

MANUEL-CADRE SUR
**LA CHIMIE
VERTE ET
DURABLE**

Résumé Analytique



Reproduction

La présente publication peut être reproduite en tout ou partie, et sous quelque forme que ce soit, à des fins éducatives et non lucratives sans autorisation spéciale du détenteur des droits d'auteur, à condition de la citer comme source. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement apprécierait de recevoir une copie de toute publication utilisant le présent manuel comme source.

Aucune utilisation de la présente publication à des fins de revente ou à toute autre fin commerciale, ne peut être faite sans l'accord préalable par écrit du Programme des Nations Unies pour l'environnement.

Avertissement

Les appellations retenues dans la présente publication et la présentation des éléments qui y figurent n'impliquent de la part du Programme des Nations Unies pour l'environnement aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones mentionnés ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Par ailleurs, les opinions exprimées ne reflètent pas nécessairement les décisions ou les politiques du Programme des Nations Unies pour l'environnement, de même que la mention de marques ou procédés commerciaux n'implique aucune approbation de fait.

Remerciements

Le Programme des Nations Unies pour l'environnement tient à remercier toutes les personnes et les organisations ayant apporté leur généreuse contribution par leur expertise, leur temps et leur énergie.

Le manuel-cadre a été élaboré par le Service Substances chimiques et santé, qui relève de la Division de l'économie du Programme des Nations Unies pour l'environnement, avec l'appui des personnes suivantes :

Le rapport a pu être établi grâce au soutien financier du gouvernement allemand et le gouvernement suédois.

Droits d'auteur © Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2020.

ISBN n° : 978-92-807-3839-1

Numéro de série : DTI/2337/GE

Mise en page et conception graphique : Lowil Espada.

Retour d'informations et contact : Le Programme des Nations Unies pour l'environnement invite les lecteurs intéressés par le présent rapport à prendre contact et à faire part de leurs points de vue sur celui-ci.

E-mail : science.chemicals@un.org

Site Internet : <https://www.unenvironment.org/explore-topics/chemicals-waste>

Avant Propos

La résolution 4/8 sur la gestion rationnelle des produits chimiques et des déchets, adoptée par l'Assemblée pour l'environnement à sa quatrième session en 2019, s'est félicitée de l'analyse des meilleures pratiques en matière de chimie durable effectuée par le PNUE et a reconnu qu'il était utile de mieux cerner les possibilités qui s'offrent en matière de chimie durable à l'échelle mondiale. Dans cette résolution, l'Assemblée pour l'environnement a « pri[é] la Directrice exécutive, sous réserve de la disponibilité de ressources et, le cas échéant, en coopération avec les organisations membres du Programme interorganisations pour la gestion rationnelle des produits chimiques [...] de dresser une synthèse de l'analyse d'une meilleure pratique en matière de chimie durable réalisée par le Programme des Nations Unies pour l'environnement dans des manuels sur la chimie verte et la chimie durable, en consultation avec les parties prenantes concernées, avant sa cinquième session, et de poursuivre les travaux sur une approche globale de la gestion rationnelle des produits chimiques et des déchets à long terme, compte tenu à la fois de l'importance d'une gestion rationnelle des produits chimiques et des avantages possibles des produits chimiques pour le développement durable ».

Le manuel-cadre fournit une vue d'ensemble sur un certain nombre d'aspects scientifiques, techniques et politiques de la chimie verte et durable et est destiné à un large public. Il examine le sujet sous différents angles, dans le but de favoriser l'apprentissage et la réflexion de manière générale, et l'intensification de l'action, sur la base d'une compréhension commune du concept au niveau mondial. Le manuel présente également un cadre qui structure et décrit les liens de causalité entre les différents thèmes, traitant aussi bien de sujets scientifiques que d'instruments susceptibles de faciliter les progrès de la chimie verte et durable. Les 10 objectifs et principes directeurs pour la chimie verte et durable fournissent également des indications pratiques pour stimuler l'action des parties prenantes à différents niveaux et dans différents contextes. En définitive, l'objectif visé est de promouvoir des innovations qui révèlent le plein potentiel de la chimie et qui soient compatibles avec le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et en appuient la mise en œuvre.

1 Pourquoi une action systémique est-elle nécessaire pour promouvoir la chimie verte et durable ?

Si le rapport GCO-II reconnaît que de nombreux produits chimiques sont importants pour le développement durable, il présente un certain nombre de tendances qui suscitent des inquiétudes du point de vue de la santé humaine, de l'environnement et de la durabilité. Le rapport montre, preuves à l'appui, que le nombre de substances chimiques ne cesse de croître, et que des produits chimiques et d'autres polluants dangereux continuent d'être rejetés dans les environnements intérieurs et extérieurs en grandes quantités, y compris sous forme de déchets, ceci ayant des répercussions néfastes sur les personnes et les communautés dans le monde entier. Les substances chimiques de synthèse sont désormais omniprésentes dans la population humaine et dans l'environnement, et la pollution chimique est devenue l'une des causes principales de maladies et de décès prématurés chez les êtres humains. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a estimé la charge de morbidité due à certains produits chimiques à une perte de 1,6 million de vies humaines et à 44,8 millions d'années de vie corrigées du facteur incapacité (AVCI) en 2016 (OMS, 2018a), ces valeurs étant probablement sous-estimées (PNUE, 2019b).

De nombreux articles et produits présents sur le marché contiennent des centaines de substances ou produits chimiques que s'accumulent en quantités considérables dans les stocks de matériaux et les produits, ce qui crée des dangers potentiels pour l'avenir. Du fait de la complexité des chaînes d'approvisionnement d'envergure

mondiale, ainsi que du manque d'informations concernant les substances chimiques dans la production et dans les produits, il est difficile pour les fabricants de produits et les détaillants de savoir quelles substances sont rejetées dans le courant du cycle de vie des produits et en quelles quantités. De telles lacunes entravent la prise de mesures à toutes les étapes du cycle de vie d'un produit comme, par exemple, réduire l'exposition des consommateurs, ou encore réduire les émissions de produits chimiques pendant le recyclage et l'élimination finale.

Le rapport GCO-II conclut que l'objectif mondial de réduire autant que possible les effets néfastes des produits chimiques et des déchets ne sera pas atteint d'ici 2020. Il est nécessaire que toutes les parties prenantes prennent de toute urgence des mesures plus ambitieuses à l'échelle mondiale, et « le statu quo n'est pas envisageable ». Une intensification de l'action doit nécessairement inclure la prise immédiate de mesures pour réduire autant que possible les effets néfastes des produits chimiques déjà existants, par exemple en mettant en place des interdictions et des restrictions. Outre ces mesures, la véritable opportunité qui se présente au XXI^e siècle réside dans l'accélération des innovations plus vertes et plus durables dans le domaine de la chimie. Cela peut être réalisé en multipliant les programmes porteurs d'innovation et en mettant au point et en commercialisant des chaînes d'approvisionnement et de valeur plus durables pour les substances chimiques et les produits, qui couvrent la totalité du cycle du vie.

2 Comment la chimie verte et durable peut-elle contribuer au développement durable ?

La dynamique de la chimie verte et durable s'amplifie

Les concepts de chimie verte et de chimie durable suscitent une attention croissante dans le monde entier, du fait de leur potentiel pour ce qui est d'innover et de faire progresser la chimie en appui à la réalisation des objectifs mondiaux de développement durable et de leurs cibles. Si le concept de « chimie verte » a été introduit dans le cadre des 12 principes bien établis publiés en 1998 (Anastas et Warner, 1998), celui de « chimie durable » est apparu plus récemment en tant que concept étroitement apparenté, mais plus holistique (Blum et al., 2017 ; Kümmerer, 2017). On observe un mouvement croissant en faveur d'une transformation du secteur chimique adoptant pleinement ce que Zimmerman et al. (2020) appellent une « définition élargie de la performance qui inclut des considérations de durabilité ». Une telle transformation nécessitera des innovations allant au-delà des approches classiques d'innovation chimique et fera intervenir une pensée et une conception systémiques dès le niveau moléculaire, résultant en un impact positif au niveau mondial (Zimmerman et al. 2020).

Opportunités pour la chimie verte et durable

Les innovations récentes dans le domaine de la chimie et des matériaux avancés ont créé des possibilités nouvelles tout au long de la chaîne de valeur pour promouvoir la durabilité, parmi lesquelles : révolutionner le stockage de l'énergie et l'élaboration des batteries ; créer des matériaux de construction durables ; améliorer les capacités de recyclage et la biodégradabilité d'un certain nombre de produits ; transformer le dioxyde de carbone et les déchets en matières premières chimiques. Les innovations plus vertes

et plus durables se situant à l'intersection de la chimie, de la biologie et de l'informatique sont particulièrement prometteuses (PNUE, 2019b).

Ces ODD constituent un solide point de référence et ouvrent la voie à la promotion du programme de la chimie verte et durable. Un grand nombre d'ODD peuvent tirer parti des contributions directes de la chimie verte et durable, notamment l'objectif 2 (faim zéro), l'objectif 3 (santé et bien-être), l'objectif 6 (eau propre et assainissement), l'objectif 7 (énergie propre à un coût abordable), l'objectif 12 (consommation et production responsables) et l'objectif 13 (action climatique). En réduisant et/ou en éliminant les risques chimiques, les effets connexes sur l'environnement et la santé, ainsi que la pollution, la chimie verte et durable contribue également à d'autres ODD, par exemple l'objectif 8 (travail décent et croissance économique), l'objectif 9 (industrie, innovation et infrastructure), l'objectif 14 (vie aquatique) ou l'objectif 15 (vie terrestre).

Le potentiel commercial de la chimie verte et durable

Bien qu'il existe des différences dans la manière d'analyser la chimie verte et durable, les données disponibles — même si elles sont limitées — suggèrent que l'offre et la demande de produits chimiques plus verts et plus durables connaissent une croissance importante. Selon les chiffres indiqués, l'industrie mondiale de la chimie verte avait une valeur marchande de plus de 50 milliards de dollars des États-Unis en 2015 (BCC Research, 2016) et celle-ci devrait augmenter pour atteindre 167 milliards en 2027 (ReportLinker 2020). Les régions Asie-Pacifique, Europe occidentale et Amérique du Nord sont celles où la croissance du marché est la plus forte (Pike Research 2011).

Tableau 2.1: ODD et cibles pertinents pour la chimie verte et durable (d'après PNUE, 2019b, p. 644)

Sectors	SDG targets	Examples of opportunities for management and innovation
Agriculture and food	 Target 2.4: sustainable food production	Scale up Integrated Pest Management (IPM) and agroecological approaches, including development and use of non-chemical alternatives and other beneficial agricultural practices
Health	 Target 3.8: safe medicines and vaccines	Sound management of pharmaceuticals and disinfectants that contribute to antimicrobial resistance
Energy	 Target 7.a: clean energy research and technologies	Improve technologies using resource-efficient, sustainable materials when decarbonizing the energy sector
Infrastructure	 Target 9.1: sustainable infrastructures	Reduce raw material use and waste generation via advanced materials without creating future legacies
Industry	 Target 9.2: sustainable industrialization	Ensure that chemical-intensive industries rely on best available techniques and best environmental practices
Housing	 Target 11.1: safe housing	Reduce indoor air pollution through safer insulation and replace building materials of concern (e.g. asbestos)
Transport	 Target 11.2: sustainable transport systems	Advance clean mobility, for example based on sustainable chemistry solutions for batteries
Tourism	 Target 8.9: sustainable tourism	Adopt practices to reduce the chemical footprint of tourism services
Mining	 Target 12.2: sustainable use of natural resources	While foremost ensuring sound management of mine tailings, tailings are reused and returned to the economy to the greatest possible extent possible
Labour	 Target 8.8: safe working environments	Enhance risk assessment of chemicals of concern while promoting investment in green and sustainable chemistry to reduce hazardous occupational exposures
Education	 Target 4.7: education for sustainable development	Mainstream green and sustainable chemistry into relevant curricula
Finance	 Target 17.3: financial resources from multiple sources	Enhance use of green and sustainable chemistry metrics as criteria in investment

3 Quels sont les résultats attendus de l'action en faveur d'une chimie verte et durable ? Principes directeurs

Vision d'une chimie verte et durable

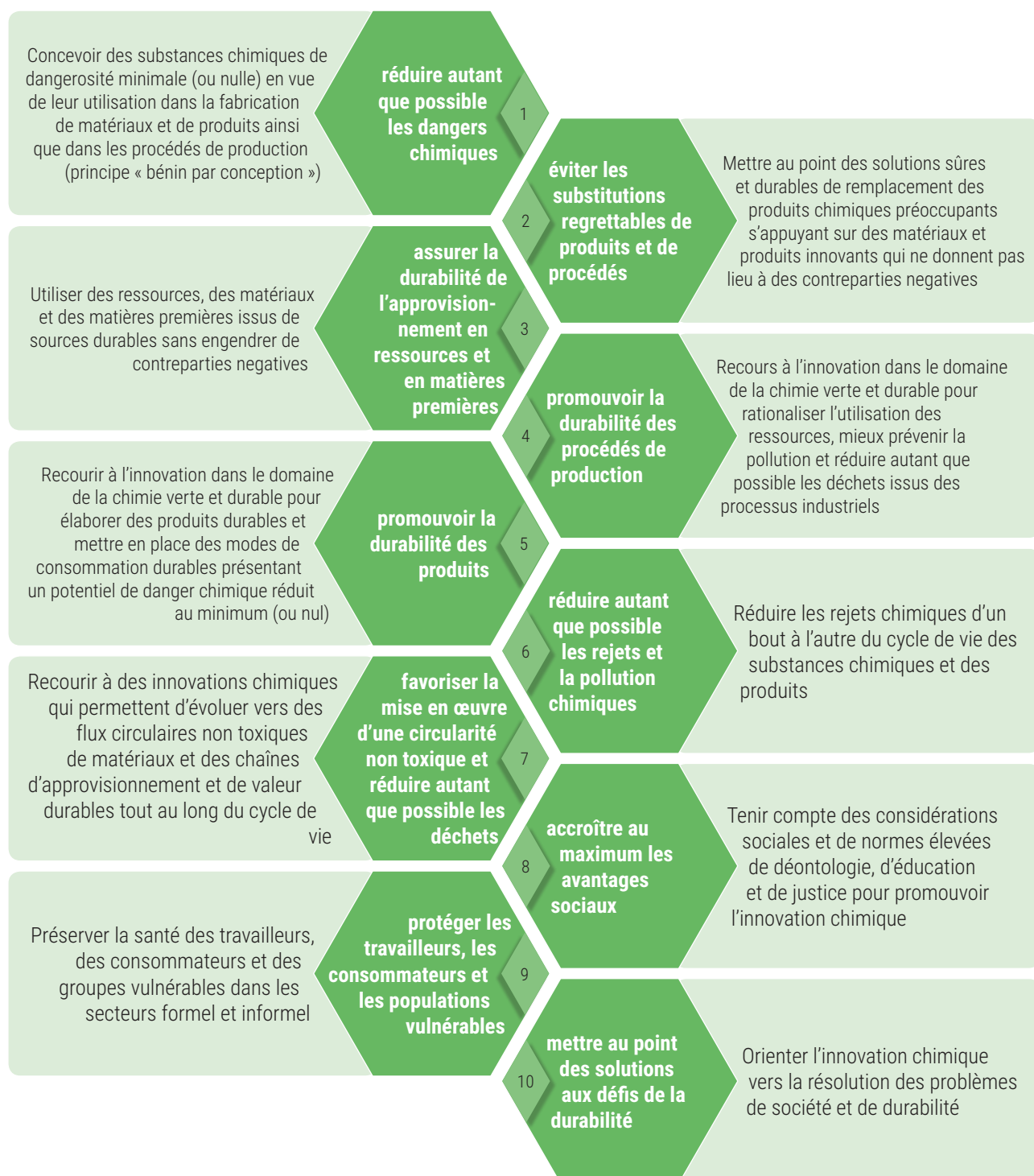
La vision d'une chimie verte et durable met en avant le fait que la chimie peut devenir pleinement compatible avec le Programme de développement durable à l'horizon 2030. Cela suppose non seulement d'innover en vue d'une chimie plus verte et plus durable, mais aussi de résoudre les problèmes de toxicité et de persistance hérités des produits chimiques du passé. La vision d'une chimie verte et durable peut être atteinte en introduisant de nouvelles conceptions et des innovations chimiques pour faire en sorte que les substances chimiques, les matériaux, les produits et les procédés de production assurent les fonctions et services souhaités sans nuire à la santé humaine et à l'environnement, tout en atteignant des objectifs plus larges de développement

En dehors des 12 principes de la chimie verte et des 12 principes de l'ingénierie verte, il n'existe pas de cadre de référence permettant de mieux comprendre ce que recouvre la « chimie verte et durable ». Par ailleurs, il n'existe aucun ensemble de critères convenus pour déterminer dans quelle mesure un produit chimique ou un procédé industriel est « vert » ou « durable » (PNUE, 2019b).

Objectifs et principes directeurs

This Framework Manual presents 10 objectives and guiding considerations for what green and sustainable chemistry seeks to achieve. They range from molecular design based on green chemistry principles, to ensuring that chemistry innovations address societal needs. Recognizing that implementation of the 10 objectives and guiding considerations requires fundamental shifts in raising awareness, creating new knowledge, and innovation practices, the objectives encourage and seek to inspire actors to shift their chemistry innovations activities towards green and sustainable innovation.

Le présent manuel-cadre présente 10 objectifs et principes directeurs sur ce que la chimie verte et durable cherche à réaliser. Ils vont de la modélisation moléculaire basée sur les principes de la chimie verte, aux mesures à adopter pour garantir que les innovations chimiques répondent aux besoins sociétaux. Reconnaisant que La mise en œuvre des 10 objectifs et principes directeurs qui sous-tendent la chimie verte et durable passe par des changements radicaux en matière de sensibilisation, de connaissances et de pratiques d'innovation, les 10 objectifs et principes directeurs de la chimie verte et durable destinés à encourager et inciter les acteurs à imprimer une orientation verte et durable à leurs activités d'innovation chimique

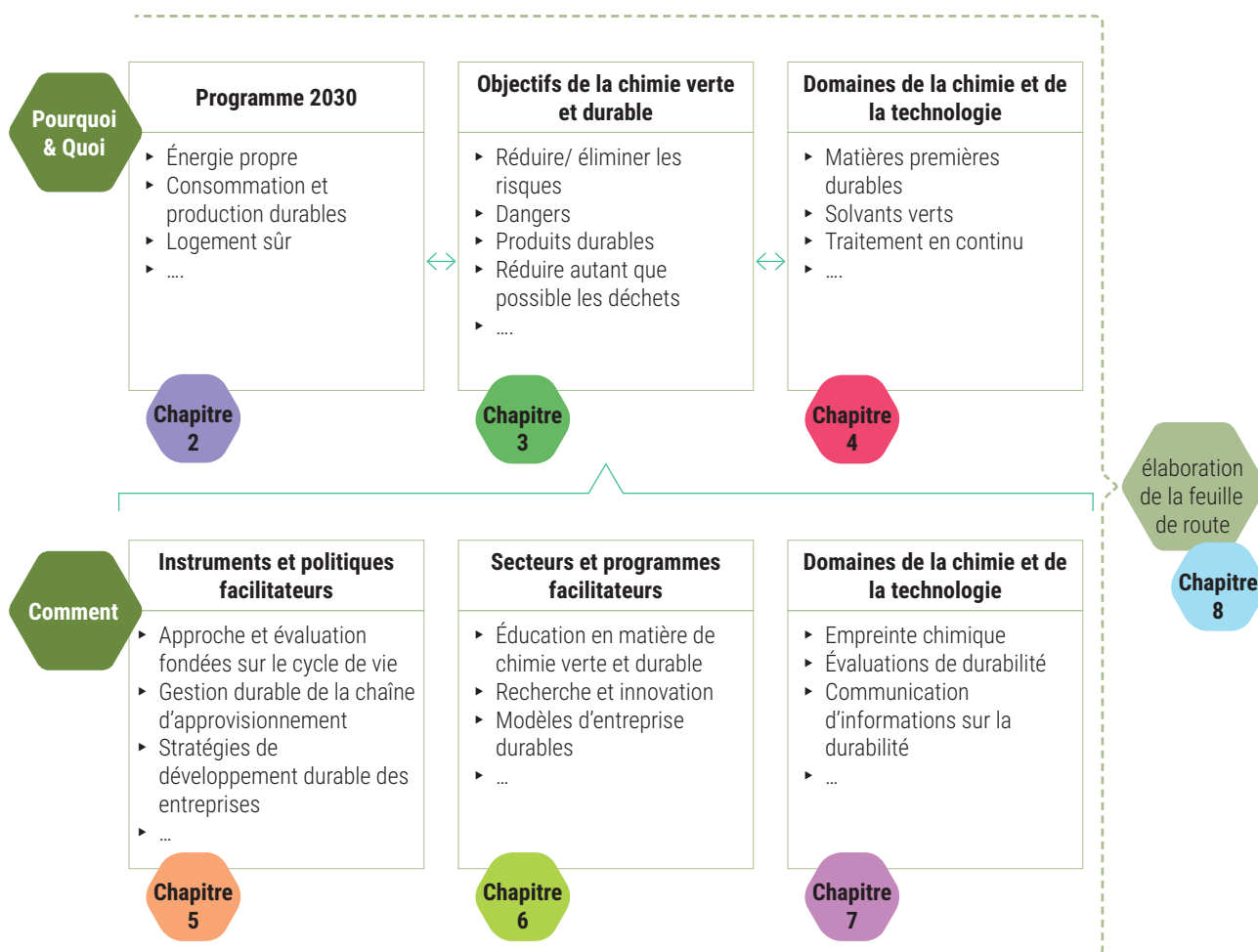


4 Comment le manuel-cadre encourage-t-il l'action en faveur de la chimie verte et durable ?

La structure du manuel suit celle des éléments du cadre conceptuel « Promouvoir la durabilité au moyen de la chimie verte et durable », qui a été élaboré dans le cadre d'un processus consultatif et est présenté ci-dessous. Les chapitres 2, 3 et 4 traitent des questions du « pourquoi » et du « quoi » de la chimie verte et durable, à savoir pourquoi elle est indispensable et qu'est-ce qu'elle vise à réaliser dans quels domaines spécifiques d'innovation. Les chapitres 5, 6 et 7 portent sur le « comment », à savoir les mesures susceptibles

de faire progresser les innovations en matière de chimie verte et durable. Ces éléments, voués à faciliter l'action, vont de la promotion d'approches tenant compte du cycle de vie au renforcement des politiques et programmes de recherche et d'innovation. Un thème important, qui permet une telle facilitation et touche tous les secteurs, est la sensibilisation et l'éducation à tous les niveaux, qui permettent d'amener jusqu'aux acteurs potentiels le programme de la chimie verte et durable et les

Figure 4.1: Promouvoir la durabilité au moyen de la chimie verte et durable



connaissances dans ce domaine, par le biais de l'éducation scolaire et parallèle.

Qui sont les parties prenantes incitées à utiliser le présent manuel ?

Le présent manuel-cadre s'adresse à différents publics et parties prenantes s'intéressant à la gestion rationnelle des produits chimiques et des déchets, ainsi qu'aux innovations en faveur de la chimie verte et durable et du développement de produits durables. Parmi les décideurs et les gestionnaires concernés, on peut citer :

- **Les pouvoirs publics** chargés de réglementer les substances chimiques préoccupantes et de promouvoir l'innovation pour une chimie plus sûre et la durabilité des produits ;
- **Les établissements d'enseignement primaires, secondaires et tertiaires** engagés dans la formation de la prochaine génération de scientifiques du XIXe siècle ;
- **Les institutions universitaires et de recherche** menant des recherches (recherche fondamentale et appliquée) dans des domaines tels que la chimie, l'ingénierie des procédés et la conception de produits ;
- **Les organismes du secteur privé** impliqués à toutes les étapes de la chaîne de valeur, depuis l'approvisionnement en matières premières jusqu'à la conception, la production, le recyclage et l'élimination des produits ;
- **Les consommateurs** qui ont le pouvoir de faire évoluer la demande du marché en faveur de produits plus sûrs et plus durables selon les choix qu'ils opèrent ;
- **Les organisations de la société civile** engagées dans la promotion d'une gestion rationnelle des produits chimiques et des déchets par les acteurs des secteurs public et privé et par les consommateurs ;
- **Les organisations syndicales** cherchant à protéger les travailleurs contre les substances chimiques dangereuses ;

- **Les citoyens et le grand public** aspirant à des modes de vie et des sociétés plus durables.

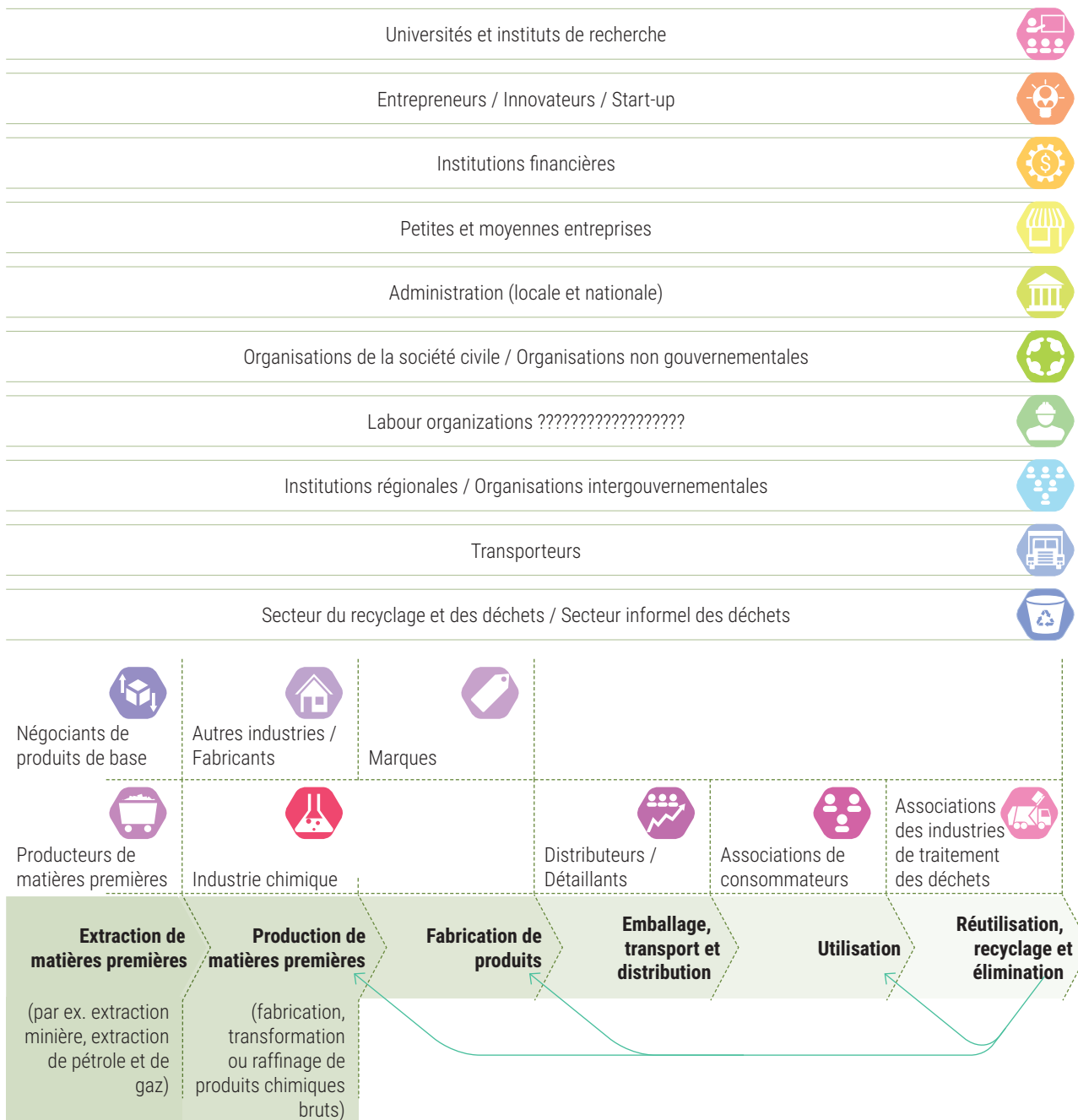
La Figure 4.2 présente les parties prenantes de la chaîne de valeur de la chimie verte et durable ainsi que les publics cibles, en s'appuyant sur une cartographie similaire de la chaîne de valeur des plastiques tirée de Ryberg, Laurent et Hauschild (2018).

Élaboration par les parties prenantes de feuilles de route pour la chimie verte et durable

L'approche de la feuille de route à l'appui de la planification stratégique et de la prise de décisions est un instrument efficace de stimulation de l'innovation. L'approche est utilisée par un certain nombre d'acteurs du secteur chimique pour promouvoir les mesures visant à assurer une gestion rationnelle des produits chimiques et des déchets. Sous les auspices du Conseil mondial des entreprises pour le développement durable, par exemple, les entreprises et les associations industrielles du secteur chimique ont élaboré une feuille de route s'intéressant à la manière dont ce secteur peut contribuer à la réalisation de plusieurs ODD et de leurs cibles (WBCSD, 2018). La feuille de route de l'OMS pour les produits chimiques, adoptée en mai 2017 par l'Assemblée mondiale de la Santé, recense les actions dans lesquelles le secteur de la santé a un rôle de chef de file ou de soutien important à jouer pour faire progresser la gestion rationnelle des produits chimiques et des déchets.

Dans la droite ligne de la recommandation de GCO-II, les différents groupes de parties prenantes pourraient élaborer des feuilles de route pour la chimie verte et durable, à titre de volets essentiels d'une action concertée, nationale et mondiale, axée sur les résultats, visant à assurer une gestion rationnelle des produits chimiques et des déchets. Ces feuilles de route pourraient être élaborées à plusieurs niveaux et en consultation avec les diverses parties prenantes, y compris les différentes administrations publiques (nationales, infranationales ou locales) ; les entreprises du secteur chimique et des secteurs en aval ; les universités et les instituts de recherche ; et les

Figure 4.2: **Parties prenantes de la chaîne de valeur de la chimie verte et durable et publics cibles**
 (d'après Ryberg, Laurent et Hauschild, 2018, p. 10)



autres acteurs concernés. Ils peuvent également être élaborés autour d'une question particulière, comme c'est le cas des plans de gestion des solvants (SMP) formulés dans la région de la CEE-ONU. Il est pour cela indispensable d'insuffler un esprit d'initiative au sein des organisations concernées. L'impulsion peut venir du sommet par l'entremise de la haute direction, ou de la base grâce à des actions individuelles menées par des personnes intéressées et engagées.

Le moment est venu de lancer une action stratégique de promotion de la chimie verte et durable

Les tendances et les perspectives décrites dans le présent manuel-cadre pointent toutes dans la même direction, à savoir : la promotion de la chimie verte et durable offre de nombreux avantages sur les plans environnemental, social et économique. L'impulsion donnée à tous les niveaux reste toutefois insuffisante pour permettre d'exploiter pleinement le potentiel de la chimie

verte et durable. Tous les acteurs et décideurs, des fonctionnaires aux présidents-directeurs généraux d'entreprise en passant par les directeurs de laboratoires de chimie, sont invités à se pencher sur l'analyse et les orientations exposées dans le présent manuel-cadre et à étudier la possibilité de lancer une « feuille de route pour la chimie verte et durable » au sein de leurs organisations. Le PNUE réfléchira plus avant à la manière concrète de faciliter le partage des connaissances entre les pays et les parties prenantes et d'appuyer le renforcement du développement des capacités. Par ailleurs, aux niveaux international et national/régional, les principales parties prenantes, à l'exemple des gouvernements et des autorités régionales/locales, sont encouragées à coordonner leur action et à échauffer, avec les acteurs concernés, un plan d'action (ou feuille de route) cohérent. Globalement, ces efforts pourraient permettre de renforcer et d'intensifier l'action concertée menée à l'échelle mondiale pour promouvoir la chimie verte et durable, y compris dans les pays en développement et les pays à économie en transition

**Ensemble, nous allons
faire de la chimie verte et
durable une réalité !**

References

- Anastas, P.T. and Warner, J.C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/green-chemistry-theory-and-practice-9780198506980?cc=ch&lang=en&>.
- BCC Research (2016). Global concerns promoting growth of 'green' chemistry markets, reports BCC Research, 4 April. *Markertwired*. <https://www.bccresearch.com/pressroom/env/global-concerns-promoting-growth-of-green-chemistry-markets>. Accessed 24 June 2020.
- Kümmerer, K. (2017). Sustainable chemistry: a future guiding principle. *Angewandte Chemie International Edition* 56(52), 16420-16421. <https://doi.org/10.1002/anie.201709949>.
- Pike Research (2011). Green chemistry: biobased chemicals, renewable feedstocks, green polymers, less-toxic alternative chemical formulations, and the foundations of a sustainable chemical industry. *Industrial Biotechnology* 7(6), 431-433. <https://doi.org/10.1089/ind.2011.1003>.
- ReportLinker (2020). Global green chemicals industry, 7 July. *GlobeNewswire*. <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/07/07/2058992/0/en/Global-Green-Chemicals-Industry.html>. Accessed 25 January 2021.
- Ryberg, M.W.R., Laurent, A. and Hauschild, M. (2018). *Mapping of Global Plastics Value Chain and Plastics Losses to the Environment: With a Particular Focus on Marine Environment*. Nairobi: United Nations Environment Programme. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/26745>.
- United Nations Environment Programme (2019b). *Global Chemicals Outlook II: From Legacies to Innovative Solutions - Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28113/GCOII.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- World Business Council for Sustainable Development (2018). *Chemical Sector SDG Roadmap*. <https://www.wbcsd.org/Programs/People/Sustainable-Development-Goals/Resources/Chemical-Sector-SDG-Roadmap>.
- World Health Organization (2018a). The Public Health Impact of Chemicals: *Knowns and Unknowns - Data Addendum for 2016*. <http://www.who.int/ipcs/publications/chemicals-public-health-impact/en/>.
- Zimmermann, L., Dombrowski, A., Völker, C. and Wagner, M. (2020). Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? in vitro toxicity and chemical composition. *Environmental International* 145, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106066>.



UN 
**environment
programme**

science.chemicals@un.org
www.unep.org

International Environment House I
Chemin des Anémones 15
1219 Châtelaine-Geneva

