.ca/Global/Splash.aspx>.
- Environnement Canada. 2014. *Sources des données et méthodes de l'indicateur sur la consommation résidentielle d'eau au Canada*. [https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/D43360E1-44BD-4F59-9E4B-AE4932A47752/Residential-WaterUse\\_FR.pdf](https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/D43360E1-44BD-4F59-9E4B-AE4932A47752/Residential-WaterUse_FR.pdf).
- Environnement Canada. 2015. *Inventaire national des rejets de polluants (INRP) Surveillance de la pollution au Canada*. <http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=Fr&n=4A577BB9-1>. (Consulté le 18 septembre 2015).
- Environnement et Changement climatique Canada. 2016a. *Deuxième rapport biennal du Canada sur les changements climatiques*. <https://www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=Fr&n=02D095CB-1>.
- Environnement et Changement climatique Canada. 2016b. *Projections des émissions du Canada pour 2020 et 2030 (Mt d'équivalent CO<sub>2</sub>)*. [Fichier de données]. <http://ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=Fr&xml=8BAAFCC5-A4F8-4056-94B1-B2799D9A2EE0>.
- European Commission. 2015. « Nanotechnology cuts costs and improves efficiency of photovoltaic cells ». *Science for Environment Policy* 48 (février 2015). [http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/nanotechnology\\_cuts\\_costs\\_and\\_improves\\_photovoltaic\\_cell\\_efficiency\\_48si6\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/nanotechnology_cuts_costs_and_improves_photovoltaic_cell_efficiency_48si6_en.pdf).
- Félio, G. 2012. *Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes volume 1: 2012: Routes et systèmes d'eau potable, d'eaux usées et d'eaux pluviales municipaux*. Société canadienne de génie civil (SCGC), Association canadienne de la construction (ACC), Association canadienne des travaux publics (ACTP) et la Fédération canadienne des municipalités (FCM), Victoria, C.-B. [http://www.canadainfrastructure.ca/downloads/Canadian\\_Infrastructure\\_Report\\_Card\\_FR.pdf](http://www.canadainfrastructure.ca/downloads/Canadian_Infrastructure_Report_Card_FR.pdf).
- Flynn, H., D. Hwang et M Holman. 2013. *Nanotechnology update: Corporations up their spending as revenues for nano-enabled products increase*. LuxResearch. [https://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/LUX14-0214\\_Nano-technology%20StudyMarketResearch%20Final%2017p.pdf](https://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/LUX14-0214_Nano-technology%20StudyMarketResearch%20Final%2017p.pdf).
- Gielen, D., D. Saygin et N. Wagner. 2015. *Renewable Energy Prospects: United States of America . A Renewable Energy Roadmap, Remap 2030*. IRENA - International Renewable Energy Agency. [http://www.irena.org/remap/IRENA\\_REmap\\_USA\\_report\\_2015.pdf](http://www.irena.org/remap/IRENA_REmap_USA_report_2015.pdf).
- Gordon, D.J. 2013. « Between local innovation and global impact: cities, networks, and the governance of climate change ». *Canadian Foreign Policy Journal* 19(3), 288-307. DOI : 10.1080/11926422.2013.844186. <http://www.gouvernement.ca/dd-sd/default.asp?Lang=Fr&n=CD30F295-1>.
- Graf, W.L., E. Wohl, T. Sinha et J.L. Sabo. 2010. « Sedimentation and sustainability of western american reservoirs ». *Water Resources Research* 46(12). <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009WR008836/pdf>.
- GTM Research and US ESA. 2015. *U.S. Energy Storage Monitor Q2 2015: Executive Summary*. U.S. Energy Storage Monitor. GTM Research and Energy Storage Association. <http://energystorage.org/system/files/attachments/us-energy-storage-moni-tor-q2-2015-es-final.pdf>.
- Halden, R.U. 2014. « On the need and speed of regulating triclosan and triclocarban in the United States ». *Environmental Science & Technology* 48(7), 3603-3611. DOI : 10.1021/es500495p. <http://dx.doi.org/10.1021/es500495p>.
- Halden, R.U. 2015. « Epistemology of contaminants of emerging concern and literature meta-analysis ». *Journal of hazardous materials* 282, 2-9. DOI : 10.1016/j.jhazmat.2014.08.074. <https://asu.pure.elsevier.com/en/publications/epistemology-of-contaminants-of-emerging-concern-and-literature-m>.
- Hoffmann, M.J. 2011. *Climate governance at the crossroads: experimenting with a global response after Kyoto*. Oxford University Press. <http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780195390087.001.0001/acprof-9780195390087>.
- Horizons de politiques. 2013. *Metascan3 Technologies émergentes : une étude prospective explorant la façon dont les technologies émergentes vont façonner l'économie et la société, et les défis et les occasions que ces technologies vont créer*. Horizons de politiques. [http://www.horizons.gc.ca/sites/default/files/Publication-alt-format/version\\_pdf\\_0239\\_7184kb-51pages.pdf](http://www.horizons.gc.ca/sites/default/files/Publication-alt-format/version_pdf_0239_7184kb-51pages.pdf).
- IEA. 2009. *Industrial energy transitions: Strategies for the next revolution*. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/industry2009.pdf>.
- Indice canadien du Mieux-Être. 2012. *Comment les Canadiennes et les Canadiens se portent-ils véritablement? Le rapport 2012 de l'ICMÉ*. Indice canadien du Mieux-Être et l'Université de Waterloo, Waterloo (Ont.). [https://uwaterloo.ca/indice-canadien-du-mieux-etre/sites/ca.indice-canadien-du-mieux-etre/files/uploads/files/2012CIWreport\\_FR.pdf](https://uwaterloo.ca/indice-canadien-du-mieux-etre/sites/ca.indice-canadien-du-mieux-etre/files/uploads/files/2012CIWreport_FR.pdf).
- IPCC. 2014. *Climate change and food security: IPCC 5th Assessment 2015*. [http://www.climatechange-foodsecurity.org/n\\_america\\_ar5.html](http://www.climatechange-foodsecurity.org/n_america_ar5.html).
- Kemper, N. 2008. « Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment ». *Ecological Indicators* 8(1), 1-13. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.06.002>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X07000647>.
- Kern, K., et H. Bulkeley. 2009. « Cities, europeanization and multi-level governance: Governing climate change through transnational municipal networks ». *JCMS: Journal of Common Market Studies* 47(2), 309-332. [http://doc.energies-cities.eu/greenstone/collect/imagined/index/assoc/HASH03bf.dir/Cities\\_Europeanization\\_MLG.pdf](http://doc.energies-cities.eu/greenstone/collect/imagined/index/assoc/HASH03bf.dir/Cities_Europeanization_MLG.pdf).



- Lambright, W.H., S.A. Chjangnon et L.D.D. Harvey. 1996. « Urban reactions to the global warming issue: agenda setting in Toronto and Chicago ». *Climatic Change* 34(3-4), 463-478. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.465.137&rep=rep1&type=pdf>.
- McElwee, S. 2014. « Implementing GPI in Vermont, Maryland and Oregon ». *Demos: An Equal Say and an Equal Chance for All*, 5 février. <http://www.demos.org/blog/2/5/14/implementing-gpi-vermont-maryland-and-oregon>.
- McPhearson, T., R. Auch et M. Alberti. 2013. « Regional assessment of North America: Urbanization trends, biodiversity patterns, and ecosystem services ». In *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities*. Springer, chapitre 14, 279-286. [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-7088-1\\_14/fulltext.html](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-7088-1_14/fulltext.html).
- Metcalf, C.D. 2013. « Pharmaceutical contaminants of emerging concern in the environment ». *Environmental Toxicology and Chemistry* 32(8), 1683-1684. DOI : 10.1002/etc.2293. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.2293/epdf>.
- Moore, M.N. 2006. « Do nanoparticles present ecotoxicological risks for the health of the aquatic environment? ». *Environment International* 32(8), 967-976. DOI : 10.1016/j.envint.2006.06.014. <http://www.rcep.org.uk/reports/27-novel%20materials/documents/MooreB.pdf>.
- Mullinix, K., A. Fallick, D. Henderson et M. Campbell. 2009. « Beyond food security: Urban agriculture as a form of resilience in Vancouver, Canada ». *Urban Agriculture Magazine*(22), 41-42. [https://www.kpu.ca/sites/default/files/downloads/Beyond\\_Food\\_Security\\_Urban\\_Agriculture\\_as\\_a\\_Form\\_of\\_Resilience\\_in\\_Vancouver\\_Canada19062.pdf](https://www.kpu.ca/sites/default/files/downloads/Beyond_Food_Security_Urban_Agriculture_as_a_Form_of_Resilience_in_Vancouver_Canada19062.pdf).
- Nancy J Kelley & Associates, The Woodrow Wilson International Center for Scholars and The Alfred P Sloan Foundation. 2015. *Engineering biology for science & industry: Accelerating progress: Executive summary*. [http://nancyjkelly.com/wp-content/uploads/Meeting-Summary.Final\\_6.9.15-Formatted.pdf](http://nancyjkelly.com/wp-content/uploads/Meeting-Summary.Final_6.9.15-Formatted.pdf).
- NASA. 2015. *NASA study finds carbon emissions could dramatically increase risk of U.S. megadroughts*. NASA. <https://www.nasa.gov/press/2015/february/nasa-study-finds-carbon-emissions-could-dramatically-increase-risk-of-us>.
- National Waste and Recycling Association. 2014. *Landfill gas and renewable energy*. <http://beginwiththebin.org/innovation/landfill-gas-renewable-energy>.
- Obama, B. 2015. *The President speaks at the 2030 Agenda for Sustainable Development Goals*, 27 septembre. [https://www.whitehouse.gov/videos/2015/September/092615\\_ClosingSession\\_HD.mpa](https://www.whitehouse.gov/videos/2015/September/092615_ClosingSession_HD.mpa).
- OECD. 2009. *Nanotechnology: An overview based on indicators and statistics*. STI Working Paper 2009/7: Statistical Analysis of Science, Technology and Industry Organisation de coopération et de développement économiques. <https://www.oecd.org/Sti/Inno/43179651.Pdf>.
- Olson, R. 2013. « 3-D printing: A boon or a bane? ». *The Environmental Forum* 30(6). [https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/OLSON\\_FORUM\\_NOV-DEC\\_2013-1.pdf](https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/OLSON_FORUM_NOV-DEC_2013-1.pdf).
- ONGC. 2015. *Norme nationale du Canada : Système de production biologique : principes généraux et normes de gestion*. Office des normes générales du Canada. <http://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/ongc-cgsb/programme-program/normes-standards/internet/bio-org/documents/pgng-pgms-fra.pdf>.
- Ontario. 2015. *Les micro-plastiques et les microbilles*. <https://www.ontario.ca/fr/page/les-micro-plastiques-et-les-microbilles>. (Consulté le 27 novembre 2015).
- Pal, A., Y. He, M. Jekel, M. Reinhard et K.Y.H. Gin. 2014. « Emerging contaminants of public health significance as water quality indicator compounds in the urban water cycle ». *Environment International* 71, 46-62. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2014.05.025>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412014001767>.
- Rejeski, D., et Y. Huang. 2015. *An NSF workshop report: Environmental implications of additive manufacturing*. Environmental and Health Impacts of Additive Manufacturing. Washington, DC, 14-15 octobre 2014, Wilson Center. [https://www.wilsoncenter.org/sites/nsfamenv/NSF\\_AM\\_env\\_final.pdf](https://www.wilsoncenter.org/sites/nsfamenv/NSF_AM_env_final.pdf).
- Rochman, C.M., S.M. Kross, J.B. Armstrong, M.T. Bogan, E.S. Darling, S.J. Green, A.R. Smyth et D. Verissimo. 2015. « Scientific evidence supports a ban on microbeads ». *Environmental Science & Technology*. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.5b03909>.
- Rochman, C.M., S.M. Kross, J.B. Armstrong, M.T. Bogan, E.S. Darling, S.J. Green, A.R. Smyth et D. Verissimo. 2015. « Scientific evidence supports a ban on microbeads ». *Environmental Science & Technology* 49(2015), 10759-10761. DOI : 10.1021/acs.est.5b03909. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.5b03909>.
- Romero-Lankao, P., J.B. Smith, D.J. Davidson, N.S. Diefenbaugh, P.L. Kinney, P. Kirshen, P. Kovacs et L. V.R. 2014. « North America ». In *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*. Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Biliir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C. et al. (dir. de publ.). Cambridge University Press, New York, chapitre 26, 1439-1498. [http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIAR5-Chap26\\_FINAL.pdf](http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIAR5-Chap26_FINAL.pdf).
- Rosi-Marshall, E.J., D. Snow, S.L. Bartelt-Hunt, A. Paspalof et J.L. Tank. 2015. « A review of ecological effects and environmental fate of illicit drugs in aquatic ecosystems ». *Journal of hazardous materials* 282(2015), 18-25. DOI : 10.1016/j.jhazmat.2014.06.062. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25062553>.
- Rosi-Marshall, E.J., D.W. Kincaid, H.A. Bechtold, T.V. Royer, M. Rojas et J.J. Kelly. 2013. « Pharmaceuticals suppress algal growth and microbial respiration and alter bacterial communities in stream biofilms ». *Ecological Applications* 23(3), 583-593. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/12-0491.1/pdf>.
- Schwartz, J. 2015. « As fires grow, a new landscape appears in the West ». *New York Times*, 21 septembre. [http://www.nytimes.com/2015/09/22/science/as-fires-grow-a-new-landscape-appears-in-the-west.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2015/09/22/science/as-fires-grow-a-new-landscape-appears-in-the-west.html?_r=0).
- Spoelstra, J., S.L. Schiff et S.J. Brown. 2013. « Artificial sweeteners in a large canadian river reflect human consumption in the watershed ». DOI : 10.1371/journal.pone.0082706. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3859606/pdf/pone.0082706.pdf>.
- Statistique Canada. 2011. *Projections démographiques pour le Canada, les provinces et les territoires 2009 à 2036*. <http://www.statcan.gc.ca/pub/91-520-x/91-520-x2010001-fra.pdf>.
- Statistique Canada. 2015. *Comptes de l'environnement et des ressources : la foire aux questions*. <http://www.statcan.gc.ca/fra/cen/foq/eng>.
- Stillwell, A.S., D.C. Hoppock et M.E. Webber. 2010. « Energy recovery from wastewater treatment plants in the United States: A case study of the energy-water nexus ». *Sustainability* 2(4), 945-962. <http://www.mdpi.com/2071-1050/2/4/945/pdf>.
- Swanson, D., L. Pinter, F. Bregha, A. Volkery et K. Jacob. 2003. *GovernAbilities: The nexus of sustainability, accountability and adaptability: Essential tools for successful governance in the 21st century*. International Institute for Sustainable Development. [http://www.iisd.org/sites/default/files/publications/governabilities\\_sustainability\\_accountability\\_adaptability.pdf](http://www.iisd.org/sites/default/files/publications/governabilities_sustainability_accountability_adaptability.pdf).
- Tesla. 2015. *Powerwall Tesla home battery*. <http://www.teslamotors.com/powerwall>. (Consulté le 18 septembre 2015).
- The Council of Canadians. 2015. *On Notice for a drinking water crisis in Canada*. The Council of Canadians Ottawa, ON. [http://canadians.org/sites/default/files/publications/report-drinking-water-0315\\_o.pdf](http://canadians.org/sites/default/files/publications/report-drinking-water-0315_o.pdf). (Disponible en anglais seulement)
- The Economist. 2015a. *If autonomous vehicles rule the world: From horseless to driverless*. The Economist. <http://worldif.economist.com/article/11/what-if-autonomous-vehicles-rule-the-world-from-horseless-to-driverless>. (Consulté le 18 septembre 2015).
- The Economist. 2015b. « Suddenly, there are drones everywhere: And pilots are reporting ever more close encounters with them ». *The Economist*, 29 décembre 2015. <http://www.economist.com/news/science-and-technology/21684685-and>



- pilots-are-reporting-ever-more-close-encounters-them-suddenly-there-are. (Consulté le 22 janvier 2016).
- Travis, J. 2015. « Breakthrough of the Year: CRISPR makes the cut: CRISPR genome-editing technology shows its power ». *Science* 350(6267), 1456-1457. DOI : 10.1126/science.350.6267.1456. <http://science.sciencemag.org/content/sci/350/6267/1456.full.pdf>.
- Trent University. 2015. *LENS Project: Lake Ecosystem Nanosilver Project*. <https://www.trentu.ca/iws/lens.php>.
- UNDESA. 2014. *World urbanization prospects: The 2014 revision: Highlights*. Département des affaires économiques et sociales, New York. <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>.
- UNDESA. 2015. *World population prospects: The 2015 revision*. Département des affaires économiques et sociales. <http://esa.un.org/unpd/wpp/>.
- UNDG. 2015. *Mainstreaming the 2030 Agenda for Sustainable Development: Interim reference guide to UN country teams*. United Nations Development Group. <https://undg.org/wp-content/uploads/2015/10/Mainstreaming-the-2030-Agenda-UNDG-Interim-Reference-Guide-to-UNCTs-7-October-2015.pdf>.
- UNEP. 2012. « Scenarios and sustainability transformation ». In *GEO5: Global Environment Outlook: Environment for the Future We Want*. Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi, chapitre 16, 420-456. [http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5\\_report\\_C16.pdf](http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5_report_C16.pdf).
- UNEP. 2013. *Global chemical outlook - Towards sound management of chemicals*. Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi. [http://www.unep.org/hazardousubstances/Portals/9/Mainstreaming/GCO/The%20Global%20Chemical%20Outlook\\_Full%20report\\_15Feb2013.pdf](http://www.unep.org/hazardousubstances/Portals/9/Mainstreaming/GCO/The%20Global%20Chemical%20Outlook_Full%20report_15Feb2013.pdf).
- UNU-IHDP et UNEP. 2012. *Inclusive wealth report 2012: Measuring progress toward sustainability*. Université des Nations Unies, Programme international sur les dimensions humaines du changement de l'environnement et Programme des Nations Unies pour l'environnement Cambridge. [http://www.unep.org/pdf/IWR\\_2012.pdf](http://www.unep.org/pdf/IWR_2012.pdf).
- UNU-IHDP et UNEP. 2014. *Inclusive wealth report 2014: Measuring progress toward sustainability*. Programme international sur les dimensions humaines du changement de l'environnement global et Programme des Nations Unies pour l'environnement, Cambridge. [http://www.ihdp.unu.edu/docs/Publications/Secretariat/Reports/SDMs/IWR\\_SDM\\_2014.pdf](http://www.ihdp.unu.edu/docs/Publications/Secretariat/Reports/SDMs/IWR_SDM_2014.pdf).
- US EIA. 2014. *Monthly energy review*. United States Energy Information Administration. <http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/>.
- US EIA. 2016. *The International Energy Outlook 2016 (IEO2016)*. United States Energy Information Administration (EIA). <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/>.
- US EPA. 2012. United States Environmental Protection Agency. <https://archive.epa.gov/compliance/enforcement/annual-results/web/pdf/eoy2012.pdf>.
- US EPA. 2014. *Promoting technology innovation for clean and safe water: Water technology innovation blueprint—Version 2*. United States Environmental Protection Agency. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-04/documents/clean\\_water\\_blueprint\\_final.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-04/documents/clean_water_blueprint_final.pdf).
- US EPA. 2015a. *Toxic Substances Control Act (TSCA): Chemical Substance Inventory*. United States Environmental Protection Agency. <http://www2.epa.gov/tscainventory/about-tscainventory>.
- US EPA. 2015b. *Toxic Release Inventory (TRI) Program*. United States Environmental Protection Agency. <http://www2.epa.gov/toxics-release-inventory-tri-program>.
- US EPA. 2015c. *Clean power plan: Taking action on climate change*. <http://www2.epa.gov/cleanpowerplan>. (Consulté le 18 septembre 2015).
- US EPA. 2015d. *Assessment of the potential impacts of hydraulic fracturing for oil and gas on drinking water resources*. United States Environmental Protection Agency. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/hf\\_es\\_erd\\_jun2015.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/hf_es_erd_jun2015.pdf).
- US EPA. 2015e. *Research on nanotechnologies*. United States Environmental Protection Agency. <http://www2.epa.gov/chemical-research/research-evaluating-nanomaterials-chemical-safety>.
- US GAO. 2014a. *Freshwater: Supply concerns continue, and uncertainties complicate planning*. Report to Congressional Requesters. United States Government Accountability Office. <http://www.gao.gov/assets/670/663343.pdf>.
- US GAO. 2014b. *Climate change: Better management of exposure to potential future losses is needed for federal flood and crop insurance*. Report to Congressional Requesters. United States Government Accountability Office. <http://www.gao.gov/assets/670/666698.pdf>.
- US Mayors. 2008. *U.S. Conference of Mayors Climate Protection Agreement*. The United States Conference of Mayors. <http://www.usmayors.org/climateprotection/agreement.htm>.
- US NAS. 2015. *Climate intervention: Carbon dioxide removal and reliable sequestration*. The National Academies Press, Washington, DC. <http://nap.edu/18805>.
- US NNI. 2015a. *National Nanotechnology Initiative*. United States National Nanotechnology Initiative. [www.nano.gov](http://www.nano.gov).
- US NNI. 2015b). *NSI: Nanotechnology for solar energy collection and conversion: Contributing to energy solutions for the future*. United States National Nanotechnology Initiative. <http://www.nano.gov/NSISolar>.
- USDA investments boost growing markets for organic products and local foods. Release No. 084-16*. <https://www.ams.usda.gov/press-release/usda-reports-record-growth-us-organic-producers-1-billion-usda-investments-boost>.
- USDA. 2010. "No-Till" farming is a growing practice. <http://www.ers.usda.gov/media/135329/eib70.pdf>.
- USDA. 2016. *USDA reports record growth in U.S. organic producers, \$1 billion in*.
- USDOT. 2015a. *Sustainable transportation case study: Los Angeles metro* United States Department of Transportation. [https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/docs/LA\\_Metro\\_Case\\_Study\\_for\\_Web.pdf](https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/docs/LA_Metro_Case_Study_for_Web.pdf).
- USDOT. 2015b. *Sustainable transportation projects across the USA*. U.S. Department of Transportation. [http://www.fta.dot.gov/FTA\\_green\\_map.php](http://www.fta.dot.gov/FTA_green_map.php).
- USDS. 2016. *2016 Second biennial report of the United States of America: Under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. United States Department of State. [http://unfccc.int/files/national\\_reports/biennial\\_reports\\_and\\_jar/submitted\\_biennial\\_reports/application/pdf/2016\\_second\\_biennial\\_report\\_of\\_the\\_united\\_states\\_.pdf](http://unfccc.int/files/national_reports/biennial_reports_and_jar/submitted_biennial_reports/application/pdf/2016_second_biennial_report_of_the_united_states_.pdf).
- USFDA. 2010. « Survey shows gains in food-label use, health/diet awareness ». *FDA Consumer Health Information*, mars 2010. <http://www.fda.gov/downloads/ForConsumers/ConsumerUpdates/UCM202766.pdf>.
- USFHA. 2015. *FHWA forecasts of vehicle miles traveled (VMT): May 2015*. United States Federal Highway Administration. [http://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/tables/vmt/vmt\\_forecast\\_sum.pdf](http://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/tables/vmt/vmt_forecast_sum.pdf).
- Vaughan, S. 2014. *Converging opportunities: Environmental compliance and citizen science* Policy Brief, janvier 2014. International Institute for Sustainable Development. [http://www.iisd.org/pdf/2014/environmental\\_compliance\\_citizen\\_science.pdf](http://www.iisd.org/pdf/2014/environmental_compliance_citizen_science.pdf).
- WERF. 2011. *Energy production and efficiency research: The Roadmap to Net-Zero Energy*. Fact Sheet 2011. Water Environment Research Foundation (WERF). <https://www.werf.org/CMDDownload.aspx?ContentKey=cf3ed15a-e53b-44a3-ab62-74f2d36a16ed&ContentItemKey=150f42ee-463b-43fc-9597-931dooff73ff>.
- Wiesner, M., G. Lowry, P. Alvarez, D. Dionysiou et P. Biswas. 2006. « Assessing the risks of manufactured nanomaterials ». *Environmental Science & Technology* 40(14), 4336-4345. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es062726m>.
- Wilson Center. 2015. *Synthetic biology 101: What is synthetic biology?* Woodrow Wilson International Center for Scholars and the Alfred P Sloan Foundation.

<http://www.synbioproject.org/topics/synbio101/definition/>. (Consulté le 18 septembre 2015).

Wilson Center. 2016. *Consumer products inventory: An inventory of nanotechnology-based consumer products introduced on the market*. The Project on Emerging Nanotechnologies. <http://www.nanotechproject.org/cpi/>.

Wired. 2016. *The Internet of things is far bigger than anyone realizes*. Wired. <http://www.wired.com/insights/2014/11/the-internet-of-things-bigger/>.

WNAS. 2015. *Electricity generation: What are the options?* [Fichier de données]. World Nuclear Association Symposium. <http://www.world-nuclear.org/nuclear-basics.aspx>.

World Bank. 2016. *GDP at market prices (current US\$)*. <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>. (Consulté le 22 janvier 2016).

World Economic Forum. 2012. *Global risks 2012 seventh edition*. <https://www.weforum.org/reports/global-risks-2012-seventh-edition>.



## List of Figures

Figure 1.2.1:	Conceptual illustration framing the overarching narrative of the North America assessment	12
Figure 2.1.1:	US trends in drivers and emissions, 1970–2013	20
Figure 2.1.2a:	Canadian greenhouse gas emissions trends and indicators, 1990–2013	21
Figure 2.1.2b:	Relative change in air pollutant emissions in Canada, 1990–2013	21
Figure 2.1.3:	US and Canadian national emissions by sector for selected pollutants, 2012	22
Figure 2.1.4:	Ozone and fine particulate matter (PM <sub>2.5</sub> ) trends in Canada and the US	23
Figure 2.1.5a:	Annual average tropospheric nitrogen dioxide column in 2005	24
Figure 2.1.5b:	Annual average tropospheric nitrogen dioxide column in 2011	24
Figure 2.1.6a:	Canada and the US, annual wet sulphate deposition, 1990	25
Figure 2.1.7:	US counties that do not attain NAAQS, 2015	26
Figure 2.1.8:	EJScreen, national percentile exposure to PM <sub>2.5</sub> for Los Angeles	26
Figure 2.1.9:	Critical loads of acidity for lakes or upland forest soils across Canada	27
Figure 2.1.10:	Sources of voluntary methane emission reductions reported by the oil and gas industry to US EPA's Natural Gas STAR programme, 2014	29
Figure 2.1.11:	AirNow story map interactive summary of air quality observations at key locations	30
Figure 2.1.12:	The transformation of the air quality monitoring paradigm	31
Figure 2.2.1	US Cropland, by Year	35
Figure 2.2.2	Major uses of land (US), 1949–2012	36
Figure 2.2.3:	Population change by metropolitan/nonmetropolitan census status, 1976–2014	36
Figure 2.2.4:	North American ecological zones, 2011	39
Figure 2.2.5:	North American land cover, 2011	40
Figure 2.2.6:	US land cover, 2011	41
Figure 2.2.7:	US land-cover change, 2001–2011	42
Figure 2.2.8:	US shrubland, grassland, and pasture cover distribution, 2011	44
Figure 2.2.9:	Maize: US annual average yield (1960–2012) and major climatic events in maize production areas and associated percentage yield reductions below prior year	49
Figure 2.3.1:	Marine mammals in Canada	52
Figure 2.3.2	Contaminant trends (parts per million on a logarithmic scale), 1970–2010	55
Figure 2.3.3:	Plastics ingested by seabirds, 1969–2011	62
Figure 2.3.4:	Trends in selected fish species, 1950–2010	63
Table 2.3.1:	Species successfully landed in Lake Erie, 2013	65
Figure 2.4.1a:	Canada, total annual precipitation minus potential evapotranspiration, 1971–2000	68
Figure 2.4.1b:	US, total annual precipitation minus potential evapotranspiration, 1971–2000	68
Figure 2.4.2:	Great Lakes water quality index scores in Canada, 2014	69
Figure 2.4.3:	US water withdrawals from all sources, 1950–2010	70
Figure 2.4.4:	Canada water withdrawals, 2005, 2007 and 2009	71
Figure 2.4.5:	Fracking water use in the US, 2011–2014	72
Figure 2.4.6:	US water consumption by sectors, 2005–2009	72
Figure 2.4.7:	US groundwater pumping for public and domestic supply and population, 1950–2005	73
Figure 2.4.8:	Comparison of droughts across the continental US (top) and in NOAA's climate region (bottom), 2000–2015	74
Figure 2.4.9:	California's drought level at the first week of January, 2011–2015	75
Figure 2.4.10:	Changes in US aquifers, 2003 and 2012	76

Figure 2.4.11: Canada, freshwater quality in drainage regions, 2010–2012	78
Table 2.4.2: Nitrogen loads to North American rivers, US 2005; Canada 2005–2009	78
Figure 2.4.12: Sources of human-mediated nitrogen	80
Figure 2.4.13: The relationship between overall eutrophic condition, associated eutrophic symptoms and influencing factors	81
Figure 2.4.14: Factors affecting increasing prevalence of harmful algal blooms in freshwater	82
Figure 2.4.15a: Predicted nitrates in shallow, recently recharged water; b: Predicted nitrates in deeper groundwater used for drinking water, 2013	82
Figure 2.4.16: Ground water quality trends in the United States	83
Figure 2.4.17: Fertilizer use and nitrate concentration in groundwater at recharge, 1940–2004	84
Figure 2.4.18 US, etiology of 885 drinking water-associated illness outbreaks, 1971–2012*	85
Figure 2.4.19: US, etiology of 885 drinking water-associated illness outbreaks, 1971–2012*	86
Figure 2.4.20: US, extent of private well contamination	89
Figure 2.4.21 Dams in North America, 2014	90
Figure 2.4.22: Rate of dam removal in the US, 1915-2014	92
Figure 2.4.23: Annual storage loss of US reservoir capacity, 2012	92
Figure 2.5.1: US Coral bleaching, 1980-2011	94
Figure 2.5.2: US, sea-level rise, 1963–2012	95
Figure 2.5.3: US coastal states at risk of sea-level rise	96
Figure 2.5.4: Rising CO <sub>2</sub> in atmosphere, CO <sub>2</sub> in oceans, and pH of seawater	97
Figure 2.5.5 Pathways of mercury into fish and humans	99
Figure 2.5.6: Canada, PCB reductions in harbour seals, 1980–2010	100
Figure 2.5.7: Chesapeake Bay health report card, 1996–2013	102
Figure 2.5.8: North America, harmful algal blooms on the Atlantic and Pacific Coast, 2011	103
Figure 2.5.9: Marine litter, proportion of categories on reference beaches	104
Figure 2.6.1: Pharmaceuticals in surface water, tap water and/or drinking water, 2013	106
Figure 2.6.2: Pathways of pharmaceuticals in the environment	107
Figure 2.6.3: Coal ash dam hazard rating map	109
Figure 2.6.4: Nitrogen oxides and sulphur dioxide released into the atmosphere from a variety of sources fall to the ground as wet or dry acid deposition	110
Figure 2.6.5 Food loss in the US at consumer and retail levels by food group, 2010	111
Figure 2.6.6 Composting, Canada and provinces, 1994 and 2011	112
Figure 2.6.7: Reducing food waste	113
Figure 2.7.1: Sea ice extent	116
Figure 2.7.2: Arctic amplifying feedbacks	117
Figure 2.7.3: The distribution of permafrost in the Arctic	118
Figure 2.7.4: North Atlantic Ocean Circulation	120
Figure 2.7.5: Response of marine mammal species to sea ice loss mediated by their reliance on it for key aspects of their survival	122
Figure 2.7.6: Potential shipping routes in the Arctic, (2011-2035) and 2036-2060	123
Figure 2.8.1: An analysis of pressure over North America	129
Figure 2.8.2: North American Drought Monitor, October 2005–2015	130
Figure 2.8.3: Effect of changes in temperature distribution on extremes	131
Figure 2.8.4: Vulnerable New York City	132
Figure 2.8.5: Mountain Pine Beetle, annual displacement	135



Figure 2.8.6: Nonlinear relation between temperature and yields	136
Figure 2.8.7: Food Price Index	137
Figure 2.9.1: Resource pyramid concept	140
Figure 2.9.2: How gas drilling could affect the environment	142
Figure 2.9.3: Oklahoma, US, earthquakes over time	146
Figure 2.9.4: The leveled cost of electricity from utility-scale renewable technologies, 2010 and 2014	147
Figure 2.9.5: Bike-sharing programmes in the US, 2007–2014	149
Figure 3.1.1: US national environmental legislation, 1973-2015 (number of Congressional Bills)	154
Figure 3.1.2: Percentages of US Democrats and Republicans reporting that national spending on the environment is “Too Little,” 1974-2012	154
Figure 3.2.1: Trends in proportion of area protected, Canada, 1990-2014	167
Figure 3.2.2: Distribution of species formally listed as threatened or endangered under the ESA, 2014	168
Figure 3.2.3: Total area occupied by monarch butterfly colonies at over-wintering sites in Mexico, 1994/1995–2014/2015	169
Figure 3.2.4: Monarch butterfly fall migration patterns	169
Figure 3.2.5: Total and average monarch abundance estimates with standard error of the means at 76-187 over-wintering sites, 1997-2015	170
Figure 3.2.6: Yakima Basin Integrated Water Resource Management Plan	174
Figure 3.2.7: State Development of Numeric Criteria for Nitrogen and Phosphorus Pollution, 1998–2016	176
Figure 3.2.8: Summary of California Emergency Conservation Regulation	179
Figure 3.2.9: Mechanism of osmosis and reverse osmosis	181
Figure 3.2.10: Energy-from-waste plant diagram	183
Figure 3.2.11: The Columbia University Superfund Research Program “NPL Superfund Footprint: Site, Population, and Environmental Characteristics” Mapper	185
Figure 3.2.12: Impact of Production Tax Credit Expiration and Extension on US Annual Installed Wind Capacity	190
Figure 3.2.13: North American shale plays	191
Figure 3.2.14: Elements of a sustainable consumption and production system	196
Figure 3.2.15: Human appropriation of net primary production, excluding effects of human-induced fires	198
Figure 3.2.16: Outline of a circular economy	199
Figure 3.2.17: Ecosystem Services	201
Figure 3.3.1: Sales of fuels subject to BC carbon tax	211
Figure 3.3.2: Drone-enabled agricultural intelligence	213
Figure 3.3.3: ERMA web-based mapping application: Deepwater Gulf Response	214
Figure 3.3.4: Sage Grouse Initiative (SGI) interactive mapping tool	216
Figure 3.3.5: Canadian Wildland Fire Information System: Head fire intensity in Canada, 2015	217
Figure 3.3.6: Inequalities in access to and use of ICT Services	218
Figure 3.3.7: Portland and Multnomah County Climate Action Plan accomplishment	222
Figure 4.1.1: North America’s GDP relative to the world	227
Figure 4.1.2: Canada and the US (combined), ageing population, 1950, 2015 and 2050	228
Figure 4.1.3: North American population density, 2015	229
Figure 4.1.4: Climate change projection for North America	230
Figure 4.1.5: Projected temperature change by 2071-2099	231
Figure 4.1.6: Canada’s emission projections in 2020 and 2030 (Mt CO <sub>2</sub> eq)	232

Figure 4.1.7	Historic and Projected US GHG Emissions under Obama Administration targets	233
Figure 4.1.8	Technologies for reducing CO <sub>2</sub> emissions from industry	234
Figure 4.1.9	Growth in solar photovoltaic energy potential, cumulative capacity additions 2012–2020, gigawatts	234
Figure 4.1.1 a.	Canada water shortages and advisories 2015	236
Figure 4.1.10b.	US States, water shortages likely over the decade, 2013	236
Figure 4.1.11:	Growth in chemical production	238
Figure 4.1.12:	Publishing activity for selected contaminants of emerging concern, 1950–2013	239
Figure 4.2.1:	Bioenergy with carbon capture and storage (left) and direct air capture and storage	242
Figure 4.3.1:	Reducing local carbon emissions in Portland and Multnomah County, 80% below 1990 levels by 2050	247
Figure 4.3.2:	Sustainable transport projects across the US, 2015	248
Figure 4.3.3:	Tillage system trends in the Canadian prairies	248
Figure 4.3.4:	Logos for organic labelling in Canada and the US	249
Figure 4.3.5:	Annual US Energy Storage Deployments (MW), 2012-2020	253
Figure 4.3.6:	US energy consumption by energy source, 2014	253
Figure 4.3.7:	US, natural gas production, historical developments and projection, 1990–2030	253
Figure 4.4.1:	The Sustainable Development Goals	255
Figure 4.5.1:	Example of an ecosystem valuation framework	258
Figure 4.5.2:	Trends in the Canadian Index of Wellbeing for Ontario from 1994 - 2010	259
Figure 4.5.3:	Genuine Progress Indicator	260

### List of Tables

Table 1.1.1	Environmental Issues that have been the Focus of Sustained Policy Attention since the 1970s	10
Table 1.2.1	Smart growth principles and associated case studies	11
Table 2.1.1	Smart growth principles and associated case studies	28
Table 2.2.1	Land-use trends in Canada and the USA ('000 hectares)	33
Table 2.2.2	US land-cover change in grasslands and shrublands by owner category, 2001–2011	38
Table 2.2.3	US land cover percentages†	46
Table 2.3.1	Species successfully landed in Lake Erie, 2013	65
Table 2.4.1	Summary of water withdrawals and consumption across all major sectors in the US in 2005	72
Table 2.4.2	Nitrogen loads to North American rivers, US 2005; Canada 2005–2009	78
Table 3.2.1	Key features of GHG reduction policy instruments in some Canadian provinces	159
Table 3.2.2	Examples of ecosystem service-related activities in federal agencies, US	172
Table 3.2.3	Environmental and resource accounts	202
Table 4.1.1	Canada and the US, summary of forest fires	237
Table 4.1.2	Area of change in square kilometres and % between the land cover map of 2005 and 2010	237
Table 4.3.1	Energy Content of Wastewater	252
Table 4.3.2	US, renewable energy resource potential	254
Table 4.5.1	Estimates of values of different ecosystems	260
Table 4.5.2	Types of capitals in inclusive wealth and their availability in Canada and US	261
Table 4.5.3	General steps of scenario planning and modes of application in the policy process	263

## List of Boxes

Box 2.2.1	US ownership patterns for forested lands and fragmentation	46
Box 2.4.1	Great Lakes Water Quality	69
Box 2.4.2	Insufficient amounts of water affect ecosystem functions in Canada	79
Box 2.4.3	The case of Flint Michigan	87
Box 2.6.1	Experimental Lakes Area	108
Box 2.7.1	Opening of a seaway	123
Box 2.7.2	Issues affecting the health and well-being of peoples of the Arctic, especially indigenous and isolated communities	124
Box 2.7.3	Engaging Tribal Governments and Indigenous peoples in Canada and the US	125
Box 2.7.4	Embracing traditional ecological knowledge into science	127
Box 2.8.1	Urban complex in the eye of a storm	132
Box 2.8.2	Mountain pine beetle outbreaks: natural selection for climate change adaptation?	134
Box 2.9.1	The resource pyramid concept	140
Box 2.9.2	Exploiting Arctic fossil fuel resources	143
Box 2.9.3	Oil sands exploitation in North America	144
Box 2.9.4	Generational changes in energy use	149
Box 3.2.1	Climate and Clean Air Coalition	161
Box 3.2.2	Montréal Process Working Group	165
Box 3.2.3	Integrated water resources management: adaptive governance in conservation	173
Box 3.2.4	Fracking: emerging citizen science, data gathering, and responses in cities	191
Box 3.2.5	Renewable energy and North American cities	194
Box 3.3.1	Key features of adaptive governance	205
Box 3.3.2	Governing the regional environment for greater resilience and a system innovation approach	206
Box 3.3.3	Indigenous rights and bituminous sands development	209
Box 3.3.4	Commission on Environmental Cooperation	210
Box 3.3.5	British Columbia revenue neutral carbon tax	211
Box 3.3.6	Climate data initiative launches with strong public and private sector commitments	216
Box 3.3.7	LEO Network – using technology to share environmental observations	219
Box 3.3.8	Cities turn a corner in responding to climate change	220
Box 3.3.9	Portland's leadership in reducing carbon emissions	222
Box 3.3.10	City governments cooperation for Sustainability	223
Box 4.1.1	Potential emission reduction in energy production, OECD countries with focus on North America	234
Box 4.2.1	Nanotechnology and the environment	241
Box 4.2.2	Scenarios – Digital economy and networks society in Canada	246
Box 4.3.1	US EPA's 10 critical actions to conserve water	251
Box 4.4.1	Relevance of SDG Goal 12 on sustainable consumption and production for North America	256
Box 4.5.1	Examples of long-term well-established citizens-based monitoring systems in North America	264

## List of links for North America

### Chapter 2

Link 2.1.1: National ambient levels of ozone

<http://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=en&n=9EBBCA88-1#01>

Link 2.1.2 Ambient Levels of Fine Particulate Matter

<http://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=en&n=029BB000-1>

Link 2.1.3 NASA Images Highlight U.S. Air Quality Improvement – Release Materials

<http://svs.gsfc.nasa.gov/vis/ao10000/ao11500/ao11579/>

Link 2.1.4. The Canadian National Atmospheric Chemistry (NatChem) Database And Analysis System [www.ec.gc.ca/natchem](http://www.ec.gc.ca/natchem)

Link 2.1.5. US Trends in Wet Sulfate Deposition <http://cfpub.epa.gov/roe/indicator.cfm?i=1#1>

Link 2.1.6. US Trends in Wet Nitrate Deposition <http://cfpub.epa.gov/roe/indicator.cfm?i=1#2>

Link 2.1.7. Green Book Nonattainment Areas [http://www3.epa.gov/airquality/greenbook/data\\_download.html](http://www3.epa.gov/airquality/greenbook/data_download.html)

Link 2.1.8. EJSCREEN Los Angeles <https://ejscreen.epa.gov/mapper/index.html?wherestr=Los+Angeles>

Link 2.1.9. EJSCREEN <https://ejscreen.epa.gov/mapper/>

Link 2.1.10 Smart Growth Illustrated <http://www2.epa.gov/smartgrowth/smart-growth-illustrated>

Link 2.1.11 AirNow Story Map [http://gispub.epa.gov/OAR\\_OAQPS/SeasonReview2014/index.html?appid=53ebf02c3d5f400c940fbc781a2b1052](http://gispub.epa.gov/OAR_OAQPS/SeasonReview2014/index.html?appid=53ebf02c3d5f400c940fbc781a2b1052)

Link 2.1.12 Freshwater Fisheries [https://www.st.nmfs.noaa.gov/pls/webpls/MF\\_GL\\_LANDINGS.RESULTS](https://www.st.nmfs.noaa.gov/pls/webpls/MF_GL_LANDINGS.RESULTS)

Link 2.1.13 Water Use in the United States <http://water.usgs.gov/watuse/index.html>

Link 2.1.14 Water Withdrawal and Consumption by Sector <http://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=en&n=5736C951-1>

Link 2.1.15 U.S. Drought Monitor Statistics Graph <http://www.droughtmonitor.unl.edu/MapsAndData/Graph.aspx>

Link 2.1.16 Regional Freshwater Quality in Canadian Rivers <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=En&n=1C71AB61-1>

Link 2.1.17 Quality of Water from Domestic Wells in Principal Aquifers of the United States, 1991–2004 <http://pubs.usgs.gov/circ/circ1332/includes/circ1332.pdf>

Link 2.1.18 Mercury Bioaccumulation <https://vimeo.com/45969895>

Link 2.1.19 How healthy is your Chesapeake Bay? <http://ecoreportcard.org/report-cards/chesapeake-bay/health/>

Link 2.1.20 Dead Zone [http://nerus.nesdis-hq.noaa.gov/animations/high\\_quality/104617\\_DeadZone-full-res.mp4](http://nerus.nesdis-hq.noaa.gov/animations/high_quality/104617_DeadZone-full-res.mp4)

Link 2.1.21 Deep sea trash litters the ocean floor <http://www.livescience.com/37231-deep-sea-trash-litters-the-ocean-floor-video.html>

Link 2.1.22 Microbeads - The Story of Stuff Project [https://www.youtube.com/watch?v=uAilGd\\_JqZc](https://www.youtube.com/watch?v=uAilGd_JqZc)

Link 2.1.23 EPA coal ash dam hazard rating <http://www.southeastcoalash.org/>

Link 2.1.24 K-12 Schools [http://www.usda.gov/oce/foodwaste/resources/K12\\_schools.html](http://www.usda.gov/oce/foodwaste/resources/K12_schools.html)

Link 2.1.25 North American Drought Monitor <https://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/drought/nadm/maps>

Link 2.1.26 Drought pushes Mississippi river water levels historically low <http://www.theguardian.com/environment/video/2012/dec/14/drought-mississippi-river-water-levels-historic-low-video>

Link 2.1.27 America is shaking off its addiction to oil <http://www.bloomberg.com/graphics/2014-america-shakes-off-oil-addiction/>

Link 2.1.28 How gas drilling could spoil your drinking water <http://www.bloomberg.com/infographics/2013-06-06/can-fracking-spoil-your-drinking-water.html>

Link 2.1.29 Barnett: <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=2170>

Link 2.1.30 Eagle Ford: <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=3770>

Link 2.1.31 Bakken: <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=3750>

Link 2.1.32 GSA Critical Issue: Hydraulic Fracturing <http://www.geosociety.org/criticalissues/hydraulicFracturing/index.asp>

Link 2.1.33 Oil-sands pipeline to the Atlantic <http://www.bloomberg.com/infographics/2014-10-07/canada-oil-pipeline-to-the-atlantic.html>

Link 2.1.34 Top 25 Bike- to -work cities <http://www.bloomberg.com/infographics/2014-08-22/top-bike-sharing-cities-u-s.html>

### Chapter 3

Link 3.1.1 State Development of Numeric Criteria for Nitrogen and Phosphorus Pollution

<http://cfpub.epa.gov/wqsits/nnc-development/>

Link 3.1.2 The Columbia University Superfund Research Program "NPL Superfund Footprint: Site, Population, and Environmental Characteristics" Mapper <http://superfund.ciesin.columbia.edu/sfmapper>

Link 3.1.3 <http://www.toxicsites.us>

Link 3.1.4 Military <http://flavornc.com/2014/11/military/>

Link 3.1.5 Keeping Tabs on HABs: New Tools for Detecting, Monitoring, and Preventing Harmful Algal Blooms <http://ehp.niehs.nih.gov/122-a206/>

### Chapter 4

Link 4.1.1 Micro plastics Pollution in the Great Lakes Ecosystem: Summary of Presentations at IAGLR 2014 <http://www.lakescientist.com/microplastics-pollution-great-lakes-ecosystem-summary-presentations-iaglr-2014/>

# Remerciements

## Coprésidents

Marc A. Levy (CIESIN, Earth Institute, Université Columbia, États-Unis), Robert W. Corell (Global Environment and Technology Foundation; Center for Energy and Climate Solutions, États-Unis)

## Membres nord-américains du Groupe consultatif de haut niveau intergouvernemental et de parties prenantes (HLG)

Paula Brand (Environnement et Changement climatique Canada, Gouvernement du Canada, depuis décembre 2015), John Matuszak (Département d'État américain, États-Unis), Anthony Young (Environnement et Changement climatique Canada, Gouvernement du Canada; de février 2015 à décembre 2015), Neil C. Hawkins (Environnement, santé et sécurité, The Dow Chemical Company, représentant des parties prenantes des États-Unis), Melinda L. Kimble (Fondation des Nations Unies, États-Unis, représentante des parties prenantes), Gillian Bowser (Université d'État du Colorado, États-Unis; représentante des parties prenantes)

**Membres nord-américains du Comité de consultation scientifique (Science Advisory Panel [SAP])** Rosina M. Bierbaum (Université du Michigan; Conseil présidentiel sur la science et la technologie, États-Unis); Toral Patel-Weyand (département de l'Agriculture des États-Unis, Services des forêts, États-Unis); Sarah A. Green (Université technologique du Michigan, États-Unis)

## Équipes d'auteurs

### Chapitre 1. Priorités et contexte régionaux

**Auteur principal chargé de la coordination :** Marc A. Levy (CIESIN, Earth Institute, Université Columbia, États-Unis)

**Auteurs collaborateurs :** Catherine P. McMullen (experte indépendante, Canada), Robert W. Corell (Global Environment and Technology Foundation; Center for Energy and Climate Solutions, États-Unis), Minal Patel (Université Columbia), Jacob Park (Collège Green Mountain, États-Unis), Phil Dickerson (Environmental Protection Agency des États-Unis, États-Unis), Terry Keating (Environmental Protection Agency des États-Unis, États-Unis), Richard Guldin (chercheur universitaire principal, Société des forestiers américains, États-Unis), Peter Stoett (Université Concordia, Centre Loyola pour la recherche sur la durabilité, Canada),

Erica B. Gaddis (Department of Environmental Quality de l'Utah, États-Unis), Bronwyn E. Keatley (Pêches et Océans Canada, Canada), Judith S. Weis (Université Rutgers, États-Unis), Marc Syndor (Université de Denver; expert indépendant), Amit Patel (département de l'Agriculture des États-Unis, Services des forêts, États-Unis), Livia Bizikova (Institut international du développement durable, Canada), Michael Brody (Université américaine, États-Unis); Lauren Sweeney (Environnement et Changement climatique Canada), Mark Little (Université de la Caroline du Nord, Chapel Hill; Institut international du développement durable, États-Unis), Kerry Bowman (Université de Toronto, Canada)

### Chapitre 2. État et tendances

#### Section 2.1 Air

Auteur principal chargé de la coordination : Phil Dickerson



(Environmental Protection Agency des États-Unis, États-Unis), Terry Keating (Environmental Protection Agency des États-Unis, États-Unis)

**Auteurs collaborateurs :** Livia Bizikova (Institut international du développement durable, Canada); Marc A. Levy (CIESIN, Earth Institute, Université Columbia, États-Unis), William Sonntag (Environmental Protection Agency des États-Unis, États-Unis).

## Section 2.2 : Terre

**Auteur principal chargé de la coordination :** Richard Guldin (Société des forestiers américains, États-Unis)

**Auteurs collaborateurs :** Doug MacDonald (expert indépendant), Kenneth Bagstad (Commission géologique des États-Unis; Banque mondiale), Mark Boyland (Ressources naturelles Canada), Brett Butler (département de l'Agriculture des États-Unis), John Coulston (département de l'Agriculture des États-Unis), Eric Davidson (Centre des sciences environnementales de l'Université du Maryland), Jason Edwards (Ressources naturelles Canada), Curtis Flather (département de l'Agriculture des États-Unis), John Hall (Ressources naturelles Canada), Carol Hunsberger (Université Western Ontario, Canada), Catherine P. McMullen (experte indépendante, Canada), Linda Langner (département de l'Agriculture des États-Unis), Tony Lempriere (Ressources naturelles Canada), Kevin Megown (département de l'Agriculture des États-Unis), Sonja Oswald (département de l'Agriculture des États-Unis), Amit Patel (département de l'Agriculture des États-Unis, Service des forêts, États-Unis), Matt Reeves (département de l'Agriculture des États-Unis), Gregory Reams (département de l'Agriculture des États-Unis), Kurt Riitters (département de l'Agriculture des États-Unis), Brian Schwind (département de l'agriculture des États-Unis), William « Brad » Smith (département de l'Agriculture des États-Unis), Graham Stinson (Ressources naturelles Canada), Peter Stoett (Université Concordia,

Centre Loyola pour la recherche sur la durabilité, Canada), Hung Vo (Université Cornell, Études urbaines et régionales, États-Unis)

## Section 2.3 : Biote : Biodiversité et services écosystémiques

**Auteur principal chargé de la coordination :** Peter Stoett (Université Concordia, Centre Loyola pour la recherche sur la durabilité, Canada)

**Auteurs collaborateurs :** Carol Hunsberger (Université Western Ontario, Canada), Richard Guldin (chercheur universitaire principal, Société des forestiers américains, États-Unis), Risa B. Smith (Environnement et Changement climatique Canada, Service canadien de la faune, Canada), Judith S. Weis (Université Rutgers, États-Unis)

## Section 2.4 : Eaux douces

**Auteurs principaux chargés de la coordination :** Erica B. Gaddis (Department of Environmental Quality de l'Utah, États-Unis); Bronwyn E. Keatley (Pêches et Océans Canada, Canada)

**Auteurs collaborateurs :** Judith S. Weis (Université Rutgers, États-Unis), Enid J. Sullivan Graham (Laboratoire national de Los Alamos, États-Unis), Mark Little (Université de la Caroline du Nord, Chapel Hill; Institut Kenan de l'entreprise privée, États-Unis), Kerry Bowman (Université de Toronto, Canada); Eric A. Davidson (Centre des sciences environnementales de l'Université du Maryland), Peter H. Denton (Collège militaire royal du Canada, Canada), Marc Syndor (Université de Denver; expert indépendant, États-Unis)

## Section 2.5 : Milieux marins, côtiers et océaniques

**Auteurs principaux chargés de la coordination :** Bronwyn E. Keatley (Pêches et Océans Canada, Canada),

Erica B. Gaddis (Department of Environmental Quality de l'Utah, États-Unis).

**Auteur principal** : Judith S. Weis (Université Rutgers, États-Unis)

**Auteurs collaborateurs** : Peter Stoett (Université Concordia, Centre Loyola pour la recherche sur la durabilité, Canada), Enid J. Sullivan Graham (Laboratoire national de Los Alamos, États-Unis), Mark Little (Université de la Caroline du Nord, Chapel Hill; Institut Kenan de l'entreprise privée, États-Unis), Kerry Bowman (Université de Toronto, Canada), Eric A. Davidson (Centre des sciences environnementales de l'Université du Maryland)

### Section 2.6 : Produits chimiques et déchets

**Auteure principale chargée de la coordination** : Catherine P. McMullen (experte indépendante, Canada)

**Auteurs collaborateurs** : Judith S. Weis (Université Rutgers, États-Unis), Hung Vo (Université Cornell, études urbaines et régionales), Peter H. Denton (Collège militaire royal du Canada, Canada), Erica B. Gaddis (Department of Environmental Quality de l'Utah, États-Unis), Bronwyn E. Keatley (Pêches et Océans Canada, Canada), Kerry Bowman (Université de Toronto, Canada), Marc A. Levy (Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Earth Institute, Université Columbia, États-Unis)

### Section 2.7 : L'Arctique en pleine mutation

**Auteur principal chargé de la coordination** : Robert W. Corell (Global Environment and Technology Foundation; Center for Energy and Climate Solutions, États-Unis).

**Auteure principale** : Catherine P. McMullen (experte indépendante, Canada)

**Auteurs collaborateurs** : Peter H. Denton (Collège militaire royal du Canada, Canada), Nancy G. Maynard (National Aeronautics and Space Administration (NASA), Science and Exploration Directorate, États-Unis), Tony D.J. Penikett (Université Simon Fraser, Canada), Gabriela Halas (Université de Fairbanks en Alaska, États-Unis), Jacob Park (Collège Green Mountain, États-Unis)

### Section 2.8 : Changements climatiques

**Auteure principale chargée de la coordination** : Catherine P. McMullen (experte indépendante, Canada)

**Auteurs collaborateurs** : Jacob Park (Collège Green Mountain, États-Unis), Robert W. Corell (Global Environment and Technology Foundation; Center for Energy and Climate Solutions, États-Unis), Marc A. Levy (CIESIN, Earth Institute, Université Columbia, États-Unis), Nancy G. Maynard (National Aeronautics and Space Administration (NASA), Science and Exploration Directorate, États-Unis), Eric A. Davidson (Centre des sciences environnementales de l'Université du Maryland), Kerry Bowman (Université de Toronto, Canada), Judith S. Weis (Université Rutgers, États-Unis), Tony D.J. Penikett (Université Simon Fraser, Canada), Peter H. Denton (Collège militaire royal du Canada, Canada), Marc Syndor (Université de Denver; expert indépendant), Livia Bizikova (Institut international du développement durable, Canada)

### Section 2.9 : Transition énergétique

**Auteur principal chargé de la coordination** : Marc Syndor (Université de Denver; expert indépendant, États-Unis)

**Auteurs collaborateurs** : Enid J. Sullivan Graham (Laboratoire national de Los Alamos, États-Unis), Mark Little (Université de la Caroline du Nord, Chapel Hill; Institut Kenan de l'entreprise privée, États-Unis), Carol Hunsberger (Université Western Ontario, Canada), Robert W. Corell (Global Environment and Technology

Foundation; Center for Energy and Climate Solutions, États-Unis), Marc A. Levy (CIESIN, Earth Institute, Université Columbia, États-Unis), Livia Bizikova (Institut international du développement durable, Canada), Darren Swanson (Novel Futures, Canada).

Earth Institute, Université Columbia, États-Unis), Marc Sydnor (Université de Denver; expert indépendant, États-Unis), Hung Vo (Université Cornell, études urbaines et régionales, États-Unis), Judith S. Weis (Université Rutgers, États-Unis)

### Chapitre 3 : Réponse stratégique

**Auteur principal chargé de la coordination :** Marc A. Levy (CIESIN, Earth Institute, Université Columbia, États-Unis)

**Auteurs collaborateurs :** Sandra Baptista (CIESIN, Earth Institute, Université Columbia, États-Unis), Michele M. Betsill (Université d'État du Colorado, États-Unis), Livia Bizikova (Institut international pour le développement durable, Canada), Michael Brody (Université américaine, États-Unis), Harriet Bulkeley (Université de Durham), Robert W. Corell (Global Environment and Technology Foundation; Center for Energy and Climate Solutions, États-Unis), Eric A. Davidson (Centre des sciences environnementales de l'Université du Maryland), Phil Dickerson (Environmental Protection Agency des États-Unis, États-Unis), Carol Hunsberger (Université de Western Ontario, Canada), Mark Little (Université de la Caroline du Nord, Chapel Hill; Institut Kenan de l'entreprise privée, États-Unis), Erica B. Gaddis (Department of Environmental Quality de l'Utah, États-Unis), Stew Henderson (résultats en matière d'énergie, d'environnement et de changements climatiques, bureau du gouverneur à Washington, États-Unis), Catherine P. McMullen (experte indépendante, Canada), Terry Keating (Environmental Protection Agency des États-Unis, États-Unis), Bronwyn E. Keatley (Pêches et Océans, Canada), Valentina Mara (CIESIN, Earth Institute, Université Columbia, États-Unis), Jacob Park (Collège Green Mountain, États-Unis), William Sonntag (Environmental Protection Agency des États-Unis, États-Unis), Peter Stoett (Université Concordia, Centre Loyola pour la recherche sur la durabilité, Canada), Minal Patel (CIESIN, Earth Institute, Université Columbia, États-Unis), Emilie Schnarr (CIESIN,

### Chapitre 4 : Perspectives

**Auteurs principaux chargés de la coordination :** Livia Bizikova (Institut international du développement durable, Canada), Michael Brody (Université américaine, États-Unis).

**Auteurs collaborateurs :** Peter H. Denton (Collège militaire royal du Canada, Canada), Marc Sydnor (Université de Denver; expert indépendant, États-Unis), Marc A. Levy (CIESIN, Earth Institute, Université Columbia, États-Unis), Catherine P. McMullen (experte indépendante, Canada), (Université Western Ontario, Canada); Darren Swanson (Novel Futures, Canada), Robert W. Corell (Global Environment and Technology Foundation; Center for Energy and Climate Solutions, États-Unis), (Université de la Caroline du Nord, Chapel Hill; Institut Kenan de l'entreprise privée, États-Unis), Kerry Bowman (Université de Toronto, Canada), Robert Olson (Institute of Alternative Futures, États-Unis), Bronwyn E. Keatley (Pêches et Océans Canada, Canada), Erica B. Gaddis (Department of Environmental Quality de l'Utah, États-Unis)

### Soutien aux graphiques et à l'analytique des données :

Alyssa Fico, Paola Kim-Blanco, Valetina Mara, Lori Charkey, Tricia Chai-Onn, Michelle Ho

### Coordination du PNUE

Jason Jabbour, Patricia J. Beneke

## Équipe de soutien du PNUE

Clayton Adams, Johannes Akiwumi, Joana Akrofi, Pierre Boileau, Elisabetta Bonotto, Lucia Way-Bricault, Jillian Campbell, Ludgrade Coppens, Gerard Cunningham, Harsha Dave, Volodymyr Demkine, Priyanka DeSouza, Sami Dimassi, Angeline Djampou, Claire Doualla, Philip Drost, Ngina Fernandez, Valentin Foltescu, Sandor Frigyik, Betty Gachao, Winnie Gaitho, Dany Ghafari, Loise Gichimu, Virginia Gitari, Tessa Goverse, Caroline Kaimuru, Esther Katu, Anna Kontorov, Fredrick Lerionka, Erick Litswa, Monika Macdevette, Esther Marsha, Elizabeth Masibo, Jacqueline McGlade, Patrick M'Mayi, Ahdi Zuber Mohammed, Pascil Muchesia, Pauline Mugo, Ruth Mukundi, Josephine Mule, Caroline Mureithi, Jane Muriithi, Onesmus Mutava, Nyokabi Mwangi, Monica Mwove, Fatou Ndoye, Joyce Ngugi, Trang Nguyen, Victor Nthusi, Franklin Odhiambo, Hanul OH, Brigitte Ohanga, Thierry Oliveira, Evelyn Ongige, Samuel Opiyo, Neeyati Patel, Christina Power, Jill Raval, Audrey Ringler, Pinya Sarassas, Gemma Shepherd, Asha Sitati, Simone Targetti Ferri, Mwangi Theuri, Kaisa Uusimaa, Peninah Wairimu-Kihuha, Josephine Wambua, Jochem Zoetelief, Zinta Zommers

## Équipe de rédaction :

Bart Ullst



Job No: DEW/1967/NA  
ISBN: 978-92-807-3547-5