

## La Commission Lancet sur la pollution et la santé



Philip J Landrigan, Richard Fuller, Nereus J R Acosta, Olusoji Adeyi, Robert Arnold, Niladri (Nil) Basu, Abdoulaye Bibi Baldé, Roberto Bertollini, Stephan Bose-O'Reilly, Jo Ivey Boufford, Patrick N Breyse, Thomas Chiles, Chulabhorn Mahidol, Awa M Coll-Seck, Maureen L Cropper, Julius Fobil, Valentin Fuster, Michael Greenstone, Andy Haines, David Hanrahan, David Hunter, Mukesh Khare, Alan Krupnick, Bruce Lanphear, Bindu Lohani, Keith Martin, Karen V Mathiasen, Maureen A McTeer, Christopher J L Murray, Johanita D Ndahimananjara, Frederica Perera, Janez Potočnik, Alexander S Preker, Jairam Ramesh, Johan Rockström, Carlos Salinas, Leona D Samson, Karti Sandilya, Peter D Sly, Kirk R Smith, Achim Steiner, Richard B Stewart, William A Suk, Onno C P van Schayck, Gautam N Yadama, Kandeh Yumkella, Ma Zhong

### Résumé

La pollution constitue actuellement la plus grande menace environnementale pour ce qui est des maladies et des décès prématurés dans le monde. En 2015, les maladies causées par la pollution ont entraîné quelque neuf millions de décès prématurés, soit 16 % de tous les décès dans le monde, trois fois plus que les décès causés par le sida, la tuberculose et le paludisme combinés et 15 fois plus que toutes les guerres et autres formes de violence. Dans les pays les plus gravement touchés, les maladies liées à la pollution causent plus d'un décès sur quatre.

La pollution tue, dans un nombre disproportionné, les pauvres et les groupes vulnérables. Près de 92 % des décès liés à la pollution surviennent dans les pays à revenu faible et intermédiaire et dans les pays où tous les niveaux de revenu coexistent, les maladies causées par la pollution s'observent surtout parmi les minorités et chez les personnes marginalisées. Les enfants courent un risque élevé de souffrir de maladies liées à la pollution et les expositions à des doses même extrêmement faibles de polluants pendant les périodes de vulnérabilité – dans l'utérus de la mère et pendant la petite enfance – peuvent les rendre malades, handicapés, voire entraîner leur mort pendant l'enfance et le reste de leur existence.

Malgré ses répercussions considérables sur la santé humaine, l'économie et l'environnement, la pollution est un problème auquel on s'est peu attardé, en particulier dans les pays à revenu faible et intermédiaire, et ses effets sur la santé sont sous-estimés dans les calculs de la charge mondiale de morbidité. Dans ces pays, la pollution causée par les émissions industrielles, les gaz d'échappement des véhicules et les produits chimiques toxiques n'a pas été prise en compte, en particulier dans les programmes de développement international et de santé mondiale. Même si plus de 70 % des maladies causées par la pollution sont non transmissibles, les interventions de lutte antipollution sont à peine évoquées dans le Plan d'action mondial pour la lutte contre les maladies non transmissibles.

La pollution coûte cher. Les maladies liées à la pollution entraînent des pertes de productivité qui réduisent le produit intérieur brut (PIB) d'un pays à revenu faible ou intermédiaire d'un pourcentage qui peut atteindre 2 % annuellement. Ces maladies engendrent également des coûts en santé qui représentent 1,7 % des dépenses annuelles en santé dans

les pays à revenu élevé et jusqu'à 7 % des dépenses en santé dans les pays à revenu intermédiaire lourdement pollués et en rapide expansion. Les pertes de bien-être attribuables à la pollution sont évaluées à 4 600 milliards de dollars par année, soit 6,2 % de la production économique mondiale. Les coûts attribués aux maladies liées à la pollution augmenteront vraisemblablement à mesure que de nouveaux liens seront établis entre la pollution et les maladies.

La pollution met en danger la santé de la planète ; elle détruit les écosystèmes et elle est étroitement liée aux changements climatiques mondiaux. La combustion de combustibles – celle des combustibles fossiles dans les pays à revenu élevé et intermédiaire et le brûlage de la biomasse dans les pays à revenu faible – représente 85 % de la pollution sous forme de poussière en suspension dans l'air et presque toute la pollution causée par les oxydes de soufre et d'azote. Il s'agit également d'une source importante de gaz à effet de serre et de polluants climatiques de courte durée de vie qui provoquent les changements climatiques. Les principaux émetteurs de dioxyde de carbone – les centrales électriques, les usines de fabrication de produits chimiques, les exploitations minières, la déforestation et les véhicules à essence – sont également d'importantes sources de pollution. Le charbon est le combustible fossile le plus sale du monde et sa combustion est une cause importante à la fois de pollution et de changements climatiques.

La pollution s'aggrave dans de nombreuses régions du monde. La pollution de l'air et de l'eau domestiques, les formes de pollution associées à une grande pauvreté et à des modes de vie traditionnels, diminue lentement. En revanche, la pollution de l'air ambiant, la pollution chimique et la pollution du sol, les formes de pollution produites par l'industrie, l'extraction minière, la production d'électricité, l'agriculture mécanisée et les véhicules à essence, prennent toutes de l'ampleur et les augmentations les plus marquées sont observées dans les pays à revenu faible et intermédiaire qui se développent et s'industrialisent rapidement.

La pollution chimique est un problème grave qui ne cesse de croître partout dans le monde. Ses effets sur la santé humaine sont mal définis et sa part de la charge mondiale de morbidité est quasi certainement mésestimée. Plus de 140 000 nouveaux produits chimiques et pesticides ont été synthétisés depuis 1950. De ce nombre, les 5 000 fabriqués en très grands volumes sont maintenant

Publié en ligne le 19 octobre 2017 [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0)

Arnhold Institute for Global Health (Prof. P J Landrigan, MD), Mount Sinai Heart (V Fuster, MD) et Department of Environmental Medicine and Global Health (Prof. A S Preker, Ph. D.), Icahn School of Medicine at Mount Sinai, New York, NY, É.-U. (R Fuller, D Hanrahan, M. Sc., K Sandilya, LL. B.); Office of the President, Manille, Philippines (N J R Acosta, Ph. D.); Department of Health, Nutrition, and Population Global Practice (O Adeyi DrPH) et Office of the US Executive Director (K V Mathiasen, MALD), La Banque mondiale, Washington, D. C., É.-U.; Department of Chemical and Environmental Engineering, Université d'Arizona, Tucson, AZ, É.-U. (R Arnold, Ph. D.); Faculté d'agriculture et des sciences de l'environnement, Université McGill, Montréal, Québec, Canada (Prof. N Basu, Ph. D.); Ministère de l'Environnement et du Développement durable, Dakar, Sénégal (A B Baldé, M.S.); Comité scientifique des risques sanitaires, environnementaux et émergents de la Commission européenne, Luxembourg, Luxembourg (R Bertollini, MD); Office of the Minister of Health, ministère de la Santé publique, Doha, Qatar (R Bertollini); Institute and Outpatient Clinic for Occupational, Social and Environmental Medicine, University Hospital of LMU Munich, Munich, Germany (S Bose-O'Reilly, MD); Department of Public Health, Health Services Research and Health Technology Assessment, University for Health Sciences, Medical Informatics and Technology, Hall en Tyrol, Autriche (S Bose-O'Reilly); New York Academy of Medicine, New York, NY, É.-U. (J I Boufford, MD); Department of Environmental Health and Engineering, Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health, Baltimore, MD, É.-U. (P N Breyse Ph. D.); School of Social Work (Prof. G N Yadama, Ph. D.), and Department of Biology (T Chiles, Ph. D.),

Boston College, Chestnut Hill, MA, É.-U. ; Chulabhorn Research Institute, Bangkok, Thailand (HRH Princess C Mahidol, Ph. D.) ; Ministère de la Santé et des Affaires sociales, Dakar, Sénégal (A M Coll-Seck, MD) ; Department of Economics, Université du Maryland, College Park, MD, É.-U. (Prof. M L Cropper, Ph. D.) ; Resources for the Future, Washington, DC, É.-U. (Prof. M L Cropper, A Krupnick, Ph. D.) ; Department of Biological, Environmental and Occupational Health Sciences, School of Public Health, Université du Ghana, Accra, Ghana (J Fobil, Dr. PH) ; Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares Carlos III, Madrid, Espagne (V Fuster) ; Department of Economics, Université de Chicago, Chicago, IL, É.-U. (M Greenstone, Ph. D.) ; Department of Social and Environmental Health Research and Department of Population Health, London School of Hygiene & Tropical Medicine, Londres, R.-U. (Prof. A Haines, FMedSci) ; Nuffield Department of Population Health, University d'Oxford, Oxford, R.-U. (Prof. D Hunter, MBBS) ; Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology, Delhi, Inde (Prof. M Khare, Ph. D.) ; Faculty of Health Sciences, Université Simon Fraser, Burnaby, C.-B., Canada (B Lanphear MD) ; Centennial Group, Washington, DC, É.-U. (B Lohani, Ph. D.) ; The Resources Center, Lalitpur, Népal (B Lohani) ; Consortium of Universities for Global Health, Washington, DC, É.-U. (K Martin MD) ; Faculté de droit, Section de common law, Université d'Ottawa, Ottawa, Ontario, Canada (M A McTeer, LL. M.) ; Institute for Health Metrics, Seattle, WA, É.-U. (C J L Murray, MD) ; Ministère de l'Environnement, de l'Écologie et des Forêts, Antananarivo, Madagascar (J D Ndahimananjara, MD) ; Columbia Center for Children's Environmental Health, Department of Environmental Health Sciences (F Perera, DrPH), et Department of Health Policy and Management (Prof. A S Preker), Mailman School of Public Health, Université Columbia, New York, NY, É.-U. ; Panel international des ressources des Nations Unies, Paris, France (J Potočnik, Ph. D.) ; SYSTEMIQ, Londres, R.-U. (J Potočnik) ; Health Investment & Financing Corporation, New York, NY, É.-U. (Prof. A S Preker) ; Parlement de l'Inde, New Delhi, Inde (J Ramesh, M.S.) ; Stockholm Resilience Centre, Université de Stockholm, Stockholm, Suède (J Rockström, Ph. D.) ; Mexico, Mexique (C Salinas, Ph. D.) ; Department of Biological Engineering and Department of Biology, Center for Environmental Health Sciences, Koch Institute

largement répandus dans l'environnement et les humains y ont presque été universellement exposés. Moins de la moitié de ces produits chimiques à fort volume de production ont été soumis à des essais d'innocuité ou de toxicité et ce n'est que depuis les dix dernières années – et encore dans quelques pays à revenu élevé seulement – que les nouveaux produits chimiques sont assujettis à une évaluation rigoureuse avant leur commercialisation. Pour ces raisons, des produits chimiques et des pesticides dont les impacts sur la santé humaine et l'environnement n'ont jamais été évalués ont causé à maintes reprises des épisodes de maladie, des décès et ils ont dégradé l'environnement. Le plomb, l'amiante, le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), les biphényles polychlorés (BPC) et les chlorofluorocarbones (CFC) destructeurs de l'ozone en sont des exemples du passé. Les nouveaux produits chimiques synthétiques lancés sur les marchés mondiaux au cours des deux ou trois dernières décennies et qui, comme leurs prédécesseurs, ont été peu évalués avant leur commercialisation menacent de répéter l'histoire. Ces produits prennent la forme de substances toxiques pour le développement neurologique, de perturbateurs endocriniens, d'herbicides chimiques, de nouveaux insecticides, de déchets pharmaceutiques et de nanomatériaux. Les preuves que ces nouveaux polluants chimiques peuvent nuire à la santé humaine et à l'environnement commencent à se faire jour. Ces produits suscitent beaucoup d'inquiétudes qui s'accroissent en raison du déplacement de plus en plus fréquent de la production des produits chimiques vers les pays à revenu faible et intermédiaire où les mesures de protection de la santé publique et de l'environnement sont souvent rares. La majeure partie de la croissance future de la fabrication de produits chimiques viendra de ces pays. Un autre aspect de la pollution chimique est l'archipel mondial de « points chauds » contaminés, c'est-à-dire des villes et des collectivités, des maisons et des cours d'école polluées par des produits chimiques toxiques, des radionucléides et des métaux lourds libérés dans l'air, l'eau et le sol par des usines, des fonderies, des mines actives et abandonnées, de même que des décharges de déchets dangereux.

Les villes, en particulier les villes à croissance rapide dans les pays en voie d'industrialisation, sont durement touchées par la pollution. Elles représentent 85 % de l'activité économique mondiale et 55 % de la population mondiale y vivent : elles concentrent les humains, la consommation d'énergie, la construction, l'industrie et la circulation à une échelle sans précédent d'un point de vue historique.

Il est bon de savoir, par contre, que cette pollution peut en grande partie être éliminée et que sa prévention peut être très rentable. Des pays à revenu élevé et certains pays à revenu intermédiaire ont adopté des lois et pris des règlements qui rendent la propreté de l'air et de l'eau obligatoire, ont établi des politiques en matière d'innocuité chimique et ont freiné les formes les plus flagrantes de pollution. Leur air et

leur eau sont maintenant plus propres ; les concentrations de plomb dans le sang de leurs enfants sont à la baisse de plus de 90 % ; leurs rivières ne s'enflamment plus ; les sites des déchets les plus dangereux ont été remis en état et un grand nombre de leurs villes sont moins polluées et plus vivables. La santé s'est améliorée et les gens vivent plus longtemps. Les pays à revenu élevé ont réalisé ces progrès tout en faisant croître leur produit intérieur brut (PIB) de quelque 250 %. De nos jours, le défi que doivent relever les pays à revenu élevé est de continuer à réduire la pollution, à décarboniser leurs économies et à réduire les ressources exploitées pour assurer leur prospérité. Les arguments selon lesquels la lutte antipollution entrave la croissance économique et que la phase de pollution et de maladie est un passage obligé vers la prospérité pour les pays pauvres se sont à maintes reprises révélés faux.

L'atténuation et la prévention de la pollution peuvent engendrer des gains nets considérables pour la santé humaine comme pour l'économie. Ainsi, les améliorations de la qualité de l'air dans les pays à revenu élevé ont non seulement réduit les décès dus à des maladies cardiovasculaires et respiratoires, mais elles ont également engendré des gains économiques substantiels. Aux États-Unis, on estime que l'économie bénéficie d'avantages atteignant 30 \$ US (entre 4 \$ et 88 \$) pour chaque dollar investi dans la lutte contre la pollution atmosphérique depuis 1970, soit un avantage global de 1 500 milliards de dollars pour un investissement de 65 milliards de dollars. De même, l'élimination du plomb dans l'essence a retourné dans l'économie des États-Unis quelque 200 milliards de dollars (entre 110 et 300 milliards de dollars) tous les ans depuis 1980 – un avantage global qui dépasse actuellement 6 000 milliards de dollars – parce que les générations d'enfants exposés depuis leur naissance à de faibles quantités seulement de plomb ont de meilleures fonctions cognitives et une meilleure productivité économique.

La lutte antipollution participera à l'atteinte de nombreux objectifs de développement durable (ODD), les 17 objectifs établis par les Nations Unies pour orienter le développement mondial au xx<sup>e</sup> siècle. Non seulement elle améliorera la santé dans les pays partout dans le monde (ODD 3), mais la lutte antipollution aidera également à atténuer la pauvreté (ODD 1), à améliorer l'accès à l'eau propre et l'assainissement (ODD 6), à parvenir à la justice sociale (ODD 10), à bâtir des villes et communautés durables (ODD 11), et à protéger la terre et l'eau (ODD 14 et 15). En retour, la lutte antipollution profitera des efforts faits pour ralentir le rythme des changements climatiques (ODD 13) grâce au passage à une économie circulaire durable, fondée sur l'énergie renouvelable non polluante, des procédés industriels efficaces qui produisent peu de déchets et des réseaux de transport qui restreignent l'utilisation des véhicules privés dans les villes, améliorent les transports en commun et favorisent les déplacements actifs.

Bon nombre des stratégies de lutte antipollution rentables dans les pays à revenu élevé et intermédiaire

peuvent être exportées et adaptées dans les villes et les pays de tous les niveaux de revenu. Elles sont fondées sur le droit, la politique, la réglementation et la technologie, alimentées par des faits scientifiques et axées sur la protection de la santé publique. L'application de ces stratégies stimule les économies et augmente le PIB. Des réductions ciblées des émissions de polluants, les transitions vers des sources d'énergie renouvelables et non polluantes et l'adoption de technologies non polluantes de production et de transport, tout comme la mise en place de réseaux de transport efficaces, accessibles et de prix abordable en sont des exemples. La mise en œuvre des meilleures de ces stratégies dans des campagnes soigneusement planifiées et dotées des ressources nécessaires peut permettre aux pays à revenu faible et intermédiaire d'éviter un grand nombre des conséquences nuisibles de la pollution, d'échapper au pire des catastrophes humaines et écologiques qui ont durement touché le développement industriel par le passé et d'améliorer la santé et le bien-être de leurs citoyens. La lutte antipollution offre une occasion extraordinaire d'améliorer la santé de la planète. C'est une bataille qui peut être gagnée.

La présente Commission *Lancet* sur la pollution et la santé vise à accroître la sensibilisation mondiale à la pollution, à mettre fin à l'inaction face aux maladies liées à la pollution et à mobiliser les ressources et la volonté politique nécessaires à une lutte antipollution efficace. Dans ce but, nous faisons six recommandations. D'autres recommandations sont présentées à la fin de chaque section. Les principales recommandations sont les suivantes :

(1) Faire de la prévention de la pollution une grande priorité nationale et internationale et l'intégrer dans les processus de planification des pays et des villes. On ne peut plus considérer la pollution comme un problème environnemental isolé, il faut plutôt la voir comme un problème transcendant qui touche la santé et le bien-être de sociétés entières. Les dirigeants des administrations publiques (maires, gouverneurs et chefs d'État) doivent donc faire de la lutte antipollution un aspect de haute priorité dans leurs programmes ; intégrer la lutte antipollution à la planification du développement ; participer activement à la planification de la lutte antipollution et à l'établissement des priorités la concernant ; lier la prévention de la pollution aux engagements envers la réalisation des ODD pour ralentir le rythme des changements climatiques et enrayer les maladies non transmissibles.

Des cibles et des échéanciers sont essentiels. Les administrations publiques doivent établir des cibles de lutte antipollution à court et à long terme et appuyer les organismes et la réglementation nécessaires à l'atteinte de ces objectifs. Une réglementation juridiquement contraignante est un outil essentiel et les programmes de lutte antipollution doivent intégrer tout autant le principe

du « pollueur payeur » que la fin des subventions et des allègements fiscaux pour les entreprises polluantes.

(2) Mobiliser, augmenter et orienter le financement et le soutien technique international voués à la lutte antipollution. Les sommes que les organismes internationaux, les donateurs binationaux et les fondations privées consacrent à la lutte antipollution, en particulier la pollution du secteur industriel, des transports, des produits chimiques et de l'exploitation minière dans les pays à revenu faible et intermédiaire, sont dérisoires et doivent augmenter considérablement. Les ressources consacrées à la gestion de la pollution doivent être accrues dans les villes et les pays, ainsi qu'à l'échelle internationale. L'expansion des programmes de lutte contre les changements climatiques et les maladies non transmissibles pour y inclure la lutte antipollution et la mise en place de nouveaux mécanismes de financement font partie des options à envisager pour augmenter le financement du développement international axé sur la lutte contre la pollution.

En plus de l'accroissement du financement de la lutte antipollution, il faut apporter un soutien technique international à l'établissement des priorités et à la planification des moyens mis en place pour lutter contre la pollution dans les villes et les pays qui s'industrialisent rapidement ; à l'élaboration de stratégies de réglementation et d'application de la loi ; à la mise en valeur du potentiel technique ; et aux interventions directes lorsqu'elles s'imposent pour sauver des vies ou qu'elles peuvent considérablement mobiliser l'action et les ressources locales. Il faut suivre et évaluer les programmes de financement et d'aide technique pour déterminer leurs rapports coût-efficacité et améliorer la reddition des comptes.

(3) Établir des systèmes de surveillance de la pollution et de ses effets sur la santé. Les données recueillies à l'échelle locale et nationale sont essentielles pour mesurer les niveaux de la pollution, déterminer et attribuer la responsabilité relativement à chaque source de pollution, évaluer le succès des interventions, orienter l'application de la loi, informer la société civile et le public, et évaluer les progrès réalisés vers l'atteinte des objectifs. L'introduction de nouvelles technologies telles que l'imagerie satellitaire et l'exploration des données dans la surveillance de la pollution peuvent accroître l'efficacité et la portée géographique, et diminuer les coûts. L'accès libre à ces données est indispensable ; la consultation de la société civile et du public garantira la reddition des comptes et le public sera ainsi mieux informé. Même si les programmes de surveillance sont limités et ne comportent qu'une ou quelques stations d'échantillonnage, les administrations publiques et les organisations de la société civile peuvent documenter la pollution et suivre les progrès vers l'atteinte de cibles de la lutte antipollution à court et à long terme. Il faut intégrer les paramètres de la lutte antipollution aux tableaux de bord des ODD et à d'autres plateformes de surveillance pour faire connaître les réussites et les expériences.

for Integrative Cancer Research, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, É.-U. (Prof. L D Samson, Ph. D.) ; Children's Health and Environment Program, Child Health Research Centre, Université du Queensland, Brisbane, Queensland, Australie (Prof. P D Sly, D. Sc.) ; Environmental Health Sciences Division, School of Public Health, Université de la Californie, Berkeley, CA, É.-U. (K R Smith, Ph. D.) ; Oxford Martin School, Université d'Oxford, Oxford, R.-U. (A Steiner, M.A.) ; Guarini Center on Environmental, Energy, and Land Use Law, Université de New York, New York, NY, É.-U. (Prof. R B Stewart LLB) ; Division of Extramural Research and Training, National Institute of Environmental Health Sciences, National Institutes of Health, Research Triangle Park, NC, É.-U. (W A Suk Ph. D.) ; Care and Public Health Research Institute, Université de Maastricht, Maastricht, Pays-Bas (Prof. C P van Schayck, Ph. D.) ; Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, Vienne, Autriche (K Yumkella, Ph. D.) ; et Faculté de l'Environnement et des Ressources naturelles, Université de Renmin de Chine, Beijing, Chine (Prof. M Zhong, Ph. D.)

Correspondance : Prof. Philip J Landrigan, Arnhold Institute for Global Health, Icahn School of Medicine at Mount Sinai, New York, NY 10029, USA philip.landrigan@mssm.edu

(4) Créer des partenariats multisectoriels pour la lutte antipollution. Les vastes partenariats entre plusieurs organismes gouvernementaux, de même qu'entre les administrations publiques et le secteur privé peuvent faire faire des pas de géant à la lutte antipollution et accélérer la mise en valeur de sources d'énergie propre et des technologies propres qui au bout du compte préviendront la pollution à la source. Les collaborations interministérielles dans lesquelles interviennent les ministères de la Santé et de l'Environnement, mais également les ministères des Finances, de l'Énergie, de l'Agriculture, du Développement et des Transports sont indispensables. Les collaborations entre les administrations publiques et l'industrie peuvent favoriser l'innovation, mettre en place des mesures incitatives à la création de technologies de production plus propres et à une production plus propre de l'énergie, et favoriser la transition vers une économie circulaire plus durable. Le secteur privé a une occasion unique de faire preuve de leadership dans la conception et la mise au point de technologies propres, non polluantes et durables pour lutter contre la pollution et collaborer de manière constructive avec les administrations publiques pour récompenser l'innovation et créer des mesures incitatives.

(5) Intégrer l'atténuation de la pollution aux processus de planification concernant les maladies non transmissibles. Les interventions antipollution doivent être un élément de base du Plan d'action mondial pour la lutte contre les maladies non transmissibles.

(6) Mener des recherches sur la pollution et la lutte antipollution. Il faut des recherches pour comprendre la pollution et lutter contre elle et pour appuyer les changements dans les politiques la concernant. La recherche sur la pollution doit :

- examiner les nouveaux liens de causalité entre la pollution, les maladies et les carences infracliniques, par exemple entre la pollution de l'air ambiant et le dysfonctionnement du système nerveux central chez les enfants et les personnes âgées ;
- quantifier la charge mondiale de morbidité liée aux polluants chimiques de toxicité connue tels que le plomb, le mercure, le chrome, l'arsenic, l'amiante et le benzène ;
- déterminer et caractériser les résultats nocifs pour la santé engendrés par les nouveaux polluants chimiques, par exemple les substances neurotoxiques affectant le développement, les perturbateurs endocriniens, les nouveaux insecticides, les herbicides chimiques et les déchets pharmaceutiques ;
- déterminer et cartographier les expositions à la pollution, en particulier dans les pays à revenu faible et intermédiaire ;
- améliorer les estimations des coûts économiques de la pollution et des maladies liées à la pollution ;
- quantifier les avantages pour la santé et l'économie des interventions de lutte contre la pollution, et contrebalancer ces avantages et les coûts des interventions.

Consultez l'annexe en ligne

## Introduction

La pollution est l'un des grands problèmes existentiels de l'Anthropocène. Tout comme les changements climatiques, la perte de biodiversité, l'acidification des océans, la désertification et l'épuisement des ressources d'eau douce du monde, la pollution met en péril la stabilité des systèmes de soutien de la Terre et menace la survie des sociétés humaines<sup>1</sup>. La pollution, en particulier la pollution causée par les émissions industrielles, les gaz d'échappement des véhicules et les produits chimiques toxiques, a pris beaucoup d'ampleur depuis les 500 dernières années et les augmentations les plus marquées s'observent de nos jours dans les pays à revenu faible et intermédiaire. Pourtant, malgré cette ampleur grandissante, la pollution des industries, des véhicules et des produits chimiques dans les pays en développement a, jusqu'à tout récemment, été peu considérée tant dans les programmes de développement international que dans les programmes de santé mondiale, et les programmes de lutte antipollution ont peu retenu l'attention ou peu de ressources leur ont été consacrées. La pollution est maintenant un problème d'envergure qui met en danger la santé de milliards de personnes, détruit les écosystèmes de la Terre, nuit à la sécurité économique des nations et cause une très lourde charge mondiale de morbidité, d'incapacité et de mortalité prématurée.

La pollution est étroitement liée aux changements climatiques mondiaux<sup>2,3</sup>. La combustion de combustibles – celle des combustibles fossiles dans les pays à revenu élevé et intermédiaire et le brûlage de la biomasse dans des fours inefficaces, les feux en plein air, les brûlages à des fins agricoles ou forestières<sup>4,5</sup> et les fours à brique désuets dans les pays à revenu faible – représente 85 % de la pollution sous forme de poussière en suspension dans l'air et presque toute la pollution causée par les oxydes de soufre et d'azote. La combustion de combustibles est également la principale source de gaz à effet de serre et de polluants climatiques de courte durée de vie, les principaux facteurs anthropiques des changements climatiques dans le monde (annexe, p. 1-11)<sup>6</sup>.

La pollution coûte très cher. Elle entraîne des pertes de productivité, des coûts en soins de santé et d'autres coûts par suite des dommages causés aux écosystèmes. Pourtant, malgré l'ampleur de ces coûts, ils demeurent en grande partie invisibles et souvent ne sont pas attribués à la pollution<sup>7</sup>. Les pertes de productivité en raison de maladies liées à la pollution sont enfouies dans les statistiques sur le travail. Les coûts des soins de santé en raison de la pollution sont cachés dans les budgets des hôpitaux<sup>8</sup>. Il en résulte que tous les coûts de la pollution ne sont pas bien évalués, qu'ils ne sont souvent pas comptabilisés et comme on ne les trouve pas, on ne peut pas s'en servir pour réfuter les arguments partiels fondés sur des considérations économiques et invoqués pour s'opposer à la lutte antipollution<sup>7,9</sup>.

La nature de la pollution change, et à de nombreux endroits dans le monde, elle s'aggrave. Ces changements reflètent les modifications aux sources d'énergie, le recours accru à de nouveaux matériaux et à de nouvelles technologies, l'industrialisation rapide des pays à revenu faible et intermédiaire, et le déplacement mondial des populations des régions rurales vers les villes. La pollution de l'air et de l'eau domestiques, les formes de pollution associées à une grande pauvreté et à des modes de vie traditionnels, diminuent lentement. En revanche, la pollution de l'air ambiant, la pollution chimique et la pollution du sol sont toutes à la hausse<sup>10,11</sup>. Les principaux moteurs de ces types de pollution sont les suivants : la croissance incontrôlée des villes<sup>12</sup>; les exigences sans cesse croissantes en matière d'énergie ; l'augmentation de l'exploitation minière, de l'extraction de métaux par fusion et de la déforestation ; l'épandage mondial de produits chimiques toxiques ; les applications de plus en plus lourdes d'insecticides et d'herbicides ; et l'utilisation croissante d'automobiles, de camions et d'autobus à essence ou à diesel. Les augmentations récentes de la pollution de l'air ambiant, du sol et de la pollution chimique peuvent s'expliquer directement par le paradigme économique linéaire qui prévaut actuellement de prendre-fabriquer-utiliser-éliminer que le pape François a qualifié de « culture du jetable<sup>13</sup> » – une culture dans laquelle les ressources naturelles et le capital humain sont vus comme des ressources abondantes et extensibles, sans égard ou presque aux conséquences de leur exploitation irresponsable<sup>14,15</sup>. C'est là un paradigme économique axé uniquement sur le PIB<sup>14</sup> et au bout du compte, non durable. Ce modèle omet d'établir le lien entre le développement économique des sociétés humaines et la justice sociale ou le maintien des systèmes de soutien de la Terre<sup>1,2,15</sup>.

La compréhension scientifique de la pollution et de ses effets sur la santé a beaucoup progressé<sup>16,17</sup>. Les nouvelles technologies, dont l'imagerie satellitaire<sup>18</sup>, ont amélioré la capacité de cartographier la pollution, d'en mesurer les niveaux à distance, d'identifier les sources de pollution et de suivre les tendances temporelles<sup>17</sup>. Les analyses chimiques perfectionnées ont approfondi la compréhension de la composition de la pollution et élucidé des liens entre la pollution et les maladies<sup>19</sup>. De grandes études épidémiologiques pluriannuelles prospectives, à commencer par celles de Pope et de ses collaborateurs en Utah<sup>20</sup> et l'étude de Harvard sur six villes<sup>21</sup>, ont montré que la pollution est liée à un éventail beaucoup plus vaste de maladies, surtout des maladies non transmissibles, que ce qu'on savait auparavant. On comprend maintenant que la pollution est un élément étiologique important de nombreuses maladies non transmissibles dont l'asthme, le cancer, les troubles du développement neurologique et les anomalies congénitales chez les enfants (annexe, p. 11), de même que les cardiopathies, les accidents vasculaires cérébraux (AVC), la maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) et le cancer chez les adultes<sup>22-34</sup>. En l'absence d'intervention énergétique, le nombre de décès attribuables à la pollution

de l'air ambiant est en voie d'augmenter de plus de 50 % d'ici 2050<sup>35</sup>.

Malgré ces progrès des connaissances, il manque encore beaucoup d'information sur la pollution et ses effets sur la santé. On n'a pas, par exemple dans de nombreux pays, d'information sur les niveaux de pollution et la prévalence des maladies liées à la pollution ; on sait peu de choses des effets toxiques de nombreux produits chimiques communément utilisés, en particulier les nouvelles catégories de produits chimiques<sup>36,37</sup> ; l'information est incomplète sur l'ampleur des expositions et la charge de la morbidité associée aux expositions toxiques dans les sites contaminés<sup>38</sup> ; on manque aussi d'information sur les effets peut-être retardés des expositions toxiques qui surviennent en début de vie<sup>39</sup>. On ne connaît pas non plus la forme exacte des fonctions de dose-réponse utilisées pour estimer le risque relatif de maladies liées à la pollution. Dans le cas de la pollution sous forme de poussière en suspension dans l'air, par exemple, on ne connaît pas avec précision la forme de la relation exposition-réponse à des niveaux d'exposition très faibles et très élevés, ni les hypothèses qui sous-tendent la fonction intégrée d'exposition-réponse<sup>40</sup> utilisée pour estimer les risques relatifs de l'exposition aux matières particulaires de moins de 2,5 microns (PM<sub>2,5</sub>) à la fois dans l'étude sur la charge mondiale de morbidité<sup>41,42</sup> (CMM) et les analyses de l'Organisation mondiale de la santé (OMS)<sup>23</sup>.

Par ailleurs, il est bon de savoir que malgré sa grande ampleur qui ne cesse de s'aggraver et les lacunes dans les connaissances scientifiques sur ses effets sur la santé humaine et l'environnement, il est possible de prévenir la pollution. Elle n'est pas la conséquence inévitable du développement économique. Des pays à revenu élevé et certains pays à revenu intermédiaire ont adopté des lois et pris des règlements qui reposent sur de nouvelles connaissances scientifiques sur la pollution et ses effets sur la santé. Ces lois et ces règlements sont fondés sur le principe du « pollueur payeur » ; ils rendent la propreté de l'air et de l'eau obligatoire et ils établissent des normes qui permettent de prévenir les maladies ; ils instaurent des politiques en matière de sécurité des produits chimiques ; ils interdisent certains polluants dangereux tels que le plomb, l'amiante et le DDT ; et ils ont donné lieu au nettoyage des pires décharges de déchets dangereux.

Un bon nombre des stratégies de lutte antipollution largement utilisées et rentables dans les pays à revenu élevé et intermédiaire peuvent maintenant être exportées et adaptées par les villes et les pays, quel que soit leur niveau de revenu. La mise en œuvre des meilleures de ces stratégies dans des campagnes soigneusement planifiées et dotées des ressources nécessaires peut permettre aux pays à revenu faible et intermédiaire d'éviter un grand nombre des conséquences nuisibles de la pollution, d'échapper au pire des catastrophes humaines et écologiques qui ont durement touché le développement industriel par le passé et d'améliorer la santé et le bien-être de leurs citoyens.

Contrairement à l'argument souvent évoqué selon lequel la lutte antipollution entrave la croissance économique, la prévention de la pollution a, en fait, montré à maintes reprises qu'elle pouvait être très rentable. Aux États-Unis, par exemple, les concentrations de six polluants atmosphériques courants ont diminué d'environ 70 % depuis l'adoption de la *Clean Air Act* en 1970 et pendant la même période, le PIB a augmenté de quelque 250 % (figure 1)<sup>43</sup>. Chaque dollar investi dans la lutte contre la pollution de l'air ambiant aux États-Unis non seulement améliore la santé<sup>44</sup>, mais il produit également 30 \$ en bénéfices économiques (IC à 95 %, 4 \$ – 88 \$)<sup>45</sup>.

Les conséquences du retrait du plomb dans l'essence aux États-Unis sont un autre exemple des avantages économiques de la prévention de la pollution. Cette mesure a commencé en 1975 et en une décennie, la plombémie moyenne dans la population a diminué de plus de 90 % (figure 2), l'empoisonnement au plomb chez les enfants a presque disparu et la capacité cognitive de tous les enfants

américains nés depuis 1980 a augmenté de 2 à 5 points de QI<sup>46</sup>. Ce gain en intelligence a accru la productivité économique nationale et produira un avantage économique de 200 milliards de dollars américains (entre 110 et 300 milliards de dollars) au cours de la vie de chaque cohorte annuelle d'enfants nés depuis 1980<sup>46</sup>, un avantage global à ce jour de plus de 6 000 milliards de dollars<sup>47,48</sup>.

Pourtant, malgré ses répercussions nuisibles sur la santé humaine, l'économie et l'environnement et les preuves manifestes qu'elle peut être contrôlée de manière économique (en particulier, la pollution industrielle, la pollution chimique et celle des véhicules dans les pays à revenu faible et intermédiaire), on a jusqu'à tout récemment fait peu de cas de la pollution<sup>49,50</sup>. Des mesures sont effectivement prises depuis de nombreuses années pour éviter la contamination biologique de l'eau potable<sup>51-54</sup> et éliminer la pollution de l'air domestique causée par les fours mal ventilés<sup>55-57</sup> et ces efforts, tout comme les nouveaux vaccins, les nouveaux antibiotiques et les nouveaux protocoles de traitement, ont contribué à réduire de manière prometteuse la morbidité et la mortalité associées aux formes traditionnelles de pollution<sup>58-60</sup>. Les nouveaux problèmes de pollution de l'air, de l'eau et du sol causés par l'industrie moderne, la production d'électricité, l'exploitation minière, les fonderies, les véhicules à essence et les épandages de produits chimiques et de pesticides dans les pays à revenu faible et intermédiaire n'ont toutefois, jusqu'à tout récemment, que très peu retenu l'attention ou obtenu des ressources pour les contrecarrer à l'échelle internationale<sup>49,50</sup>. Les budgets pour l'aide étrangère de la Commission européenne, de l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) et de la plupart des organismes bilatéraux de développement n'ont pas prévu de financement substantiel pour la lutte antipollution causée par l'industrie, l'exploitation minière et les transports<sup>50,61</sup>. De même, les ressources nationales et locales axées sur l'étude de la pollution causée par l'industrie, les produits chimiques et les véhicules, de la lutte contre ces formes de pollution et des maladies qu'elles engendrent dans les villes et les pays sont généralement assez rares<sup>62</sup>. Finalement, les mesures de lutte contre la pollution sont à peine mentionnées dans le Plan d'action mondial pour la lutte contre les maladies non transmissibles<sup>63</sup>, une grande occasion ratée.

Plusieurs facteurs ont contribué à la négligence de la pollution. L'idée traditionnelle erronée selon laquelle la pollution et les maladies sont des conséquences inévitables du développement économique, la soi-disant « hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets » (encadré n° 1)<sup>64,73</sup>, a constitué un obstacle tenace. La Commission conteste vigoureusement cette prétention et estime qu'il s'agit là d'une notion obsolète et erronée, formulée il y a des décennies lorsque les populations et les centres urbains étaient beaucoup plus petits qu'ils ne le sont aujourd'hui ; la nature de la pollution, ses sources et ses effets sur la santé étaient alors très différents et il n'existait pas encore

Site Web de la **Global Alliance for Clean Cookstoves**, <http://cleancookstoves.org/>

Consultez l'**Agence des États-Unis pour le développement international**, <https://explorer.usaid.gov/>

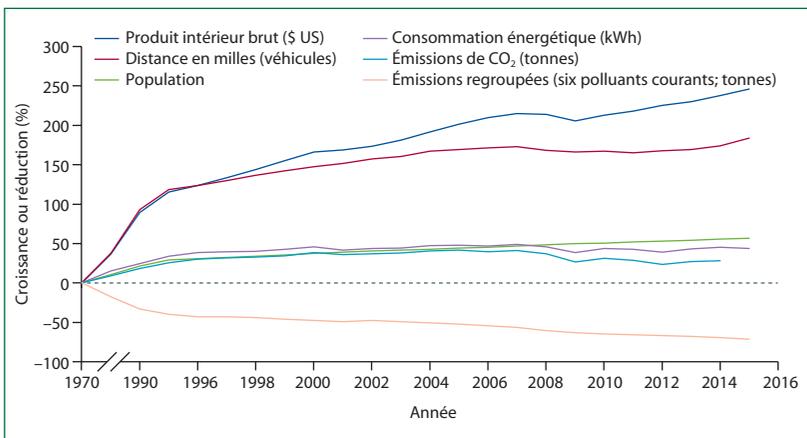


Figure 1 : Pollution, population et PIB aux États-Unis, 1970-2015  
Figure extraite du renvoi n° 43, avec l'autorisation des auteurs

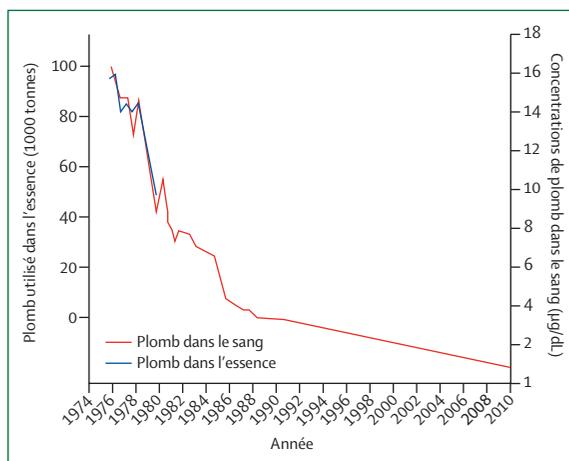


Figure 2 : Corrélation entre la plombémie moyenne dans la population et l'utilisation du plomb dans l'essence aux États-Unis, 1974-1991  
D'après les données publiques fournies par les Centers for Disease Control

de carburants propres ni de technologies modernes de production.

La fragmentation des programmes de santé de l'environnement et de lutte antipollution est un autre facteur qui a contribué à l'inaction face à la pollution. Dans de nombreux pays, la responsabilité des maladies liées à la pollution incombe à la fois aux ministères de la Santé et de l'Environnement et la plupart du temps, elle n'appartient ni à l'un ni à l'autre. La pollution de l'air, de l'eau, du sol et des produits chimiques est, dans chacun des cas, réglementée par des organismes différents et étudiée par groupes de recherche différents. Il en résulte que toute l'ampleur de la pollution et de sa contribution à la charge mondiale de morbidité n'est pas reconnue. La séparation entre la santé publique et la protection de l'environnement a également ralenti la croissance de la recherche sur les maladies liées à la pollution, mené à l'élimination virtuelle des travaux dans les programmes d'études en sciences de la santé environnementale de la plupart des facultés de médecine et de sciences infirmières et nui à l'élaboration d'une politique en matière de santé environnementale.

Le désintérêt pour les formes modernes de pollution dans le programme de développement international peut être imputé aux origines historiques des programmes d'aide étrangère au développement dont les objectifs, adoptés à la fin de la Seconde Guerre mondiale, étaient de réduire la pauvreté, d'améliorer la santé des mères et des enfants et de lutter contre les maladies infectieuses à une époque où une grande partie du monde était dévastée et où plus de la moitié des pays étaient classés comme des pays à revenu faible<sup>49,50</sup>. À l'époque, les principaux problèmes de santé du monde en développement étaient les maladies infectieuses et la mortalité des mères et des enfants et de nombreux programmes d'aide étrangère au développement ont été très fructueux et ont contribué à enrayer ces problèmes<sup>74</sup>. Ces programmes n'ont cependant jamais été conçus pour résoudre les problèmes des formes modernes de pollution.

Enfin, l'opposition de puissants intérêts particuliers est depuis toujours un obstacle à la lutte antipollution, en particulier la pollution industrielle, la pollution chimique et celle des véhicules. Ces intérêts solidement établis, qui exercent souvent une influence disproportionnée sur la politique gouvernementale, mettent en doute la science qui lie la pollution aux maladies, font douter de l'efficacité des interventions et paralysent les efforts consentis par les administrations publiques pour établir des normes, imposer des taxes à la pollution et appliquer les lois et les règlements<sup>75</sup>. Ces intérêts se manifestent tout autant à l'intérieur des pays qu'à l'échelle internationale.

La présente Commission *Lancet* sur la pollution et la santé vise à mettre fin à la l'inaction devant la pollution, en particulier les formes modernes de cette dernière dans les pays à revenu faible et intermédiaire pour attirer l'attention

#### Encadré n° 1 : La courbe environnementale de Kuznets

La courbe de Kuznets, conçue par l'économiste Simon Kuznets (1901-1985), décrit l'association entre l'inégalité économique et le revenu par habitant au fil du développement économique<sup>64</sup>. Elle illustre l'hypothèse de Kuznets selon laquelle à mesure qu'une société passe d'une économie principalement agricole à une économie urbaine et industrialisée, les forces du marché commencent par s'intensifier puis, à l'atteinte d'un certain revenu par habitant – un « moment décisif » –, elles diminuent l'ampleur générale de l'inégalité économique dans la société. Ces tendances sont représentées par une courbe en U inversée<sup>65</sup>.

L'hypothèse de Kuznets est aussi appliquée à l'économie environnementale. Dans ce contexte, il est postulé que la pollution et la dégradation de l'environnement doivent augmenter aux premiers stades du développement économique, que la pollution s'accroît jusqu'à un certain seuil de revenu par habitant et qu'elle diminuera ensuite, alors que l'économie continuera de croître. Selon ce postulat, les revenus élevés et la croissance économique entraîneront à terme des améliorations de l'environnement. Cette extension de l'hypothèse de Kuznets s'est transformée en une sagesse populaire en politique environnementale mondiale<sup>66,67</sup>.

Malgré l'aplomb avec lequel l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets est parfois défendue, la recherche empirique et théorique montre que les preuves historiques à l'appui de cette hypothèse sont inégales et que la méthodologie statistique sous-jacente est faible<sup>70-72</sup>. Cette hypothèse a également des lacunes parce qu'elle ne tient pas compte du mouvement des industries polluantes des pays à revenu élevé vers les pays à revenu faible et intermédiaire<sup>68</sup>, ni des effets sur la santé et l'environnement des catégories modernes de polluants tels que les agents cancérigènes chimiques, les agents neurotoxiques et les produits chimiques perturbateurs du système endocrinien<sup>69-73</sup>, ni des avantages possibles pour la santé humaine et l'environnement des sources d'énergie nouvelles, non polluantes.

La présente analyse porte à conclure que la pollution n'est pas une conséquence inévitable du développement économique ; qu'il est beaucoup plus important de formuler de bonnes lois, de bonnes politiques et de bons règlements pour lutter contre la pollution que d'attendre qu'une économie atteigne un moment décisif magique qui résoudra les problèmes de la dégradation de l'environnement et les maladies liées à la pollution. La Commission veut se faire le catalyseur de la formulation de ces politiques.

du monde sur la menace silencieuse des maladies liées à la pollution et mobiliser les ressources nationales et internationales, de même que l'influence politique nécessaire pour lutter avec efficacité contre la pollution.

Pour atteindre cet objectif et mobiliser les ressources nécessaires à la lutte antipollution partout dans le monde, nous avons examiné les données sur les effets sur la santé et les coûts économiques de toutes les formes de pollution : la pollution de l'air, de l'eau et du sol, la pollution professionnelle et la pollution des produits chimiques toxiques (annexe, p. 15). Nous avons aussi examiné les liens entre la pollution et la pauvreté, l'injustice et l'inégalité. Enfin, nous donnons des exemples de stratégies économiques éprouvées que les villes et les pays de tous les niveaux de revenu peuvent adapter pour lutter contre la pollution et prévenir les maladies (annexe, p. 63-107).

Les travaux de la Commission sur la pollution et la santé s'appuient sur les travaux menés au cours de la dernière décennie par des organismes internationaux et des bailleurs de fonds binationaux pour résoudre les problèmes de pollution actuels, par exemple le Programme

Site Web du Programme Eau et Assainissement de la Banque mondiale, <http://www.wsp.org/>

Site Web du Partenariat pour des carburants et des véhicules propres, voir <http://www.unep.org/transport/pcf/>

Site Web de l'Approche stratégique de la gestion internationale et des produits chimiques, <http://www.saicm.org/>

Eau et Assainissement de la Banque mondiale<sup>76-77</sup>. L'OMS a créé un Département de santé publique, déterminants sociaux et environnementaux de la santé qui est devenu un chef de file mondial dans la documentation des menaces et des effets environnementaux sur la santé des enfants<sup>83,84</sup>. Le Programme des Nations Unies pour le développement a adopté un grand nombre des volets du programme de lutte antipollution. La Banque mondiale finance plusieurs projets de lutte antipollution. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement appuie plusieurs programmes de lutte contre la pollution chimique, certains en partenariat avec l'OMS, appuie et supervise également des ententes internationales qui limitent la fabrication, la libération dans l'environnement et le transport mondial de polluants persistants<sup>80</sup>, de pesticides, de matières dangereuses et de mercure. L'Approche stratégique de la gestion internationale et des produits chimiques (l'Approche stratégique), sous l'égide du Programme des Nations Unies pour l'environnement, assure une plateforme pour les discussions sur la lutte contre la pollution chimique et les déchets toxiques parmi un large éventail d'intervenants (annexe, p. 13-14). Ces progrès mondiaux dans la lutte contre la pollution de l'air ambiant, des produits chimiques et des véhicules sont bienvenus<sup>81</sup> et ont procuré des gains importants, par exemple l'élimination du plomb dans l'essence, approuvée par le Partenariat pour des carburants et des véhicules propres, l'intégration de la pollution atmosphérique dans les programmes de santé<sup>82</sup>, la création de programmes pour limiter le plomb dans la peinture<sup>83</sup>, et la création d'une fiducie axée sur la pollution à la Banque mondiale.

### Définition de la pollution

La Commission définit la pollution comme une substance indésirable, souvent dangereuse, introduite dans l'environnement de la Terre par suite de l'activité humaine, qui menace la santé humaine et endommage les écosystèmes ; cette définition est fondée sur une définition de la pollution de l'Union européenne<sup>84</sup>.

La Commission a élaboré le concept du pollutome (figure 3) pour encadrer la structuration des connaissances scientifiques sur la pollution et ses effets sur la santé humaine et pour faciliter l'orientation de la recherche dans ce domaine. Le pollutome se définit comme la totalité de toutes les formes de pollution qui risquent de nuire à la santé humaine. On peut le considérer comme un sous-ensemble entièrement contenu (imbriqué) de l'exposome<sup>85,86</sup>. Il comprend les expositions aux polluants vécues durant la grossesse, la petite enfance, l'enfance, l'adolescence, la vie adulte (y compris les expositions en milieu professionnel) et le vieil âge.

Étant donné que les connaissances sur les effets sur la santé de la pollution varient selon le type de pollution et qu'elles vont des connaissances bien caractérisées et quantifiées aux connaissances encore nouvelles, nous avons divisé le pollutome en 3 zones.

La zone 1 comprend les paires pollution-maladie bien établies pour lesquelles il existe des estimations solides de leur apport à la charge mondiale de morbidité. Les associations entre la pollution de l'air ambiant et des maladies non transmissibles en sont l'exemple principal<sup>23</sup>.

La zone 2 comprend les effets émergents de polluants connus pour lesquels les faits probants de causes s'accumulent, mais pour lesquels les associations entre les expositions et les maladies ne sont pas encore pleinement caractérisées et la charge de morbidité pas encore quantifiée. Les associations entre la pollution atmosphérique des PM<sub>2,5</sub> et le diabète<sup>24-26</sup>, les naissances prématurées<sup>27-29</sup> et les maladies du système nerveux central dont l'autisme chez les enfants<sup>3,30-32</sup>, ainsi que la démence chez les personnes âgées<sup>29,33</sup> en sont des exemples. La pollution du sol par les métaux lourds et les produits chimiques toxiques dans les sites industriels et miniers contaminés sont un autre exemple de sources de maladies liées à la pollution potentiellement importantes, mais qui n'ont pas encore été pleinement caractérisées ou quantifiées<sup>38,87</sup>.

La zone 3 comprend les nouveaux polluants<sup>36,37</sup> dont la plupart sont des polluants chimiques dont on commence à peine à reconnaître les effets sur la santé humaine et à quantifier. Plusieurs de ces produits chimiques ont été largement dispersés dans l'environnement et sont détectables dans l'organisme de la plupart des personnes examinées dans des enquêtes nationales, par exemple le programme national de biosurveillance des Centers for Disease Control aux États-Unis. Certains de ces polluants chimiques au moins semblent avoir le potentiel de causer des épidémies

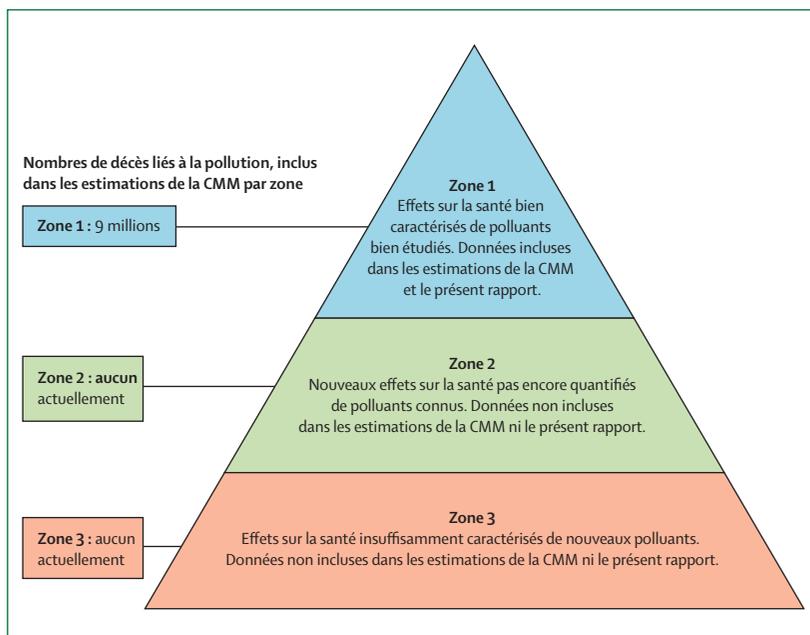


Figure 3 : Le pollutome

mondiales de maladie, d'incapacité et de décès. Cette zone comprend les substances neurotoxiques qui affectent le développement<sup>37,88</sup>; les perturbateurs endocriniens<sup>89-92</sup>; les nouvelles catégories de pesticides comme les néonicotinoïdes<sup>93</sup>; les herbicides chimiques tels que le glyphosate et les nanoparticules; et les déchets pharmaceutiques<sup>94-96</sup>. Ces nouveaux polluants chimiques sont traités en détail dans l'annexe du présent rapport (annexe, p. 2-11).

La liste des maladies attribuées à la pollution continuera probablement de s'allonger à mesure que les dispersions dans l'environnement et les effets sur la santé des nouveaux polluants chimiques seront mieux définis et que de nouvelles associations entre les expositions et les maladies seront découvertes. Les effets de la pollution sur la santé actuellement reconnus et quantifiés pourraient n'être, par conséquent, que la pointe d'un très gros iceberg<sup>88</sup>. À mesure que les recherches se multiplieront, certaines paires pollution-maladie actuellement classées dans les zones 2 et 3 du pollutome pourraient passer à la zone 1 et faire partie des estimations futures de la charge mondiale de morbidité. Le nombre de décès attribuables aux formes de pollution inscrites dans les zones 2 et 3 n'est pas connu.

La Commission s'est appuyée dans ses travaux sur ceux de commissions et de séries *Lancet* précédentes, en particulier la Commission sur l'investissement en santé<sup>72</sup>, la Commission sur les origines politiques de l'inégalité en santé<sup>73</sup>, la Commission sur la santé et le changement climatique<sup>97</sup>, et la série sur les avantages des politiques d'atténuation des changements climatiques pour la santé publique<sup>98</sup>. Les délibérations de la Commission ont été guidées en particulier par les résultats de la Commission de la Fondation Rockefeller-*Lancet* sur la santé planétaire<sup>15</sup> dont le rapport en 2015 a décrit comment l'activité humaine change l'environnement mondial, accroît le risque de maladies et menace les conditions qui, au bout du compte, assurent la pérennité de toute vie sur Terre.

Les travaux de la Commission ont en outre été guidés par des rapports influents d'organismes internationaux, entre autres le rapport publié par l'OMS en 2016, *Preventing Disease through Health Environments*<sup>99</sup>, le rapport *Shock Waves*<sup>100</sup> de la Banque mondiale sur les changements climatiques et la pauvreté mondiale et le rapport<sup>77</sup> de la Banque mondiale intitulé *Clean Air and Healthy Lungs*, de même que le rapport du Programme des Nations Unies pour l'environnement<sup>101</sup> intitulé *Costs of Inaction on the Sound Management of Chemicals*.

Le présent rapport de la Commission est subdivisé en cinq sections. La section 1 présente une synthèse de l'information sur la charge de morbidité attribuable à la pollution, à l'aide des données de l'Étude de 2015<sup>41,42</sup> sur la CMM coordonnée par l'Institute for Health Metrics and Evaluation, complétée par des données de l'OMS<sup>99, 102</sup> et Pure Earth<sup>38</sup>. La section 2 examine les données sur les coûts économiques de la pollution et présente une analyse détaillée des pertes économiques entraînées par les maladies liées à la pollution. La section 3, quant à

elle, porte sur les liens entre la pollution, les maladies et la pauvreté et documente les inégalités marquées qui caractérisent la répartition mondiale de la pollution et des maladies liées à la pollution. Elle documente les répercussions disproportionnées de la pollution sur les enfants, les personnes pauvres et d'autres populations vulnérables. La section 4 présente des voies et des priorités, des études de cas et des interventions qui ont fait leurs preuves et qui peuvent être adoptées et déployées pour lutter contre la pollution, prévenir les maladies et réaliser d'importants gains économiques et développementaux. La section 5 décrit les plans de la Commission visant des initiatives futures.

La lutte durable et à long terme contre la pollution exigera que les sociétés, quel que soit leur niveau de revenu, abandonnent le paradigme économique linéaire qui prévaut actuellement, à forte intensité de ressources et source intrinsèque de gaspillage pour un nouveau paradigme enraciné dans le concept de l'économie circulaire (encadré n° 2)<sup>15,103,104</sup>. Dans une telle économie, la pollution est réduite par la création de produits durables, la réduction du gaspillage par le recyclage, la réutilisation et la réparation à grande échelle, l'élimination de subventions trompeuses, la substitution des substances dangereuses par des solutions de rechange plus sûres et l'imposition et l'application strictes de taxes à

Site Web du programme national de biosurveillance des Centers for Disease Control and Prevention aux États-Unis, <https://www.cdc.gov/biomonitoring/>

### Encadré n° 2 : Économie circulaire

Une économie circulaire est un modèle économique qui dissocie le développement de la consommation de ressources non renouvelables et réduit au minimum la production de pollution et d'autres formes de gaspillage par le recyclage et la réutilisation<sup>104</sup>. Dans une économie pleinement circulaire, les seuls nouveaux intrants sont les matières renouvelables et toutes les matières non renouvelables sont recyclées. Elle a en filigrane l'hypothèse que le gaspillage est une inefficacité intrinsèque, une perte de matière dans le système, par conséquent un coût<sup>104</sup>. La transition vers une économie circulaire réduira les maladies liées à la pollution et améliorera la santé.

Les trois principes de base de l'économie circulaire sont la préservation du capital naturel par la réduction de l'utilisation de ressources non renouvelables et la gestion des écosystèmes; l'optimisation des rendements des ressources par la circulation des produits et des matières pour qu'ils soient partagés et leurs cycles de vie prolongés; et la promotion de l'efficacité des systèmes par l'élimination de la pollution, les émissions de gaz à effet de serre et les substances toxiques, nocives pour la santé.

Entre autres étapes nécessaires de la transition vers une économie circulaire, citons la transition à grande échelle vers des sources d'énergie non polluantes (le vent, le soleil, les marées), la fabrication de produits durables qui exigent moins de matières et moins d'énergie que les produits actuellement fabriqués; les incitatifs au recyclage, à la réutilisation et à la réparation; de même que le remplacement des substances dangereuses par des solutions de rechange plus sûres<sup>15</sup>.

la pollution<sup>105</sup>. Une économie circulaire conserve et accroît les ressources au lieu de les prendre et de les épuiser. Cette transition sociale est essentielle à la promotion d'une croissance intelligente, durable et inclusive qui réduit la pollution, favorise la santé et prévient la maladie<sup>104</sup>.

### Limites de la Commission

L'analyse économique de la Commission ne comporte pas d'information sur les coûts des dommages causés à l'environnement par la pollution. La Commission reconnaît que les dommages écologiques de la pollution sont considérables, mais elle a jugé que les analyses des coûts de ces dommages n'entrent pas dans le cadre de ses travaux.

Les niveaux de pollution changent et la pollution causée par les émissions industrielles et chimiques et celles des véhicules augmentent dans de nombreux pays en voie rapide de développement, mais l'analyse de la Commission est fondée sur des données de l'Étude sur la charge mondiale de morbidité de 2015, des données qui datent déjà de deux ans.

## Section 1 : La charge de morbidité attribuable à la pollution

Dans la présente section, nous examinons les données sur la charge mondiale de morbidité et de mortalité attribuable à la pollution<sup>23,38,42,99,106</sup>.

### Méthodologie

Le présent examen de la charge de morbidité et de mortalité prématurée en raison de la pollution est fondé sur une méthode d'évaluation de la charge de morbidité mise au point par l'OMS dans les années 1980<sup>107,108</sup>. Cette méthode repose sur le concept de base de l'année de vie ajustée en fonction de l'incapacité (AVAI), un paramètre sommaire de la santé des populations qui regroupe l'information sur la mortalité et la morbidité en un seul chiffre pour représenter la santé d'une population, ce qui permet de comparer la charge de morbidité entre les pays, entre les maladies et au fil du temps. La méthode de l'AVAI est au cœur du projet de la CMM, une étude multinationale lancée par l'OMS en partenariat avec la Banque mondiale et la Harvard School of Public Health<sup>108</sup>, et qu'elle<sup>102</sup> poursuit aujourd'hui avec l'Institute for Health Metrics and Evaluation<sup>41,42</sup>.

La Commission s'est fondée principalement sur les estimations de 2015 de l'Étude sur la CMM<sup>41,42,106</sup>, coordonnée par l'Institute for Health Metrics and Evaluation, pour examiner la charge mondiale de morbidité attribuable aux facteurs de risque de la pollution. Nous avons aussi examiné les données de l'analyse<sup>99,102,109,110</sup> effectuée en 2012 par l'OMS de la charge mondiale de morbidité attribuable aux milieux de vie et de travail malsains.

La Commission a suivi la pratique prudente habituelle normalisée de l'Étude sur la CMM<sup>42,106</sup> et de l'OMS<sup>99</sup> et restreint son examen aux combinaisons des facteurs de risque et de maladies pour lesquelles il existe des preuves

convaincantes ou probables d'un lien causal. Les chiffres présentés sous-estiment donc probablement la charge entière de morbidité attribuable au pollutome (figure 3).

Pour examiner les données sur la charge de morbidité attribuable à la pollution du sol en raison de produits chimiques toxiques et de métaux lourds à des sites contaminés, la Commission s'est fondée sur l'information fournie par le programme d'identification des sites toxiques du Blacksmith Institute/Pure Earth<sup>38</sup>. Ce programme collige ses données sur la pollution causée par les produits chimiques et les métaux à des sites contaminés d'après des études sur le terrain qui utilisent un protocole adapté de l'outil d'évaluation de l'Environmental Protection Agency des États-Unis<sup>111</sup>. Les sites de recyclage des batteries usagées d'accumulateurs au plomb dans lesquelles le plomb est le principal polluant et les petits sites artisanaux d'extraction aurifère où le polluant principal est le mercure élémentaire (utilisé pour extraire l'or du minerai) sont les deux types les plus courants de sites contaminés. La Commission a utilisé la méthodologie d'Ericson et de ses collègues<sup>111</sup> pour évaluer la charge de morbidité liée aux sites de recyclage des batteries d'accumulateurs au plomb et la méthodologie et les données de Steckling et de ses collègues<sup>112,113</sup> pour évaluer la charge de morbidité liée aux sites aurifères<sup>125-127</sup>. Ces méthodologies sont décrites en détail à l'annexe (p. 16-19).

Les facteurs de risque de pollution examinés par la Commission sont : 1) la pollution atmosphérique : la pollution de l'air domestique, la pollution sous forme de poussière en suspension dans l'air ambiant (PM<sub>2,5</sub>) et la pollution de l'ozone troposphérique ; 2) la pollution de l'eau : les conditions sanitaires insatisfaisantes et les sources d'eau insalubres ; 3) la pollution du sol, des produits chimiques et des métaux lourds : le plomb (y compris les sites contaminés, pollués par le plomb du recyclage des batteries d'accumulateurs) et le mercure provenant de l'extraction aurifère ; 4) la pollution professionnelle : les agents cancérigènes en milieu professionnel et les particules, les gaz et les vapeurs émis au travail.

Pour examiner la charge de morbidité par rapport au revenu national, nous nous sommes fondés sur la classification des revenus (élevé, intermédiaire supérieur, intermédiaire inférieur et faible) établie par la Banque mondiale en 2015. Pour examiner la charge de morbidité par rapport à la région géographique, nous avons regroupé les pays selon les groupements régionaux définis par l'OMS (Afrique, Méditerranée orientale, Europe, Amériques, Asie du Sud-Est et Pacifique occidental).

Pour examiner les tendances temporelles de la charge mondiale de morbidité attribuables à diverses formes de pollution, nous avons divisé la pollution en deux grandes catégories : la pollution liée à la pauvreté et la pollution liée au développement industriel. La pollution liée à la

pauvreté comprend la pollution de l'air domestique, les sources d'eau insalubres et les conditions sanitaires insuffisantes, les formes de pollution associées à l'extrême pauvreté et aux modes de vie traditionnels dans les pays à revenu faible et intermédiaire. La pollution liée au développement industriel comprend la pollution produite par les émissions industrielles, les pots d'échappement des véhicules et la dissémination de produits chimiques ; elle comprend également la pollution sous forme de poussière en suspension dans l'air ambiant (PM<sub>2,5</sub>) ; la pollution de l'ozone troposphérique ; les expositions à des produits professionnels toxiques ; et la pollution du sol causée par les métaux lourds et les produits chimiques toxiques, dont le plomb.

### Constatations principales

Selon l'Étude sur la CMM<sup>42</sup>, les maladies liées à la pollution ont entraîné neuf millions de décès prématurés en 2015, soit 16 % de la mortalité mondiale totale (tableau 1)<sup>42,99,102</sup>. Selon l'Étude, les maladies causées par toutes les formes de pollution ont entraîné 268 millions d'AVAI, soit 254 millions de vies perdues et 14 millions d'années vécues avec une incapacité<sup>106</sup>. Ces renseignements sont fournis par pays et par région et sont présentés dans l'annexe.

Selon l'OMS, en 2012, les milieux malsains ont été la cause de 12,6 millions de décès dans le monde, soit 23 % de la mortalité mondiale totale, et de 26 % des décès chez les enfants de moins de 5 ans<sup>99,102,109,110</sup>.

La constatation la plus importante à retenir de ces données est le fait que l'Étude sur le CMM comme l'analyse de l'OMS observent que la pollution est une cause massive de maladie, d'incapacité et de décès prématurés. Selon l'Étude sur la CMM, la pollution a entraîné en 2015 quelque neuf millions de décès, tandis que l'analyse de l'OMS conclut que la vie dans des milieux malsains a entraîné 12,6 millions de décès en 2012.

L'écart entre ces deux estimations de la mortalité totale attribuable à des facteurs environnementaux reflète principalement des définitions divergentes de l'environnement. La Commission se concentre strictement sur les maladies liées à la pollution, selon la définition qui précède. En revanche, la définition de l'environnement de l'OMS est plus large et comprend plusieurs facteurs de risque dont la Commission n'a pas tenu compte dans son analyse, en l'occurrence les accidents de la route ; les rayonnements ultraviolets et ionisants ; le bruit ; les champs électromagnétiques ; les risques psychosociaux professionnels ; les environnements bâtis ; les méthodes agricoles ; et les changements climatiques et écosystémiques découlant de l'activité humaine. Les facteurs de risque inclus dans l'analyse de l'OMS et qui ne figurent pas dans celle de la Commission représentent plus de trois millions de décès par année, ce qui explique en grande partie l'écart apparent entre les deux estimations (encadré n° 3)<sup>117-120</sup>.

	Meilleure estimation de l'Étude sur la CMM (IC 95 %)	Meilleure estimation de l'OMS (IC 95 %)
Atmosphérique (Total)	6,5 (5,7-7,3)	6,5 (5,4-7,4)
Air domestique	2,9 (2,2-3,6)	4,3 (3,7-4,8)
Poussière en suspension dans l'air ambiant	4,2 (3,7-4,8)	3,0 (3,7-4,8)
Ozone ambiant	0,3 (0,1-0,4)	...
Eau (Total)	1,8 (1,4-2,2)	0,8 (0,7-1,0)
Conditions sanitaires insalubres	0,8 (0,7-0,9)	0,3 (0,1-0,4)
Sources d'eau insalubres	1,3 (1,0-1,4)	0,5 (0,2-0,7)
Professionnelle	0,8 (0,8-0,9)	0,3 (0,3-0,4)
Agents cancérogènes	0,5 (0,5-0,5)	0,1 (0,1-0,1)
Poussière	0,4 (0,3-0,4)	0,2 (0,2-0,3)
Sol, métaux lourds et produits chimiques	0,5 (0,2-0,8)	0,7 (0,2-0,8)
Plomb	0,5 (0,2-0,8)	0,7 (0,2-0,8)
<b>Total</b>	<b>9,0</b>	<b>8,4</b>

Il est à noter que les totaux pour la pollution atmosphérique, la pollution de l'eau et toute la pollution sont inférieurs à la somme arithmétique des facteurs de risque individuels dans chacune de ces catégories en raison d'apports qui se recoupent, par exemple la pollution de l'air domestique contribue également à la pollution de l'air ambiant et vice versa.

Tableau 1 : Nombre estimatif de décès dans le monde en raison de facteurs de risque de la pollution selon l'Étude sur la charge mondiale de morbidité (CMM ; 2015)<sup>42</sup> en comparaison des données de l'OMS (2102)<sup>99,101</sup>

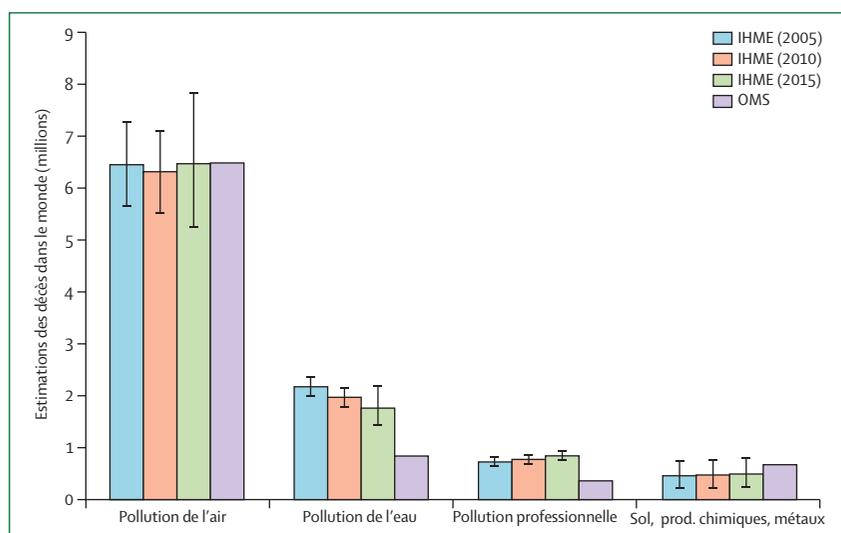


Figure 4 : Estimations des décès dans le monde (millions) par facteur de risque de pollution, 2005-2015. Données de l'étude sur la CMM<sup>42</sup> et de l'OMS<sup>99</sup>. IHME = Institute for Health Metrics and Evaluation

Certaines différences particulières ressortent des deux ensembles d'estimations (figure 4)<sup>42,99</sup>. Par exemple, selon l'Étude sur la CMM, 4,2 millions de décès étaient attribuables à la pollution de l'air ambiant en 2015, tandis que l'OMS attribue 3,7 millions de décès à ce facteur de risque en 2012. Les deux analyses ont utilisé des démarches semblables pour l'évaluation comparative du risque, les mêmes sources de données sur l'exposition et les mêmes fonctions intégrées exposition-réaction<sup>40</sup>, mais l'Étude sur la CMM a apporté récemment des modifications à sa méthodologie de calcul<sup>42</sup> et ce changement semble expliquer la majeure partie de l'écart.

**Encadré n° 3 : Programme de l'OMS sur la pollution et la santé**

Depuis de nombreuses décennies, l'OMS mène des évaluations indispensables des répercussions de la pollution sur la santé. Ces évaluations constituent le fondement scientifique des politiques de la lutte antipollution dans de nombreux pays. L'OMS est un chef de file mondial de l'établissement de valeurs guides et de la coordination de partenariats axés sur la santé pour lutter contre la pollution.

L'OMS étend maintenant encore plus ses travaux dans le cadre des objectifs du développement durable (ODD). L'OMS est l'organisme chargé de surveiller les progrès vers l'atteinte des six cibles des ODD à part l'ODD 3 et doit également suivre plusieurs cibles de la charge de morbidité liée à la santé de l'environnement dans le contexte de l'ODD 3. Voici des exemples de ces travaux :

**Pollution de l'air ambiant**

- L'OMS a périodiquement examiné la littérature internationale sur la pollution atmosphérique et définit des Valeurs guides sur la qualité de l'air à l'échelle mondiale<sup>117</sup>. Celles-ci sont des points de référence fondamentaux pour les normes sur la pollution atmosphérique partout dans le monde. La version la plus récente a été publiée en 2006<sup>117</sup> et un comité a été formé pour créer une version à jour en 2018.
- L'OMS héberge l'une des plus grandes bases de données sur les mesures de la pollution de l'air ambiant dans les villes. Actuellement, la base de données mondiale de l'OMS sur la pollution de l'air ambiant dans les villes est accessible au public et elle contient des mesures de la qualité de l'air de 3 000 villes, qui représentent 103 pays. Au cours des deux dernières années seulement, la taille de la base de données a presque doublé, car les villes sont plus nombreuses que jamais à mesurer maintenant les niveaux de pollution atmosphérique et à reconnaître les répercussions connexes sur la santé. Cette base de données fournit également des intrants à des modèles intégrés qui utilisent la télédétection par satellite et les modèles de transport des substances chimiques pour estimer l'exposition à la pollution de l'air ambiant à l'échelle mondiale, y compris des estimations des endroits où il n'y a aucune surveillance de base que ce soit (p. ex., petites villes, zones rurales). Elle contient également les données de surveillance de la qualité de l'air urbain pour la cible 6 de l'ODD 11, soit « réduire l'impact environnemental négatif des villes par habitant, y compris en accordant une attention particulière à la qualité de l'air et à la gestion, notamment municipale, des déchets »<sup>118</sup>.

**Pollution de l'air domestique**

- L'OMS a récemment élaboré des valeurs guides concernant la qualité de l'air domestique liée à la combustion de combustibles par les ménages. Ces lignes directrices ont éclairci les risques énormes pour la santé qu'engendre la combustion de kérosène, de charbon et de bois dans les habitations. L'OMS a aussi fourni des normes d'émission pour les appareils de production énergétique utilisés pour cuisiner, chauffer et éclairer. Ces valeurs guides ont comblé une lacune pour ce qui est de l'aspect santé des interventions liées à l'énergie domestique et les partenaires du développement qui investissent pour que les ménages pauvres partout dans le monde aient un meilleur accès à l'énergie les adoptent de plus en plus.

- L'OMS a également élaboré plusieurs outils et programmes de formation pour que les pays et les acteurs de différents secteurs soient mieux à même de comprendre que l'énergie domestique peut poser un risque de santé et agir en conséquence. Elle élabore actuellement une trousse d'outils qui offre des solutions pour une énergie domestique propre (CHEST), de même que l'orientation et les outils nécessaires aux pays qui veulent mettre en œuvre les valeurs guides de l'OMS sur la qualité de l'air à l'intérieur des habitations et les combustibles ménagers (*WHO Guidelines for indoor air quality: household fuel combustion*)<sup>119</sup>.
- L'OMS dirige la surveillance de l'accès à l'énergie propre dans les habitations, en étroite collaboration avec des partenaires qui mènent des enquêtes sur les ménages (UNICEF, USAID, Banque mondiale). L'indicateur connexe fait partie du Global Tracking Framework of Sustainable Energy for All et constitue le fondement du suivi des progrès concernant la cible 1.2 de l'ODD 7, « proportion de la population utilisant principalement des carburants et technologies propres », conformément aux critères des lignes directrices de l'OMS.

**Climat, pollution et santé**

- L'OMS, la Coalition pour le climat et l'air pur (CCAP) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement se sont alliés dans la campagne *BreatheLife* pour résoudre les crises connexes de la pollution atmosphérique et des changements climatiques. La campagne a été annoncée en juillet 2016 et lancée à Habitat III, à Quito, en Équateur.

**Santé en milieu urbain**

- L'OMS a créé l'Initiative sur la santé en milieu urbain pour réduire les décès et les maladies liés aux polluants atmosphériques et climatiques dans les villes, tout en améliorant les avantages pour la santé découlant des politiques et des mesures de lutte antipollution.

**Eau et assainissement**

- Depuis des décennies, l'OMS produit des lignes directrices qui font autorité et offre de l'aide technique sur la gestion de la qualité de l'eau, l'assainissement et les eaux résiduaires, et la santé. En collaboration avec l'UNICEF, l'OMS assure le suivi de l'ampleur de l'exposition des humains à de l'eau de mauvaise qualité, à des conditions sanitaires insuffisantes et une mauvaise hygiène.

**Produits chimiques toxiques**

- L'OMS est le principal organisme international en matière de sécurité des produits chimiques par l'entremise de son groupe d'experts intergouvernemental sur la sécurité des produits chimiques qui établit les recommandations pour des dizaines de produits chimiques d'usage courant. L'importance de la gestion des produits chimiques se reflète dans la cible 9 de l'ODD 3 de réduire le nombre de décès et de maladies dus à des substances chimiques dangereuses, de même qu'avec la cible 4 de l'ODD 12 sur la bonne gestion des produits chimiques et des déchets. Pour bien gérer les produits chimiques, il faut une approche multisectorielle et multi-intervenants.

(Suite à la page suivante)

Pour consulter la base de données mondiale de l'OMS sur la pollution de l'air ambiant, voir [www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/cities](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities)

Site Web de WHO Chemicals Road Map, [www.who.int/ipcs/saicm/roadmap](http://www.who.int/ipcs/saicm/roadmap)

(Suite de la page précédente)

Pour faire avancer ces travaux, l'Assemblée mondiale de la santé de 2017 a approuvé une feuille de route visant à accroître l'engagement du secteur de la santé dans la gestion des produits chimiques internationaux.

**Mercure**

- L'OMS appuie la mise en œuvre de la Convention de Minamata sur le mercure et a préparé des orientations concernant l'élimination progressive d'instruments contenant du mercure dans le secteur de la santé<sup>420</sup>. Les départements et les ministères de la Santé doivent de toute urgence s'attaquer à l'élimination progressive de

l'importation, de l'exportation et de la fabrication de thermomètres au mercure et de sphygmomanomètres et d'autres instruments contenant du mercure en soins de santé.

**Cancer**

- Il incombe au Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) de l'OMS de déterminer si les produits chimiques sont des agents cancérigènes pour les humains et mène divers travaux de recherche sur le cancer dans le monde. Le CIRC fournit des conseils basés sur des données probantes sur la lutte contre le cancer partout dans le monde.

Selon l'Étude sur la CMM, 2,9 millions de décès sont survenus en 2015 en raison de la pollution de l'air domestique, tandis que l'OMS a estimé ces décès à 4,3 millions en 2012. Cette divergence s'explique en partie par le recours à des méthodes différentes pour quantifier les relations exposition-résultat. Les auteurs de l'Étude sur la CMM se sont fondés sur la courbe intégrée exposition-réponse<sup>40</sup> pour obtenir des preuves de l'ampleur de l'effet des maladies non transmissibles, tandis que l'OMS s'est fondée sur des preuves épidémiologiques pour adapter les risques relatifs à certaines maladies non transmissibles. De plus, l'Étude sur la CMM tient compte depuis les deux dernières années de nouvelles sources de données pour obtenir les valeurs d'exposition personnelle pour les femmes, les hommes et les enfants.

Les auteurs de l'Étude sur la CMM estiment à 1,8 million les décès liés à la pollution de l'eau en 2015, tandis que l'OMS a estimé à 0,84 million le nombre de décès en raison de cette forme de pollution en 2012. Cette divergence semble refléter en grande partie les différences dans les définitions de l'accès à l'eau salubre. Les auteurs de l'Étude sur la CMM envisagent l'accès à l'eau salubre à la fois à la source et à son point d'utilisation, tandis que l'OMS ne considère que l'accès à une source d'eau améliorée.

Les maladies causées par toutes les formes de pollution ont entraîné neuf millions de décès en 2015. La pollution cause donc beaucoup plus de décès que les régimes alimentaires à forte teneur en sodium (4,1 millions), l'obésité (4,0 millions), l'alcool (2,3 millions), les accidents de la route (1,4 million) et la malnutrition des enfants et des mères (1,4 million). La pollution a causé également trois fois plus de décès que le sida, la tuberculose et le paludisme combinés (figure 5)<sup>41</sup> et près de quinze fois plus de décès que la guerre et toutes les formes de violence<sup>41</sup>. Les facteurs de risque alimentaires seulement (tous combinés) (12,1 millions) et l'hypertension (10,7 millions) ont causé plus de décès que la pollution et la Commission signale qu'environ 2,5 % des décès attribuables à l'hypertension sont liés au plomb.

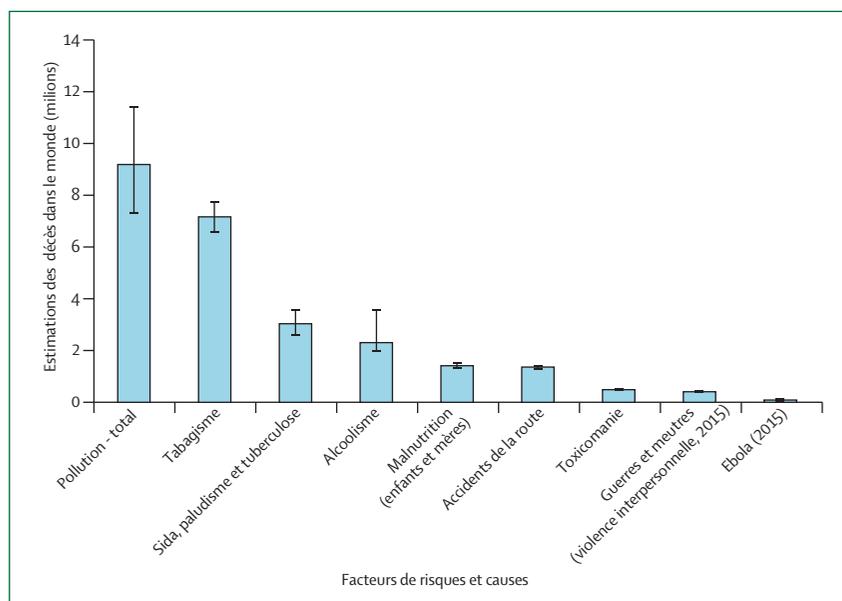


Figure 5 : Estimations des décès dans le monde par cause et facteur de risque principal, 2015 Selon les données de l'Étude sur la CMM, 2016<sup>41</sup>

**La pollution et les maladies non transmissibles**

Les maladies non transmissibles représentent la majeure partie – environ 71 %<sup>41</sup> – de la charge totale de morbidité liée à la pollution. Toutes les formes de pollution combinées représentaient en 2015 21 % des décès à la suite de maladies cardiovasculaires, 23 % des décès en raison d'un accident vasculaire cérébral (AVC), 51 % des décès en raison de la maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) et 43 % des décès en raison d'un cancer du poumon (figure 6)<sup>42</sup>.

Les risques relatifs de toutes les maladies non transmissibles associées à la pollution augmentent à mesure que les degrés d'exposition à la pollution augmentent aussi. Une fonction intégrée d'exposition-réaction a été mise au point pour décrire ces relations et les effets sur la santé de la pollution atmosphérique correspondent quantitativement à ceux de la fumée du tabac lorsque leurs risques relatifs sont établis en fonction d'une mesure commune d'exposition à de fines particules en suspension dans l'air<sup>121</sup>.

Site Web sur le rapport spécial du Health Effects Institute sur l'état de l'air dans le monde, <https://www.stateofglobalair.org>

Les sources et la nature de pollution changent à mesure que les pays se développent et s'industrialisent (figure 7)<sup>10,42</sup>. Une source d'eau insalubre, des conditions sanitaires peu sûres et la pollution de l'air domestique sont considérées comme des formes de pollution liées à la pauvreté et aux premiers stades du développement industriel. La

pollution sous forme de poussière en suspension dans l'air, la pollution troposphérique par l'ozone ; la pollution professionnelle par les produits chimiques ; la pollution du sol et la pollution des métaux lourds et des produits chimiques (y compris le plomb) sont considérées comme des formes de pollution liées au développement industriel.

Les changements dans la distribution des maladies liées à la pollution surviennent en réaction aux changements qui accompagnent le développement<sup>41</sup>. Ainsi, les décès attribuables à des pneumonies et à des maladies diarrhéiques – les maladies associées à la pollution de l'air domestique, à la pollution de l'eau et à des conditions sanitaires déficientes – diminuent lentement partout dans le monde, même si elles continuent de tuer des millions de personnes, en particulier les enfants dans les pays pauvres. Ces diminutions reflètent les réductions des formes de pollution associées aux modes de vie traditionnels dans les pays à revenu faible et intermédiaire, et la découverte de nouveaux vaccins tels que les vaccins antipneumococques et les vaccins antirotavirus<sup>59</sup>, les nouvelles méthodes pédiatriques comme la réhydratation par voie orale<sup>60</sup> et l'amélioration de la nutrition des jeunes enfants et des femmes enceintes<sup>61</sup>.

Par contraste, le nombre de décès causés par la pollution de l'air ambiant, des produits chimiques et du sol, les formes de pollution associées au développement industriel et urbain moderne, est à la hausse. Ainsi, le nombre de décès attribuables à la poussière en suspension dans l'air (PM<sub>2,5</sub>) serait, selon les estimations, passé de 3,5 millions (IC de 95 %, 3-4 millions) en 1990 à 4,2 millions (IC 95 %, 3,7-4,8 millions) en 2015, une augmentation de 20 %. En 2015, parmi les dix pays les plus peuplés du monde, les plus fortes augmentations du nombre de décès liés à la pollution ont été observées en Inde et au Bangladesh, selon le Health Effects Institute. Cette augmentation du nombre absolu de décès et d'AVAI attribuables à la pollution reflète l'augmentation de la taille des populations et leur vieillissement, de même que l'augmentation des niveaux de pollution atmosphérique dans les pays à revenu faible et intermédiaire<sup>23</sup>.

Une analyse des tendances futures de la mortalité en raison de la pollution atmosphérique sous forme de PM<sub>2,5</sub> en suspension dans l'air ambiant montre que dans un scénario de maintien du statu quo, dans lequel on présume qu'aucune nouvelle mesure de lutte antipollution ne sera adoptée, le nombre de décès dus à la pollution augmentera au cours des trois prochaines décennies, les augmentations les plus marquées se trouvant dans les villes de l'Asie du Sud et de l'Est<sup>35,121</sup>. Ces tendances devraient, selon les projections, entraîner une augmentation de plus de 50 % de la mortalité liée à la pollution de l'air ambiant qui pourrait passer de 4,2 millions de décès en 2015 à 6,6 millions en 2050 (IC 95 %, 3,4-9,3 millions)<sup>35,122</sup>. Ces projections sont corroborées par une analyse<sup>107</sup> des effets sur la santé de

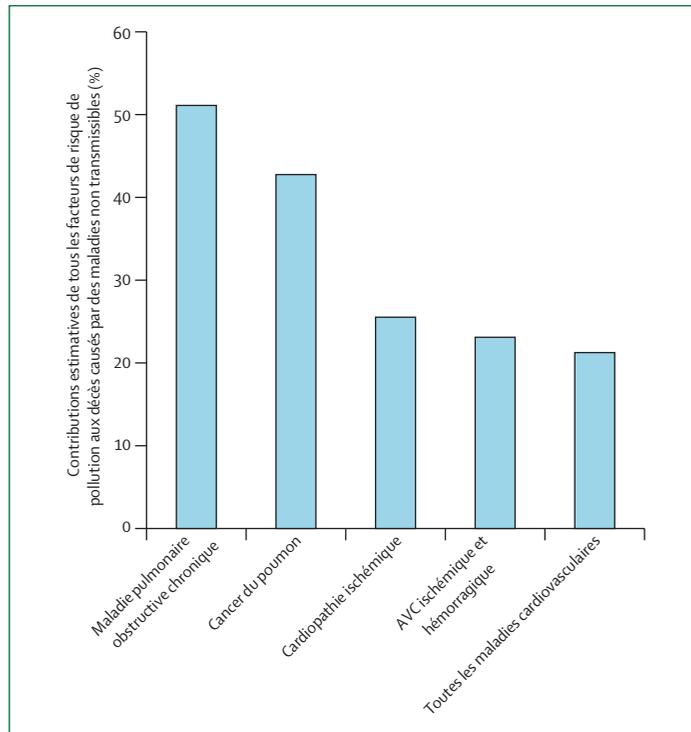


Figure 6 : Contributions estimatives de tous les facteurs de risque de pollution aux décès causés par des maladies non transmissibles, 2015  
Source, Étude sur la CMM, 2016<sup>42</sup>

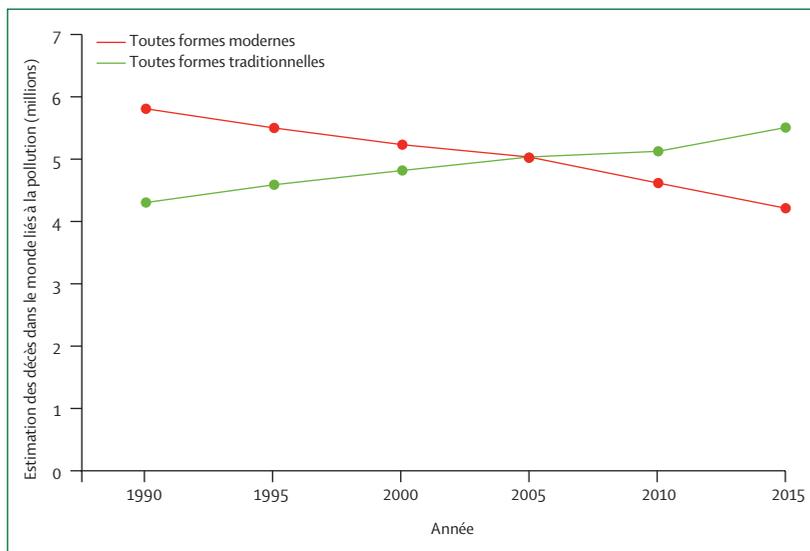


Figure 7 : Estimation des décès dans le monde (millions) par catégorie de pollution, 1990 – 2015  
Étude sur la CMM, 2016<sup>42</sup>. Toutes formes modernes = formes modernes de pollution composées de la pollution de l'air ambiant, des produits chimiques et du sol. Toutes formes traditionnelles = formes traditionnelles de pollution, composées de la pollution de l'air domestique et de l'eau.

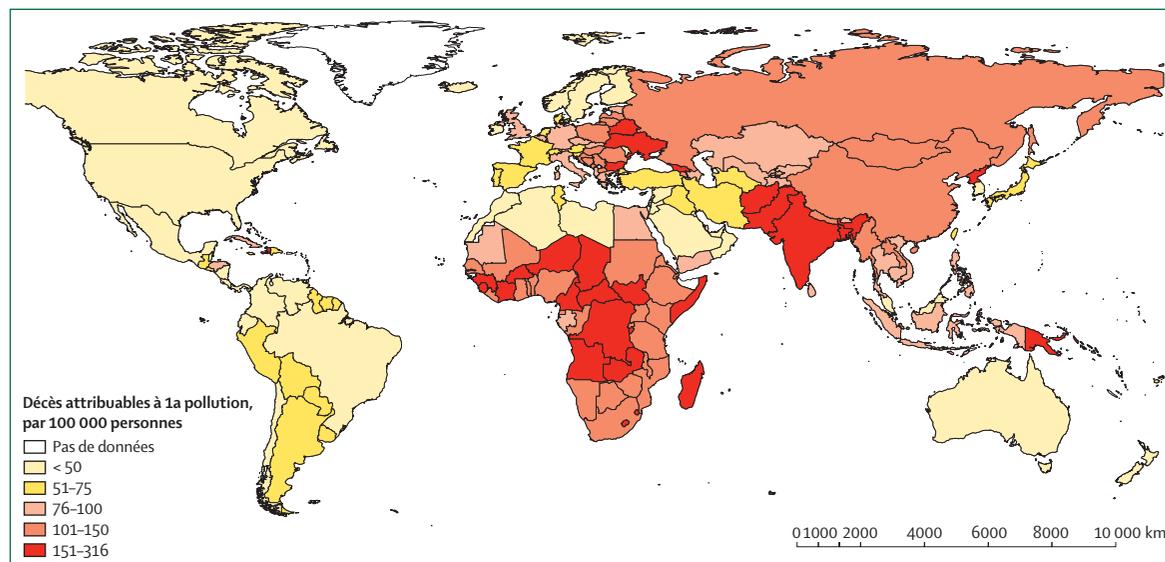


Figure 8 : Nombre de décès attribuables à toutes les formes de pollutions par 100 000 personnes, 2015  
Étude sur la CMM, 2016<sup>42</sup>

la combustion du charbon en Chine<sup>118</sup>. Le vieillissement de la population est un élément qui contribue de manière importante à ces projections d'augmentation du nombre de décès en raison de maladies liées à la pollution.

Une deuxième analyse des bénéfices possibles de la réduction de la pollution des PM<sub>2,5</sub> prévoit que des mesures dynamiques de lutte antipollution pourraient éviter 23 % des décès actuels liés à la pollution atmosphérique. Toutefois, compte tenu du vieillissement de la population et des augmentations connexes de la mortalité liée à l'âge et causée par les maladies cardiovasculaires, les maladies pulmonaires obstructives chroniques et les cancers du poumon, et en raison aussi du lien exposition-réaction entre la pollution des PM<sub>2,5</sub> et des maladies non transmissibles relativement marqué à des niveaux moindres d'exposition, mais moins accentué à des niveaux élevés, Apte et ses collègues<sup>124</sup> observent qu'il sera plus facile de réduire les taux de mortalité dans les régions beaucoup moins polluées de l'Europe occidentale et de l'Amérique du Nord que dans les régions très polluées de l'Asie.

### Géographie de la pollution

Les plus grands nombres de décès attribuables à la pollution en 2015 sont survenus en Asie du Sud-Est (3,2 millions de décès) et dans la région du Pacifique occidental (2,2 millions de décès ; figure 8)<sup>42</sup>. Dans cette définition, l'Asie du Sud-Est englobe l'Inde et la région du Pacifique occidental, la Chine. Les estimations les plus élevées, compte tenu des populations, de décès prématurés et de maladies liées à la pollution sont observées dans les pays à revenu faible de l'Afrique subsaharienne<sup>42</sup>.

### Pollution et pauvreté

Quatre-vingt-douze pour cent de toute la mortalité liée à la pollution sont observés dans les pays à revenu faible et

intermédiaire et le plus grand nombre de décès causés par des maladies liées à la pollution est relevé dans les pays à revenu intermédiaire inférieure qui connaissent un développement et une industrialisation rapides (figure 9). Dans les pays les plus gravement touchés, la pollution provoque plus d'un décès sur quatre<sup>42</sup>. Dans les pays à tous les niveaux de revenu, les effets sur la santé de la pollution sont plus fréquents et plus graves chez les pauvres et les groupes marginalisés. Il est plus amplement question des liens entre la pollution, la maladie et la pauvreté à la section 3 du présent rapport.

Les taux de morbidité et de mortalité attribuables à la pollution sont les plus élevés chez les très jeunes et les très vieux. Les décès attribuables à toutes les formes de

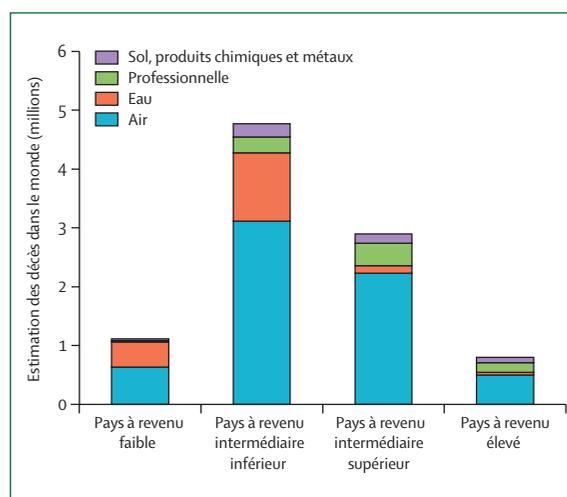


Figure 9 : Estimation des décès par facteur de risque de pollution et niveau de revenu du pays, 2015  
Étude sur la CMM, 2016<sup>42</sup>

pollution enregistrent un sommet chez les enfants de moins de cinq ans, mais la très grande majorité des décès liés à la pollution surviennent chez les adultes de plus de 60 ans (figure 10). Par contraste, les AVAI découlant de maladies liées à la pollution sont fortement concentrées chez les nouveau-nés et les jeunes enfants, ce qui reflète le grand nombre d'années perdues par suite d'une maladie invalidante ou du décès d'un enfant (figure 11)<sup>42</sup>.

### Pollution atmosphérique

La Commission examine de deux types de pollution atmosphérique, la pollution de l'air domestique et la pollution de

l'air ambiant, et de deux polluants en suspension dans l'air, les particules fines et l'ozone<sup>23</sup>. La pollution causée par les oxydes d'azote et les polluants climatiques de courte durée de vie ne sont pas entièrement comptabilisés dans l'examen de la Commission parce que la charge de morbidité en raison de ces deux formes de pollution atmosphérique n'est pas quantifiée séparément dans l'Étude sur la CMM.

Même si la pollution de l'air domestique et de l'air ambiant sont deux formes considérées séparément dans le calcul des estimations de la charge de morbidité<sup>42,99</sup>, les deux sont comprises dans un grand nombre des mêmes polluants et coexistent souvent. Dans les pays à revenu faible et intermédiaire, par exemple, la cuisson des aliments contribue à la pollution de l'air ambiant sous forme de fines particules en suspension dans l'air<sup>55,56</sup>. De même, le nombre total de décès attribués à la pollution atmosphérique à la fois dans l'Étude sur la CMM et dans les estimations de l'OMS sont moindres que la somme arithmétique du nombre de décès attribués à chacune des formes de pollution seules<sup>35,99,125</sup>.

La pollution atmosphérique se disperse à l'échelle mondiale. Les polluants en suspension dans l'air se déplacent au-delà des frontières nationales, des continents et des océans<sup>126-128</sup>. Une analyse<sup>129</sup> des émissions produites par des fabricants exportateurs chinois a montré que les jours de forts vents ouest (vents soufflant de la Chine vers le Pacifique), entre 12 et 24 % de concentrations de sulfates, de 2 à 5 % d'ozone, de 4 à 6 % de monoxyde de carbone et jusqu'à 11 % de pollution de carbone noir détectés dans l'ouest des États étaient d'origine chinoise.

### Pollution de l'air et maladie

La pollution sous forme de poussière en suspension dans l'air (PM<sub>2,5</sub>) est la forme la plus étudiée de pollution atmosphérique et elle est liée à un large éventail de maladies de plusieurs systèmes organiques<sup>23,130</sup>. Les associations étiologiques les plus fortes s'observent entre la pollution des PM<sub>2,5</sub> et les maladies cardiovasculaires et pulmonaires. Des liens de causalité précis ont été établis entre la pollution des PM<sub>2,5</sub> et l'infarctus du myocarde<sup>131-137</sup>, l'hypertension<sup>138</sup>, l'insuffisance cardiaque congestive, les arythmies<sup>139</sup> et la mortalité cardiovasculaire<sup>24,140-143</sup>. Des associations étiologiques ont également été établies entre la pollution des PM<sub>2,5</sub>, la maladie pulmonaire obstructive chronique et le cancer du poumon<sup>42</sup>. Le Centre international de recherche sur le cancer a déterminé que la poussière en suspension dans l'air et la pollution de l'air ambiant sont des agents cancérogènes humains de groupe 1 avérés<sup>34,40,144</sup>.

La pollution sous forme de poussière en suspension dans l'air est liée à plusieurs facteurs de risque de maladies cardiovasculaires dont l'hypertension<sup>138</sup>, des concentrations sériques supérieures<sup>145</sup>, une progression accélérée de l'athérosclérose<sup>146-148</sup>, une incidence accrue d'arythmies cardiaques<sup>139</sup>, un nombre accru de visites à l'urgence pour des problèmes cardiaques<sup>132,133</sup>, un risque accru d'infarctus

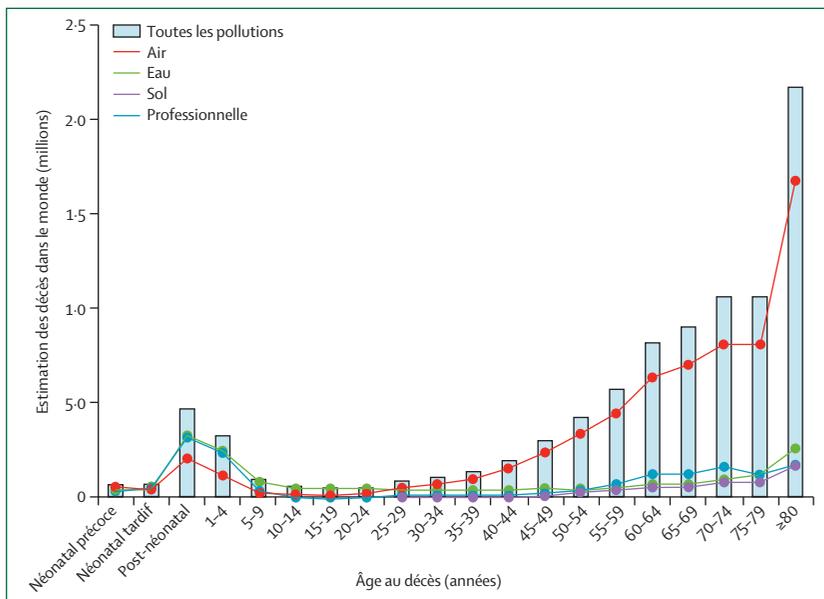


Figure 10 : Estimation des décès dans le monde selon le facteur de risque et l'âge au décès, 2015  
Étude sur la CMM, 2016<sup>42</sup>

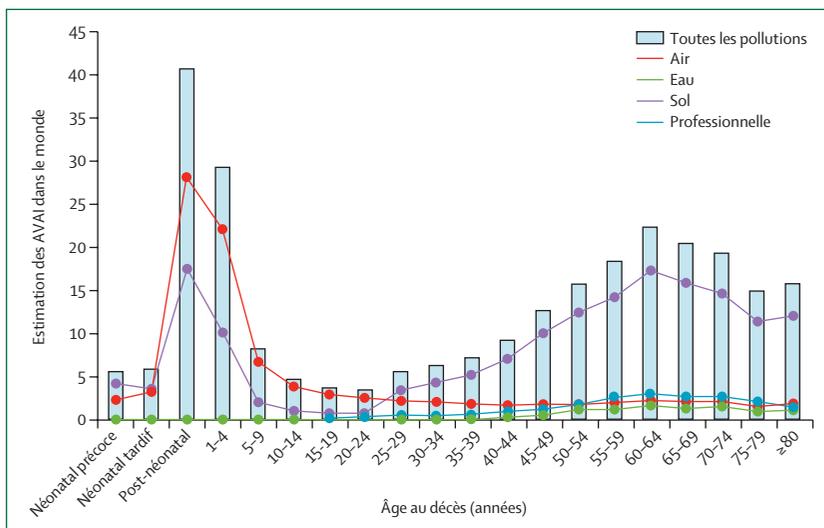


Figure 11 : Estimations des AVAI dans le monde par facteur de risque et âge au décès, 2015  
Étude sur la CMM, 2016<sup>42</sup>. AVAI = année de vie ajustée en fonction de l'incapacité

aigu du myocarde<sup>148</sup> et une mortalité accrue en raison de maladies cardiovasculaires<sup>142</sup> et d'AVC<sup>149</sup>.

Les études cliniques et expérimentales donnent à penser que les particules fines en suspension dans l'air accroissent le risque de maladies cardiovasculaires en provoquant l'athérosclérose, en augmentant le stress oxydant et la résistance à l'insuline, en favorisant le dysfonctionnement endothélial et en augmentant la tendance à la coagulation<sup>145,147,148,150</sup>.

De nouveaux faits probants donnent à penser qu'il peut exister des associations étiologiques additionnelles entre la pollution des PM<sub>2,5</sub> et plusieurs maladies non transmissibles extrêmement répandues. En font partie le diabète<sup>25</sup>, la diminution des fonctions cognitives, le trouble de déficit de l'attention ou d'hyperactivité et l'autisme chez les enfants<sup>30,31,151,152</sup> et les maladies neurodégénératives dont la démence chez les adultes<sup>28,29,33</sup>. La pollution des PM<sub>2,5</sub> peut également être liée à une incidence accrue de décès prématurés et de faible poids à la naissance<sup>27,153-159</sup>. Certaines études ont fait état d'une association entre la pollution de l'air ambiant et un risque accru du syndrome de mort subite chez les nourrissons<sup>160</sup>. Ces associations ne sont pas encore solidement établies et la charge de morbidité qui leur est associée n'a pas encore été évaluée. Elles sont donc incluses dans la zone 2 du pollutome (figure 3).

### Pollution de l'eau

La Commission examine deux types de pollution de l'eau : les sources d'eau insalubres et les conditions d'hygiène insuffisantes<sup>51</sup>. De nombreuses régions des pays à revenu faible et intermédiaire n'ont pas d'approvisionnement en eau acceptable et de nombreuses personnes, en particulier dans les régions rurales des pays pauvres, ne bénéficient pas de conditions d'hygiène suffisantes<sup>52</sup>. Les technologies et les systèmes de prévention existent, mais la pauvreté, l'ignorance et d'autres priorités limitent l'adoption des améliorations<sup>161</sup>.

Les problèmes d'approvisionnement en eau et de santé se sont intensifiés aux endroits où les polluants industriels contaminent les réseaux hydrographiques par manque d'efficacité des traitements contre les agents infectieux qui ne réussissent à venir à bout des nombreux produits chimiques toxiques présents dans l'eau potable. De meilleures techniques d'analyse ont permis d'identifier des centaines de produits chimiques, industriels, de produits pharmaceutiques et de pesticides dans les réseaux hydrographiques. Certains des problèmes les plus graves de pollution biologique et chimique de l'eau potable sont observés dans les pays à revenu faible et intermédiaire qui connaissent une urbanisation et une industrialisation rapides. De plus, les voies navigables locales et les eaux souterraines de ces pays sont lourdement polluées et de graves problèmes de santé y sont largement connus, mais il n'y a pas d'autres sources d'approvisionnement en eau<sup>53</sup>.

Les principales maladies liées à la pollution de l'eau sont aigües et les maladies gastro-intestinales chroniques, surtout les maladies diarrhéiques (70 % des décès attribués

à la pollution de l'eau), la fièvre typhoïde (8 %) et la fièvre paratyphoïde (20 %), de même que les infections du système respiratoire inférieur (2 %)<sup>42</sup>. Ces estimations comprennent des maladies attribuables à une source d'eau insalubre, à des conditions d'hygiène insuffisantes et à un lavage des mains insuffisant également. L'eau polluée et des conditions d'hygiène insuffisantes sont en outre liées à tout un éventail d'infections parasitaires. Ces maladies touchent plus d'un milliard de personnes, en particulier dans les pays à revenu faible et intermédiaire<sup>41</sup>.

La pollution de l'eau a également des effets sur la santé planétaire qui vont au-delà de ses effets sur la santé humaine<sup>15</sup>. La pollution des rivières, des lacs et des océans en raison de l'agriculture, des industries de la fabrication et de l'extraction des ressources peut avoir des effets catastrophiques sur les écosystèmes d'eau douce et les écosystèmes marins qui provoquent l'effondrement des pêches et limitent les moyens de subsistance des peuples autochtones et d'autres pour qui le poisson est la source d'alimentation principale<sup>162,163</sup>.

La plupart des décès causés par des conditions d'hygiène insalubres et des sources d'eau insalubres surviennent chez les enfants de moins de 5 ans. On observe aussi une augmentation des décès par suite de maladies liées à la pollution d'origine hydrique chez les adultes de plus de 60 ans.

### Charge de morbidité attribuable à la pollution de l'eau

Selon l'Étude sur la CMM, 1,8 million de décès survenus en 2015 étaient attribuables à la pollution de l'eau, y compris les sources d'eau et les conditions d'hygiène insalubres et un lavage des mains insuffisant. De ce total, 0,8 million de décès étaient, selon les estimations, attribuables à des conditions d'hygiène insalubres et 1,3 million à des sources d'eau insalubres. La charge totale de morbidité attribuable à la pollution de l'eau est inférieure à la somme des maladies attribuables à chacune de ses composantes en raison des chevauchements entre les sources d'eau insalubres et les conditions d'hygiène insalubres et le lavage des mains insuffisant. Les données de l'OMS indiquent, quant à elles, que 0,28 million de décès étaient attribuables à des conditions d'hygiène insalubres en 2012 et que les sources d'eau insalubres étaient, pour leur part, responsables de 0,5 million de décès<sup>99</sup>. Tout comme dans le cas de la pollution atmosphérique, le nombre total de décès attribués à toutes les formes de pollution de l'eau combinées est inférieur à la somme arithmétique des décès attribuables à des types individuels de pollution de l'eau en raison de la coexistence souvent fréquente de différents types de pollution de l'eau et du chevauchement des uns et des autres.

### Tendances de la morbidité liée à la pollution de l'eau

Des interventions ciblées visant à fournir des infrastructures modernes d'eau et d'assainissement ont commencé dans le monde en développement dès le début des années 1950, dans les premières années des programmes d'aide internationale au développement.

Les objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) ont accéléré ces travaux et l'OMD 7 a appelé la communauté mondiale à « réduire de moitié, d'ici à 2015, le taux de la population qui n'a pas accès à l'eau potable ni à des services d'assainissement de base ». Pour ce qui est des interventions de lutte contre la pollution de l'eau et des maladies d'origine hydrique, l'OMS et le Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF) ont créé le Programme commun OMS/UNICEF de suivi de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement<sup>54</sup>.

Des progrès substantiels ont été réalisés dans l'atténuation de la pollution de l'eau et les maladies d'origine hydrique. Entre 1990 et 2015, 2,6 milliards de personnes ont eu accès à de meilleures sources d'eau potable, 2,1 milliards de personnes à de meilleures conditions d'assainissement et la cible 7.C de l'OMD a été atteinte cinq ans avant la date prévue. Pendant la même période, le nombre d'enfants décédés de maladies diarrhéiques a diminué de quelque 60 %, passant d'environ 1,5 million de décès en 1990 à un peu plus de 0,6 million en 2012. Malgré ces progrès, 2,4 milliards de personnes utilisent toutefois encore des installations sanitaires non améliorées, dont 946 millions de personnes qui défèquent encore en plein air.

#### Géographie de la pollution de l'eau et des maladies

Les estimations représentatives des populations du nombre de décès liés à la pollution de l'eau sont les plus élevées en Afrique subsaharienne (figure 12)<sup>42</sup>. Des taux de mortalité élevés s'observent également dans certains pays de l'Asie du Sud-Est. Au cours des deux dernières décennies, la Chine a grandement réduit ses taux de mortalité en raison de maladies infectieuses d'origine hydrique<sup>42</sup>.

Il est important de signaler que ces données ne reflètent pas les décès attribuables à la pollution chimique de l'eau, car on ne dispose pas de données sur les niveaux de contamination chimique de l'eau potable pour la plupart des pays à revenu faible et intermédiaire. Les maladies attribuables à la contamination chimique de l'eau potable sont classées dans la zone 2 du pollutome (figure 3).

#### Pollution du sol, des métaux lourds et des produits chimiques

Des évaluations exhaustives des effets sur la santé de la plupart des formes de pollution du sol, des métaux lourds et des produits chimiques n'ont pas encore été publiées. Le plomb fait exception et les études sur ce métal sont nombreuses. De nouveaux travaux de recherche sur quelques sites contaminés commencent à fournir des données sur la charge de morbidité à ces endroits ; pour le moment, ces estimations se limitent aux AVAI et ne comprennent pas les décès.

#### Plomb

Le plomb est utilisé par l'humanité depuis des siècles, mais jusqu'à l'ère moderne, il était en grande partie un poison professionnel<sup>164</sup>. Au XIX<sup>e</sup> et au XX<sup>e</sup> siècle, le plomb est sorti du cadre des milieux de travail pour envahir l'air, l'eau et le sol partout dans le monde en raison des augmentations considérables de la production de plomb qui a accompagné la révolution industrielle. Au début du XX<sup>e</sup> siècle, on a intégré le plomb pour la première fois à des produits de consommation grand public, par exemple la peinture et l'essence à base de plomb. Il en a résulté une contamination mondiale de l'air, de l'eau et du sol. La production mondiale de plomb a plus que doublé depuis

Pour connaître les données de l'OMS sur les mortalités liées à la pollution de l'eau, voir [http://www.who.int/healthinfo/mortality\\_data/en/](http://www.who.int/healthinfo/mortality_data/en/)

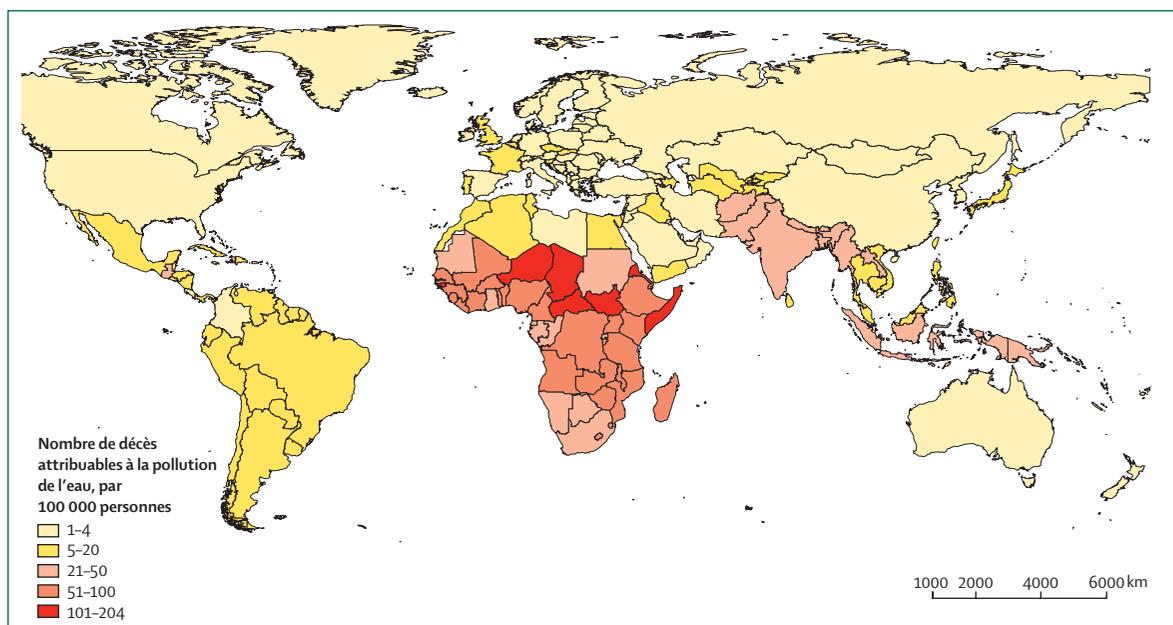


Figure 12 : Nombre de décès attribuables à la pollution de l'eau par 100 000 personnes, 2015  
Étude sur la CMM, 2016<sup>42</sup>

les années 1970 et elle continue d'augmenter. La fabrication mondiale à la hausse de piles pour des produits allant des téléphones cellulaires aux automobiles explique surtout cette augmentation<sup>165</sup>. Quatre-vingt-deux pour cent des décès attribuables au plomb surviennent dans les pays à revenu faible et intermédiaire.

Chez les adultes, l'exposition chronique au plomb est un facteur de risque établi d'hypertension, d'insuffisance rénale, de maladie cardiovasculaire et d'AVC, en particulier les travailleurs exposés dans leur milieu de travail. Les études épidémiologiques de grande envergure fondées sur un échantillon aléatoire national ont confirmé le lien causal entre le plomb, l'hypertension et la mortalité en raison de maladies cardiovasculaires, même à de très faibles concentrations dans le sang.

La toxicité affectant le développement neurologique est la conséquence la plus importante de la toxicité du plomb chez les enfants<sup>166</sup>. Les séquelles neurologiques de l'exposition au plomb chez les enfants comprennent les déficits cognitifs<sup>167-170</sup>, le raccourcissement de la capacité d'attention et le risque accru du trouble du déficit d'attention ou d'hyperactivité<sup>171</sup> auxquels s'ajoutent les comportements antisociaux et criminels<sup>172-173</sup>. Ces effets peuvent persister toute la vie et faire diminuer la réussite scolaire, augmenter la fréquence de la toxicomanie et de l'incarcération et diminuer la productivité économique. Le plomb cause des dommages neurologiques chez les enfants, même à très faible concentration dans le sang. Selon l'OMS, « il n'existe pas de seuil sous lequel l'exposition au plomb serait sans danger » (encadré n° 4)<sup>30,32,37,88,91,173-177</sup>.

#### Tendances de l'exposition au plomb

Malgré les augmentations soutenues de la production mondiale de plomb, les interdictions d'utilisation du plomb dans l'essence, les peintures, la plomberie et les soudures ont entraîné des réductions substantielles de l'exposition au plomb et de la charge de morbidité. Le plomb est maintenant interdit dans l'essence dans plus de 175 pays.

En dépit de ces progrès, il reste plusieurs sources d'exposition au plomb dans les milieux professionnels et communautaires<sup>38,178,179</sup>. La poterie à glaçure au plomb est une source importante d'exposition dans plusieurs pays<sup>169,180</sup>. Des fœtus peuvent être exposés au plomb par passage transplacentaire et les enfants nourris au sein peuvent être exposés au plomb dans le lait maternel<sup>181</sup>.

Les enfants risquent l'exposition à la peinture à base de plomb dans les vieux logements<sup>182,183</sup> et au plomb des tuyaux et des soudures qui fuit dans l'eau potable<sup>184</sup>. Le recyclage non officiel (aussi appelé « de cour arrière ») des batteries plomb-acide usagées est une source répandue d'exposition au plomb tant pour les travailleurs que les collectivités<sup>185</sup>.

Selon l'estimation de l'Étude sur la CMM<sup>42</sup>, le plomb a entraîné 0,5 million de décès prématurés et 9,3 millions d'AVAI en 2015. Elle est entièrement fondée sur les décès d'adultes (15 ans et plus). La moitié de ces décès sont

#### Encadré n° 4 : Pollution et développement neurologique

Les fœtus, les nouveau-nés et les enfants sont particulièrement sensibles aux polluants neurotoxiques, même à de très faibles degrés d'exposition en raison de la vulnérabilité du développement à ses premiers stades du cerveau humain<sup>91,174-176</sup>. L'exposition toxique pendant des périodes dites fenêtres de vulnérabilité aux tout débuts de la vie peut causer des dommages durables aux fonctions cérébrales. L'empoisonnement au plomb pendant l'enfance a, par exemple, été lié à une diminution des fonctions cognitives de même qu'à la délinquance juvénile, aux crimes violents à l'âge adulte et à la réduction pendant toute la vie de la productivité économique<sup>37</sup>. Les polluants neurotoxiques sont également liés à l'autisme<sup>152</sup>, au trouble de déficit d'attention ou d'hyperactivité<sup>89,177</sup> de même qu'aux troubles de comportement<sup>173</sup>.

L'exposition aux polluants neurotoxiques est répandue par suite de la combustion de combustibles fossiles, de la production industrielle et agricole et de l'utilisation fort répandue des produits chimiques toxiques dans les produits de consommation<sup>30</sup>. Des études courantes de biosurveillance ont détecté plusieurs douzaines de polluants toxiques dans l'organisme d'enfants et de femmes enceintes<sup>175</sup>.

Le mercure, les sous-produits de la combustion tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques et la poussière fine, les pesticides organophosphorés, les produits ignifuges à base de brome, les phtalates et les biphényles polychlorés font partie des polluants dont la toxicité est connue pour le cerveau en développement (en plus du plomb)<sup>88</sup>. De nombreux produits chimiques plus couramment utilisés, mais dont on ne connaît pas encore la toxicité affectant le développement neurologique pourraient causer des dommages encore invisibles chez les enfants d'aujourd'hui.

Les coûts sociaux et économiques de l'exposition, en début de vie, à des produits toxiques pour le développement neurologique sont considérables. La prévention de ces troubles peut assurer des gains économiques et sociaux importants<sup>32</sup>.

survenus chez des personnes de 70 ans et plus. Elle ne tient pas compte des expositions au plomb dans des sites contaminés<sup>186</sup>. Même si le plomb a causé des mortalités infantiles dans des épisodes d'empoisonnement aigu dans des sites très contaminés de pays à revenu faible et intermédiaire<sup>187</sup>, il n'est pas une cause importante de mortalité infantile à l'échelle mondiale.

Les maladies cardiovasculaires, dont l'hypertension, l'insuffisance coronarienne, l'AVC, les arythmies cardiaques et les maladies artérielles périphériques représentent la grande majorité des décès attribuables au plomb chez les adultes<sup>26,188</sup>. Ces associations sont évidentes dans des concentrations de plomb dans le sang aussi faibles que 5 µg/dL<sup>188,189</sup>. Selon l'Étude sur la CMM<sup>42</sup>, l'exposition au plomb représente 2,5 % de la charge mondiale des maladies cardiaques ischémiques. On estime également que le plomb représente 12,4 % de la charge mondiale de déficience intellectuelle idiopathique (encadré n° 4). Selon l'analyse de la CMM, les décès attribuables au plomb en 2015 sont les suivants : maladies cardiovasculaires (465 000 décès), maladies cardiaques ischémiques (240 000), maladies cérébrovasculaires (155 000), AVC ischémique (68 000), AVC hémorragique (87 000), cardiopathies hypertensives (47 000) et insuffisance rénale chronique (28 000)<sup>42</sup>.

Selon les estimations de l'OMS, en 2012, le plomb a entraîné 13,9 millions d'AVAI<sup>109</sup> et l'exposition au plomb

### Encadré n° 5 : Législation sur le Superfund

La législation visant la limitation des sites de déchets contaminés a été adoptée aux États-Unis à la suite d'une série de catastrophes environnementales et de santé publique<sup>199</sup>. Le principal élément déclencheur est survenu à Love Canal (Comté de Niagara, NY, É.-U.), un canal désaffecté entre le lac Érié et le lac Ontario dans lequel la Hooker Chemical Company a déversé des déchets toxiques des années 1940 à la fin des années 1960. Une fois plein, le canal a été recouvert d'une couche d'argile et des maisons et une école y ont été construites. Les déchets ne sont toutefois pas demeurés dans le sol. Le canal s'est rempli d'eau et, en 1976, les fortes pluies faisaient régulièrement surgir une boue toxique dans les sous-sols des maisons et dans les cours d'eau voisins. Au moment où Love Canal a fini par être reconnu comme un site de déchets dangereux, il s'y trouvait environ 21 000 tonnes de produits chimiques jetés aux rebus. Quelques années plus tard, un deuxième site important de déchets a été découvert près de Louisville, au Kentucky. Connu sous le nom de Valley of the Drums, le site contenait des milliers de barils en acier remplis de déchets chimiques qui s'étaient accumulés pendant plusieurs décennies.

Ces événements ont clairement montré aux décideurs et au public que les déchets dangereux constituaient une urgence à la fois pour l'environnement et la santé publique. En réaction, le Congrès américain a adopté le 11 décembre 1980 la *Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act*. La loi a été surnommée *Superfund Act* parce qu'elle portait création d'un fonds important qui, de 1980 à 1995, a été alimenté par une taxe imposée aux industries de fabrication de produits chimiques et l'industrie pétrolière, les deux grands producteurs de déchets chimiques toxiques. Un grand nombre des autres sites de déchets dangereux découverts par la suite étaient le fait de pollueurs qui avaient cessé d'exister. Le gouvernement américain a fondé cette taxe sur le principe du pollueur payeur et a ainsi voulu fournir des ressources pour la remise en état des sites abandonnés. En 1995, le Congrès américain a autorisé l'élimination de la taxe pour les industries chimiques et pétrolières. Depuis, la remise en état des sites de déchets dangereux aux États-Unis est financée à même les recettes fiscales générales.

de petite envergure et non réglementées ou encore par l'activité artisanale<sup>191-193</sup>. Les sites peuvent être contaminés par l'activité industrielle et minière actuelle ou ils peuvent être abandonnés, contaminés par les activités antérieures<sup>194</sup>.

Les contaminants dans les sites pollués qui représentent les plus grandes menaces pour la santé sont les substances qui persistent dans l'environnement, par exemple les métaux, les polluants organiques persistants (y compris les pesticides persistants) et les radionucléides. Les métaux les plus souvent observés dans les sites pollués sont le mercure, le plomb, le chrome et le cadmium.

L'exposition des humains au sol contaminé à des sites toxiques peut venir de l'ingestion, de l'inhalation ou de l'absorption cutanée<sup>195</sup>. L'ingestion est la voie la plus courante. Les enfants sont les plus menacés parce qu'ils jouent à proximité du sol et qu'ils explorent souvent leur environnement en portant toutes sortes de choses à leur bouche<sup>196-198</sup>.

Des progrès considérables ont été faits dans les pays à revenu élevé pour identifier les sites industriels contaminés et les remettre en état, réduisant ainsi les expositions et les maladies qui en découlent. Aux États-Unis, le gouvernement fédéral et les gouvernements des États financent depuis 1980<sup>199,200</sup> le Superfund (encadré n° 5)<sup>199</sup>, un programme national de remise en état des sites. Des programmes analogues ont été adoptés en Europe et depuis 2004, ils ont été regroupés sous la Directive sur la responsabilité environnementale de la Commission européenne qui établit un cadre de prévention des dommages et de remise en état des sites dangereux, selon le principe du pollueur payeur<sup>201</sup>.

### Charge de morbidité attribuable à la pollution du sol de sites toxiques par des métaux et des produits chimiques

En nous fondant sur les données du programme d'identification des sites toxiques du Blacksmith Institute/Pure Earth, nous estimons qu'environ 61 millions de personnes vivant dans 49 pays qui ont fait l'objet d'enquêtes à ce jour sont exposées à des métaux lourds et à des produits chimiques toxiques dans des sites contaminés. Comme cette estimation reflète des expositions à une fraction seulement du nombre total des sites contaminés dans le monde, il faut d'autres enquêtes avant de pouvoir évaluer l'ampleur véritable des expositions dans ces sites et leur contribution à la charge mondiale de morbidité<sup>202</sup>.

Les sites de recyclage des batteries plomb-acide et les sites d'extraction aurifère artisanaux et de petite envergure sont deux types de sites contaminés qui font maintenant l'objet d'études détaillées. (tableau 2)<sup>112,113,203</sup>. On a observé l'empoisonnement au plomb découlant du recyclage non officiel des batteries dans les pays à revenu faible de toutes les régions du monde<sup>187,204-206</sup>. L'extraction aurifère artisanale et de petite envergure s'effectue partout dans le monde, mais elle est surtout concentrée en Afrique<sup>207</sup>. Les méthodes utilisées dans ces analyses sont détaillées à l'annexe (p. 17-18).

Selon nos estimations, entre 6 et 16 millions de personnes sont exposées annuellement à des concentrations dangereuses de plomb dans des sites de recyclage des batteries

	Extraction aurifère artisanale de petite envergure		Batteries plomb-acide usagées		AVAI médianes totales (étendue)
	Population exposée	AVAI médianes	Population exposée	AVAI médianes	
Afrique	10,90	1,91	4,11	0,32	2,23 (0,97-3,49)
Méditerranée orientale	0,30	0,05	1,54	0,10	0,15 (0,04-0,27)
Europe	2,35	0,43	1,45	0,07	0,19 (0,09-0,28)
Amériques	0,37	0,07	5,53	0,22	0,50 (0,24-0,76)
Asie du Sud-Est	0,37	0,07	3,73	0,13	0,29 (0,08-0,50)
Pacifique occidental	0,19	0,35	3,73	0,13	0,48 (0,20-0,76)
Total	16,70	2,96	16,80	0,87	3,83 (1,61-6,06)

AVAI = années de vie ajustées en fonction de l'incapacité

Tableau 2 : Estimation des populations exposées (millions) et AVAI attribuables à l'extraction aurifère artisanale et de petite envergure et au recyclage des batteries plomb-acide usagées par région, 2016<sup>112,113,203</sup>

pendant l'enfance a engendré annuellement des retards mentaux de légers à modérés chez 0,6 million d'enfants<sup>190</sup>.

### Pollution dans des sites contaminés

Le sol pollué aux sites contaminés menace l'environnement et la santé humaine dans les collectivités partout dans le monde. Les sites les plus contaminés sont relativement de petite taille, mais le nombre combiné de personnes touchées à l'échelle mondiale par les centaines de milliers de sites connus est considérable<sup>191</sup>. Les sites pollués sont le plus souvent contaminés par des entreprises locales non officielles,

plomb-acide usagées<sup>185,203</sup>. Ces expositions entraînent une perte annuelle d'environ 0,87 million d'AVAI<sup>203</sup>. Nous estimons également qu'entre 14 et 19 millions de mineurs qui travaillent dans des exploitations aurifères artisanales et de petite envergure risquent d'être exposés au mercure élémentaire<sup>112</sup>. Ces expositions au mercure élémentaire font prendre annuellement 2,9 millions d'AVAI environ en raison de l'empoisonnement qui s'ensuit<sup>112</sup>.

### Polluants professionnels

On reconnaît que l'exposition à des produits professionnels toxiques nuit à la santé depuis 200 ans avant Jésus-Christ<sup>164</sup>: on connaissait déjà un bon nombre des maladies causées par les expositions en milieu professionnel au XVIII<sup>e</sup> siècle<sup>208,209</sup>. Les grandes épidémies de maladies industrielles qui ont ravagé la santé des travailleurs au XIX<sup>e</sup> et au XX<sup>e</sup> siècle sont toutefois d'origine assez récente. Ces maladies comprennent la pneumoconiose des mineurs<sup>210</sup>, la silicose<sup>164</sup>, le cancer de la vessie chez les ouvriers de l'industrie des colorants<sup>211</sup>, la leucémie et les lymphomes chez les travailleurs exposés au benzène<sup>212</sup> et l'amiantose, le cancer du poumon, le mésothéliome et d'autres tumeurs malignes des travailleurs exposés à l'amiante<sup>213</sup>. Ces maladies peuvent être liées à l'industrialisation rapide, en grande partie incontrôlée dans ses débuts, et à l'exploitation irresponsable des ressources naturelles qui a caractérisé la révolution industrielle en Europe occidentale, en Amérique du Nord, au Japon et en Australie.

Dans les pays à revenu élevé, des lois et des règlements ont maintenant mis fin aux expositions les plus graves en milieu professionnel et de solides mesures d'application de la loi ont été mises en œuvre de sorte que les taux de maladies d'origine professionnelle ont diminué<sup>164,214</sup>. Des progrès considérables ont été faits pour limiter les expositions à des agents cancérigènes en milieu professionnel. Le Centre international de recherche sur le cancer de l'OMS a été au cœur de cette réussite parce qu'il a produit des analyses indépendantes et objectives de la cancérigénicité de centaines de produits chimiques. Ces analyses ont orienté les programmes de lutte contre le cancer dans des pays partout dans le monde.

En revanche, les expositions à des polluants toxiques au travail sont devenues très fréquentes au cours des 50 dernières années dans les pays à revenu faible et intermédiaire<sup>42</sup>. Les pires expositions tendent à survenir dans des établissements officiels de petite envergure de propriété locale où le travail des enfants est également un problème récurrent<sup>176</sup>.

### Charge de morbidité attribuable aux polluants professionnels toxiques

Les polluants professionnels causent une gamme variée de maladies<sup>164,215-217</sup>. L'Étude sur la CMM<sup>42</sup> considère la charge de morbidité attribuable à deux types de polluants

professionnels. Il s'agit des agents cancérigènes d'origine professionnelle – l'amiante, les hydrocarbures aromatiques polycycliques, la silice, l'acide sulfurique, le trichloroéthylène, l'arsenic, le benzène, le béryllium, le cadmium, le chrome, les gaz d'échappement diesels, la fumée secondaire, le formaldéhyde et le nickel – de même que toutes les poussières, gaz et vapeurs qui se retrouvent dans les milieux de travail.

Selon l'Étude sur la CMM<sup>42</sup>, les facteurs de risque toxiques en milieu professionnel (à l'exclusion des accidents de travail ou de facteurs ergonomiques) ont entraîné en 2015, 0,88 million de décès à l'échelle mondiale et 18,6 millions d'AVAI. Les agents cancérigènes ont causé 0,49 million (55 %) des décès en raison des expositions à des substances toxiques au travail et 9,8 millions d'AVAI. L'amiante a causé près de 40 % (0,18 million) de tous les décès attribuables à des agents cancérigènes d'origine professionnelle. Les expositions à la poussière, aux gaz et aux vapeurs au travail ont causé environ 0,36 million de décès et 8,8 millions d'AVAI.

Selon les données de l'OMS, les polluants professionnels ont causé 0,36 million de décès en 2012<sup>110</sup>. Les agents cancérigènes respiratoires d'origine professionnelle (arsenic, amiante, béryllium, cadmium, chrome, gaz d'échappement diesels, nickel, silice) ont causé 0,1 million de ces décès ; les agents leucémogènes d'origine professionnelle (benzène, oxyde d'éthylène, rayonnement ionisant) de 3 000 décès ; les poussières, particules, vapeurs et gaz d'origine professionnelle, 0,23 million de décès ; et les empoisonnements aigus d'origine professionnelle, 27 000 décès. Selon les estimations de l'OMS, les expositions en milieu professionnel ont causé 13,6 millions d'AVAI<sup>109</sup> en 2012.

### Distribution selon l'âge des décès liés à des polluants professionnels toxiques

La plupart des décès attribuables à des polluants professionnels et, en particulier, aux agents cancérigènes d'origine professionnelle touchent les personnes de 50 ans et plus (figure 13)<sup>42</sup>. Ce modèle reflète la longue latence de la plupart des cancers professionnels<sup>213</sup>.

### Sources de pollution qui n'ont pas encore été quantifiées

Plusieurs centaines de nouveaux produits chimiques synthétiques se retrouvent sur les marchés mondiaux depuis les dernières décennies, sont devenus d'utilisant courante et l'on commence maintenant à reconnaître qu'ils peuvent nuire à la santé. Ils ont été considérablement disséminés dans l'environnement, ils sont détectables dans des organismes de la plupart des gens examinés dans des enquêtes nationales et ils peuvent causer des épidémies mondiales de maladie, d'incapacité et de décès. La plupart des produits chimiques ont été peu ou pas évalués quant à leur innocuité ou leurs dangers potentiels pour la santé humaine.

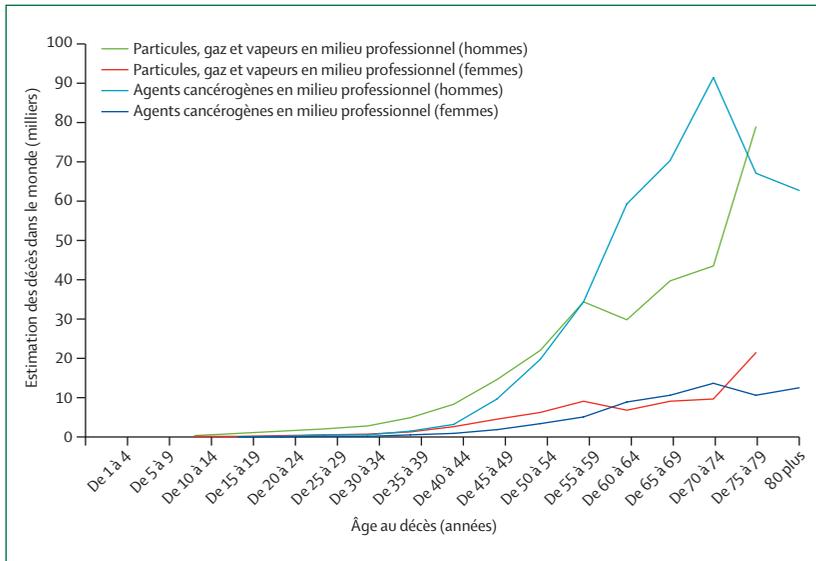


Figure 13 : Estimations des décès dans le monde en raison des expositions à des agents cancérigènes et à des particules en milieu professionnel, par âge au décès et sexe, 2015  
Étude sur la CMM, 2016<sup>42</sup>

Comme on commence seulement à reconnaître les effets de ces nouveaux produits chimiques sur la santé humaine et qu'on n'a pas encore quantifié leur contribution à la charge mondiale de morbidité, ils figurent actuellement dans la zone 3 du pollutome (figure 3). Ces nouveaux produits chimiques polluants sont décrits ci-dessous.

#### Substances neurotoxiques affectant le développement

Il existe des preuves solides que les produits chimiques et les pesticides largement utilisés ont causé des lésions au cerveau de millions d'enfants et engendré une pandémie mondiale de toxicité affectant le développement neurologique<sup>37,88</sup>. Les manifestations de l'exposition à ces produits chimiques au cours de la petite enfance comprennent la perte de fonctions cognitives, le raccourcissement de la capacité d'attention, l'altération des fonctions exécutives, les troubles de comportement, une prévalence accrue du trouble de déficit de l'attention et d'hyperactivité, des difficultés d'apprentissage, la dyslexie et l'autisme<sup>37</sup>.

Des études épidémiologiques prospectives de cohortes à la naissance ont été un instrument puissant pour déceler les associations entre les expositions prénatales aux substances toxiques pour le développement neurologique et les maladies<sup>218</sup>. Voici des exemples de maladies infantiles liées à la pollution observées grâce à des études prospectives : déficience cognitive, diminution du QI chez les enfants exposés avant leur naissance aux BPC<sup>219</sup>, diminution du QI et raccourcissement de la capacité d'attention chez les enfants exposés avant leur naissance au méthylmercure<sup>37</sup>, la microcéphalie à la naissance, les retards anatomiques et fonctionnels du développement du cerveau et des

comportements autistes chez des enfants exposés avant la naissance à des pesticides organophosphorés, aux chlorpyrifos<sup>220,221</sup>, des comportements autistes chez les enfants exposés avant la naissance aux phthalates<sup>89</sup>, une déficience cognitive, un raccourcissement de la capacité d'attention et des comportements perturbateurs chez les enfants exposés avant la naissance aux produits ignifuges à base de brome<sup>177</sup>, de même que des retards du développement neurologique chez les enfants exposés avant la naissance à des hydrocarbures aromatiques polycycliques<sup>32,175</sup>.

On ne connaît pas encore la réponse à une question importante, à savoir s'il existe d'autres produits chimiques utilisés aujourd'hui dont on ne connaît pas encore la capacité de causer des lésions invisibles au cerveau humain en développement<sup>8,222,223</sup>.

#### Perturbateurs endocriniens

Les perturbateurs endocriniens sont des polluants chimiques qui reproduisent, bloquent ou modifient l'action d'hormones normales<sup>78,90-92</sup>. Ils comprennent les phthalates, le bisphénol A, le perchlorate, plusieurs pesticides dont les orthophosphates, les produits ignifuges à base de brome et les dioxines. De nombreux perturbateurs endocriniens sont également des substances toxiques pour le développement neurologique. Ils sont fabriqués en millions de kilos par année et largement utilisés dans les produits de consommation tels que les savons, les shampooings, les parfums, les plastiques et les contenants alimentaires. Les expositions dans l'utérus à des doses même extrêmement faibles de produits chimiques qui perturbent le système endocrinien aux premiers stades du développement peuvent mener à des déficiences permanentes des fonctions d'organes et à un risque accru de maladies. Les expositions prénatales ont été liées à des comportements autistes chez les enfants<sup>224</sup> et à des anomalies des organes reproducteurs chez les petits garçons<sup>225</sup>.

#### Pesticides

Plus de 20 000 pesticides commerciaux dont des insecticides, des herbicides, des fongicides et des rodenticides sont vendus sur les marchés mondiaux. Plus de 1,1 milliard de livres de ces produits sont utilisés aux États-Unis annuellement et quelque 5,2 milliards de livres le sont à l'échelle mondiale<sup>226</sup>. Certaines des applications les plus lourdes se retrouvent dans les pays à revenu faible et intermédiaire où les données sur l'utilisation et les expositions sont rares. L'expérience relativement à ces trois catégories de pesticides – les insecticides organophosphatés, les insecticides néonicotinoïdes et les herbicides à base de glyphosate – illustrent les problèmes que posent les pesticides nouveaux et insuffisamment mis à l'essai.

Les insecticides organophosphatés sont une grande catégorie de pesticides largement utilisés. Les produits chimiques de cette catégorie sont des substances neurotoxiques puissantes affectant le développement et

Pour consulter les monographies du CIRC sur l'évaluation des risques de cancer chez les humains, voir <http://monographs.iarc.fr/>

les expositions avant la naissance sont associées à des effets délétères persistants sur les fonctions cognitives et les comportements des enfants, de même qu'à des changements à long terme et potentiellement irréversibles de la structure du cerveau, visibles dans les IRM<sup>220</sup>. Les études toxicologiques de rongeurs exposés pendant la période périnatale à des produits organophosphatés produisent des résultats analogues<sup>227</sup>.

Les néonicotinoïdes sont une nouvelle catégorie de pesticides neurotoxiques, mis au point dans les années 1980 et dont l'utilisation a considérablement augmenté au cours de la dernière décennie. Le néonicotinoïde imidaclopride est maintenant l'insecticide le plus largement utilisé dans le monde<sup>228</sup>. Aux États-Unis, l'utilisation des néonicotinoïdes en agriculture représentait près de quatre millions de kilos en 2014<sup>229</sup>.

Les néonicotinoïdes ciblent les récepteurs nicotiques neuronaux du système nerveux des insectes<sup>230</sup>. Ils sont solubles à l'eau et peuvent persister pendant des années dans le sol, la poussière, les milieux humides et les eaux souterraines. On en détecte aussi dans les aliments de consommation courante. Il existe des preuves considérables que les néonicotinoïdes peuvent avoir des effets néfastes sur le comportement et la santé des abeilles et d'autres insectes pollinisateurs dans des concentrations pertinentes sur le plan environnemental<sup>231,232</sup>. Ces produits chimiques sont une cause soupçonnée de l'effondrement des colonies d'abeilles. Malgré leur utilisation répandue et leur neurotoxicité connue pour les insectes, on dispose de très peu d'information sur leurs effets possibles sur la santé humaine<sup>228</sup>.

Les herbicides chimiques représentent près de 40 % de l'utilisation mondiale de pesticides et les applications sont en hausse<sup>226</sup>. Les herbicides sont principalement utilisés dans la production de cultures alimentaires génétiquement modifiées, conçues pour résister au glyphosate (Roundup), l'herbicide le plus largement utilisé dans le monde. Les cultures résistantes au glyphosate, appelées « Roundup Ready », représentent maintenant plus de 90 % de tout le maïs et tout le soja plantés aux États-Unis et leur utilisation est en progression partout dans le monde. Le glyphosate est largement détecté dans l'eau et l'air dans les régions agricoles et les résidus se retrouvent dans des aliments de consommation courante.

Des études épidémiologiques des travailleurs agricoles exposés à leur travail au glyphosate et à d'autres herbicides ont trouvé des preuves d'une occurrence accrue de lymphomes non hodgkiniens chez ces personnes. Les études toxicologiques d'animaux de laboratoire exposés au glyphosate donnent de fortes indications de cancérogénicité liée à la dose à plusieurs endroits anatomiques, dont un carcinome du tube rénal et un hémangiosarcome. Compte tenu de ces résultats, le Centre international de recherche sur le cancer a déterminé que le glyphosate est un « agent cancérogène humain probable<sup>233</sup> », ce que le fabricant du glyphosate conteste.

Des milliers de tonnes de déchets pharmaceutiques sont déversées dans l'environnement tous les ans, en particulier dans les pays à revenu élevé et intermédiaire, et des concentrations mesurables de plusieurs produits pharmaceutiques sont détectées dans les eaux résiduelles urbaines<sup>95,96</sup>.

Les sources de pollution causée par les déchets pharmaceutiques comprennent les évacuations des usines de fabrication des produits pharmaceutiques, des hôpitaux, de l'agriculture et de l'aquaculture. Les agents anti-inflammatoires, les antibiotiques, les œstrogènes, les antiépileptiques, la caféine et les agents de la chimiothérapie anticancéreuse font partie des composés les plus souvent détectés. À certains endroits, les concentrations du médicament anti-inflammatoire diclofénac dépassaient les seuils prévus sans effet<sup>234,235</sup>. On craint que ces composés puissent nuire aux espèces marines en eau douce et en eau salée en raison d'une gamme de mécanismes toxicologiques, dont la perturbation du système endocrinien.

L'annexe renferme un complément d'information sur ces nouveaux polluants chimiques (p. 2–11).

### Recommandations de recherche

Pour mieux connaître la pollution et ses effets sur la santé humaine, la Commission recommande de mener des recherches aux fins suivantes : 1) définir et quantifier la charge des maladies du développement neurologique chez les enfants et la charge des maladies neurodégénératives chez les adultes attribuables à la pollution atmosphérique des PM<sup>2.5</sup> (zone 2 du pollutome) ; 2) définir et quantifier la charge du diabète attribuable à la pollution atmosphérique des PM<sub>2.5</sub> (zone 2 du pollutome) ; 3) définir et quantifier la charge des naissances prématurées et du faible poids à la naissance attribuables à la pollution atmosphérique des PM<sub>2.5</sub> (zone 2 du pollutome) ; 4) mieux quantifier la charge de morbidité causée par les polluants chimiques de toxicité connue dans des sites contaminés, par exemple le plomb, le mercure, le chrome, l'arsenic, l'amiante et le benzène (zone 2 du pollutome) ; et 5) découvrir et quantifier les effets sur la santé des nouveaux polluants chimiques, par exemple les substances toxiques pour le développement neurologique, les perturbateurs endocriniens, les nouvelles catégories d'insecticides, les herbicides chimiques et les déchets pharmaceutiques (zone 3 du pollutome).

## Section 2 : Les coûts économiques de la pollution et des maladies qui y sont liées

Les décès prématurés et les maladies attribuables à la pollution pèsent lourd sur les budgets nationaux et les dépenses en santé, surtout dans les pays à revenu faible et intermédiaire qui connaissent une industrialisation rapide. Les maladies causées et aggravées par la pollution entraînent nécessairement des dépenses en soins médicaux, sans compter la douleur et la souffrance qu'elles occasionnent. Ces maladies peuvent réduire la participation au marché

du travail, la productivité des travailleurs et la production économique. Chez les enfants, elles peuvent augmenter les risques d'échec scolaire et ainsi perpétuer le cycle de pauvreté intergénérationnelle. En effet, l'exposition en bas âge à des polluants neurotoxiques tels le plomb et le mercure peut causer des déficits cognitifs, altérer la capacité de concentration et perturber les comportements, réduisant ainsi les gains accumulés tout au long de la vie professionnelle. Les coûts associés aux maladies et aux décès prématurés causés par la pollution, notamment les formes de pollution plus modernes, augmentent rapidement<sup>236</sup>.

On a souvent tendance à négliger ou à sous-estimer les coûts des maladies liées à la pollution parce qu'ils sont associés à des maladies non transmissibles caractérisées par une période de latence qui s'étend sur de nombreuses années, réparties dans de vastes populations et ignorées par les indicateurs économiques habituels<sup>7-9,237</sup>. Ces coûts sont beaucoup plus difficiles à comptabiliser que les coûts de la lutte antipollution, qui se mesurent de façon tangible, concrète<sup>238</sup>. Même si les coûts des maladies liées à la pollution peuvent considérablement influencer le budget des ministères de la Santé et se traduire par des dépenses accrues en santé, en général, ils sont enfouis dans les dépenses globales en soins de santé, ils sont dissimulés dans des rapports sur la productivité, sans répercussion sur le budget des ministères de l'Environnement et ils ne sont pas attribués à la pollution<sup>9</sup>.

Les coûts des maladies liées aux pollutions englobent :

- 1) les dépenses médicales directes, ce qui comprend le coût des hôpitaux, des médecins et des médicaments, de même que le coût des soins de réadaptation et à domicile de longue durée et des services non cliniques, comme les services administratifs, les services de soutien et l'assurance maladie ;
- 2) les dépenses indirectes liées à la santé, notamment le temps d'absence de l'école ou du travail, les coûts de l'éducation spécialisée et le coût des investissements dans le système de santé (infrastructure, recherche et développement, formation médicale) ;
- 3) les pertes de productivité économique chez les personnes ayant subi des dommages permanents au cerveau, aux poumons ou à un autre organe en raison de la pollution ;
- 4) les pertes de production résultant des décès prématurés.

Les maladies liées à la pollution imposent également des coûts intangibles, notamment l'atteinte à la santé des personnes atteintes d'une maladie causée par la pollution et la perte de stabilité familiale qui survient lorsqu'une personne dans la force de l'âge est frappée d'incapacité ou meurt prématurément sous l'effet de la pollution, sans compter la perte d'années de vie pour la personne touchée.

Au début des années 1980, un comité d'experts mis sur pied par l'Institute of Medicine a élaboré une méthode d'évaluation des coûts tangibles des maladies liées à la pollution. Cette méthode consiste à calculer la « contribution fractionnelle » de la pollution dans l'apparition d'une maladie donnée<sup>41</sup>. Cette fraction attribuable à l'environnement

se définit comme le pourcentage selon lequel une maladie d'une catégorie donnée pourrait se résorber si la pollution était réduite aux plus bas niveaux possible<sup>240</sup>. On multiplie ensuite cette valeur par le nombre de cas de maladies liées à la pollution dans une population donnée et le coût moyen par cas afin d'obtenir le coût global.

Le coût d'un seul cas de maladie est souvent mesuré en fonction des dépenses médicales engagées lorsqu'une personne est malade (coût direct de la maladie) et de la perte de productivité découlant d'un décès prématuré ou d'une incapacité (coût indirect de la maladie)<sup>241</sup>. On a employé cette méthode pour estimer le coût des maladies liées à la pollution chez les enfants<sup>242-244</sup> et des maladies contractées par les travailleurs au travail<sup>264</sup>, ce qui a permis de quantifier les effets des maladies liées à la pollution sur le PIB et de calculer les coûts habituellement externalisés dont ne tiennent pas compte les méthodes courantes de comptabilisation et qui restaient auparavant dissimulés<sup>7</sup>. L'information obtenue par cette méthode de comptabilité analytique s'est révélée un levier important dans l'orientation des politiques publiques, et fait efficacement contrepoids aux arguments partiels fondés uniquement sur les coûts de la lutte antipollution et invoqués pour éviter ou reporter les mesures antipollution<sup>7,9</sup>.

La méthode de calcul des coûts des maladies liées à la pollution s'applique assez bien aux pays qui misent sur un système solide de données de santé publique et de l'information tout aussi solide sur les coûts des maladies. En revanche, elle convient moins aux pays qui ne disposent pas des mêmes ressources. L'Étude sur la CMM et les estimations de l'OMS de la charge de morbidité attribuable à la pollution sont principalement fondées sur des données concernant les décès prématurés et ne reflètent pas adéquatement la charge complète des maladies attribuables à la pollution, car dans bien des pays, on ne peut tout simplement pas recueillir de données sur la morbidité liée à la pollution. On constate, dans les pays où l'on dispose de données sur le lien entre la morbidité et les coûts des maladies, que ces coûts sont souvent considérables. Les études à cet égard donnent à penser que le coût des maladies liées à la pollution pourrait accroître le coût de la mortalité de 10 à 70 %<sup>236, 246, 247</sup>. Certaines études portant sur un pays en particulier font état d'une augmentation encore plus marquée : 25 % en Colombie<sup>247</sup>, de 22 à 78 % en Chine<sup>248</sup> et 78 % au Nicaragua<sup>249</sup>.

La méthode de calcul du coût de la maladie présente une autre lacune qui empêche de bien évaluer les coûts en santé qu'entraîne la pollution : on ne peut jamais tenir compte des pertes intangibles causées par les maladies liées à la pollution, même lorsqu'on dispose de données exhaustives. On ne saurait, par exemple, mesurer tous les bouleversements de la vie familiale qui surviennent après la mort d'une mère ou d'un père ni quantifier la peine ressentie après la mort de son enfant. Ce sont là des pertes complètement différentes, sur le plan qualitatif, des pertes de revenus ou de biens produits, par exemple<sup>14</sup>. De

même, une méthode fondée uniquement sur l'incidence de la pollution sur le PIB ne peut entièrement décrire les conséquences néfastes de la pollution sur la santé de la société, la perte de visibilité dans les parcs nationaux ou de services écosystémiques, ni les avantages des mesures antipollution pour le bien-être à l'échelle nationale<sup>72</sup>.

Pour combler ces lacunes, des économistes ont élaboré une deuxième méthode d'évaluation du coût des maladies, fondée sur le principe dit « de la volonté de payer ». Cette méthode consiste à évaluer combien les gens sont prêts à payer pour réduire le risque de mourir prématurément<sup>250-252</sup>. Elle tient compte des préférences des gens lorsqu'il est question d'éviter les hausses du risque de mortalité au moyen d'une analyse de leur comportement dans des situations risquées (préférences révélées) ou des situations hypothétiques dans lesquelles ils doivent faire un choix qui entraînerait un changement dans leur risque de mortalité (préférences exprimées).

Pour regrouper les données des études fondées sur la volonté de payer, des économistes ont élaboré le concept de valeur d'une vie statistique (VVS), défini comme la somme des montants que bien des gens seraient prêts à déboursier pour réduire légèrement leur risque de mourir dans la prochaine année et qui équivaldrait à une vie sauvée. Si, par exemple, 10 000 personnes étaient prêtes à payer 100 \$ au cours de la prochaine année pour réduire leur risque de mortalité de 1 sur 10 000, la VVS s'établirait à 1 000 000 \$ (100 \$ x 10 000) et on pourrait dire qu'une vie statistique serait sauvée.

En multipliant le nombre de décès causés par la pollution par la VVS, on peut estimer les coûts sanitaires de la pollution. En multipliant le nombre de vies que les mesures antipollution permettraient de sauver par la VVS, on obtient une estimation des bénéfices de la lutte antipollution.

Bien que la méthode fondée sur la VVS ait le défaut de s'appuyer sur le montant que les gens se disent prêts à déboursier pour réduire leur risque de mortalité, elle vient combler de nombreuses lacunes, par exemple, en élargissant les estimations fondées uniquement sur les pertes de productivité et les répercussions sur le PIB. Les gouvernements de pays à revenu élevé ont utilisé cette méthode, de même que la Colombie, la Malaisie, le Mexique, le Pérou et d'autres pour évaluer les bénéfices d'une réduction de la pollution<sup>246</sup>.

### Méthodologie

La Commission emploie les deux méthodes décrites dans la présente analyse. Les pertes économiques causées par les maladies liées à la pollution sont donc mesurées en fonction des pertes de productivité et des coûts en soins de santé, et le coût des maladies liées à la pollution est aussi présenté en fonction d'estimations issues d'études fondées sur le principe de la volonté de payer. Les coûts associés à la pollution atmosphérique, à la pollution de l'eau et à la pollution par le plomb sont compris dans

l'analyse, contrairement aux coûts associés à la pollution du sol, qu'on ne connaît pas encore. Pour calculer la VVS dans les pays où aucune étude initiale n'avait été menée, la Commission s'est fondée sur les estimations d'autres pays, en tenant compte des écarts de revenu<sup>246,253</sup>. Cette méthode est décrite en détail à l'annexe (p. 25-28).

Les avantages économiques de la lutte antipollution et de la prévention des maladies liées à la pollution équivalent aux coûts associés à ces maladies. Les pertes de productivité économique constituent un élément important du coût des maladies liées à la pollution. Lorsqu'une maladie de ce genre mène au décès d'enfants ou d'adultes en âge de travailler, la production économique qu'ils auraient générée est perdue à jamais. On mesure les pertes de productivité associées aux décès prématurés en calculant la valeur actualisée de la production qu'aurait générée une personne durant sa vie professionnelle.

Les maladies liées à la pollution réduisent également la productivité des personnes atteintes qui travaillent en dépit de la maladie. D'après les estimations d'Hanna et Oliva<sup>254</sup>, la fermeture d'une raffinerie très polluante à Mexico, au Mexique, a entraîné une hausse de 3,5 % du nombre d'heures de travail chez ceux qui vivaient à proximité. Zivin et Neidell<sup>255</sup> ont constaté qu'une réduction de 10 ppb de l'ozone au sol se traduisait par une augmentation de la productivité des travailleurs agricoles en Californie de 5,5 %. Selon Chang et des collaborateurs<sup>256</sup>, chaque hausse de 10 µg/m<sup>3</sup> des taux de PM<sub>2,5</sub> à l'extérieur abaissait la productivité des travailleurs d'usine de 6 %. La pollution de l'eau s'est également révélée comme un facteur qui réduisait la productivité chez les adultes. On estime que 35 millions de personnes au Bangladesh sont exposées à des concentrations d'arsenic dans les eaux souterraines qui dépassent 50 µg/L, et que 57 millions de personnes sont exposées à des taux supérieurs à la norme de l'OMS, établie à 10 µg/L. Carson et des collaborateurs<sup>257</sup>, les auteurs de cette étude sur l'arsenic, considèrent qu'en ramenant les concentrations d'arsenic à la norme de l'OMS, on augmenterait de 6,5 % le nombre annuel d'heures de travail des ménages moyens compris dans l'échantillon.

Pour mesurer la perte de production, l'une des méthodes consiste à calculer l'incidence de cette perte sur l'apport d'un travailleur au PIB. Le tableau 3 indique les baisses de PIB attribuables aux décès liés à la pollution en pourcentage du PIB du pays. Les pertes sont présentées selon la catégorie de revenu de la Banque mondiale et le type de pollution (exposition au plomb, pollution de l'air ambiant, pollution de l'air domestique, eau insalubre, conditions sanitaires insuffisantes). Comme l'ampleur des pertes de productivité varie selon le taux d'actualisation, la Commission a décidé de présenter les résultats selon deux taux différents (1,5 % et 3 %). Pour voir les données à l'échelle des pays, veuillez consulter l'annexe (p. 43-47).

Les pertes de productivité causées par les maladies liées à la pollution sont disproportionnées dans les pays à revenu faible et fortement pollués, car c'est dans ces pays que les

	Pollution de l'air ambiant et pollution de l'air domestique	Eau insalubre et conditions sanitaires insuffisantes	Exposition au plomb	Total
Revenu élevé	0,044 % (0,048 %)	0,0028 % (0,0033 %)	0,0027 % (0,0029 %)	0,050 % (0,054 %)
Revenu intermédiaire supérieur	0,13 % (0,15 %)	0,019 % (0,027 %)	0,0054 % (0,0059 %)	0,15 % (0,18 %)
Revenu intermédiaire inférieur	0,32 % (0,40 %)	0,28 % (0,40 %)	0,012 % (0,013 %)	0,61 % (0,82 %)
Revenu faible	0,62 % (0,86 %)	0,70 % (1,03 %)	0,012 % (0,013 %)	1,33 % (1,90 %)
Monde	0,092 % (0,11 %)	0,033 % (0,047 %)	0,0042 % (0,0046 %)	0,13 % (0,16 %)

Les résultats qui ne sont pas entre parenthèses correspondent à une actualisation de la production future au taux de croissance du PIB par habitant plus 3 %. Les résultats entre parenthèses correspondent à une actualisation de la production future au taux de croissance du PIB par habitant plus 1,5 %. Les calculs sont présentés à l'annexe (p. 25-26). \*On suppose qu'il n'y a aucun lavage des mains au savon.

**Tableau 3 : Pertes de productivité en pourcentage du PIB, selon le type de pollution et la catégorie de revenu du pays d'après la Banque mondiale**

taux de maladies de ce type sont les plus élevés. Ces pertes se situent entre 1,3 et 1,9 % du PIB dans les pays à revenu faible, alors qu'elles varient de 0,6 à 0,8 % du PIB dans les pays à revenu intermédiaire inférieur. Dans les pays à revenu faible, les pertes de productivité les plus marquées causées par les maladies liées à la pollution résultent d'un manque d'accès à de l'eau salubre et de conditions sanitaires insuffisantes, de même que de l'exposition à la pollution atmosphérique. La pollution de l'air domestique entraîne à elle seule des pertes qui représentent entre 0,49 et 0,68 % du PIB dans les pays à revenu faible.

Dans les pays à revenu intermédiaire supérieur ou à revenu élevé, la plupart des pertes économiques attribuables aux maladies liées à la pollution découlent de la pollution de l'air ambiant. Ces pertes représentent une fraction moins élevée du PIB que dans les pays à revenu faible ou à revenu intermédiaire inférieur où la pollution est plus importante et les taux de maladies liées à la pollution plus élevés. Un autre facteur vient réduire les coûts engendrés par ces maladies dans les pays à revenu élevé parce que plus de 82 % des décès causés par la pollution atmosphérique dans ces pays touchent les personnes de 65 ans et plus. Les coûts qui en résultent sont inférieurs parce que l'âge actif, selon la définition internationale, est de 15 à 64 ans. Les décès prématurés chez les 65 ans et plus ne sont donc pas comptabilisés pour ce qui est des pertes économiques. Dans les pays à revenu intermédiaire supérieur ou à revenu élevé, on estime que les pertes économiques occasionnées par les maladies liées à la pollution dépassaient 53 milliards de dollars en 2015.

Les coûts économiques additionnels associés à la combustion du charbon qui ne sont pas compris dans la présente analyse englobent les coûts liés aux maladies et aux décès prématurés chez les mineurs de charbon qui peuvent subir des blessures ou contracter une pneumoconiose ; les coûts liés au cancer du poumon chez les travailleurs des cokeries ; les coûts écologiques et communautaires de la destruction des sommets de montagne et de l'extraction minière à ciel ouvert ; la baisse de la valeur des propriétés

sises à proximité des mines et le long des emprises de chemin de fer ; la perte de ressources en bois d'œuvre ; la perte de cultures en raison de la contamination de l'eau<sup>9</sup>.

#### Analyses coûts-bénéfices

Les analyses coûts-bénéfices des améliorations de la salubrité de l'eau, des conditions sanitaires et des cuisinières doivent tenir compte non seulement des bienfaits de ces mesures sur le plan de la santé, mais également du temps que peuvent gagner les ménages s'ils n'ont plus à recueillir de l'eau ou du bois de chauffage, ainsi que des avantages qui découlent d'une meilleure santé chez les enfants, notamment sur le plan de la réussite scolaire.

Les bienfaits pour la santé associés à un projet d'amélioration de la qualité de l'eau (p. ex., désinfection de l'eau potable domestique) vont au-delà de la réduction du risque de mortalité et de la perte de productivité mesurées ici. Ils englobent également la baisse de la morbidité due à la diarrhée, surtout chez les enfants, et la réduction de la malnutrition qui s'en suit.

Deux études dans lesquelles sont regroupés les résultats de plusieurs écrits médicaux pour estimer les avantages à l'échelle mondiale de diverses mesures d'amélioration de la qualité de l'eau et des conditions sanitaires fournissent dans bien des cas des ratios coûts-bénéfices supérieurs à 1 pour ce qui est des bienfaits pour la santé et des gains de temps. À titre d'exemple, le ratio coûts-bénéfices associé au forage de puits profonds munis de pompes manuelles s'établissait en moyenne à 4,64, alors que le traitement de l'eau domestique à l'aide de filtres à sable biologiques donne un ratio coûts-bénéfices de 2,48<sup>258,259</sup>. D'après une analyse des coûts-bénéfices, l'amélioration de l'approvisionnement en eau, selon la définition de l'OMS, rapporte 2 \$ US pour chaque dollar investi.

Bien que personne, ou presque, ne conteste le fait que des mesures bien ciblées pour améliorer la qualité de l'eau et les conditions sanitaires ont un ratio coûts-bénéfices positif<sup>260-261</sup>, l'ampleur des bénéfices peut être mise en doute étant donné toute l'incertitude habituellement associée à

ce genre d'analyse<sup>262-263</sup>. Une analyse régiospécifique et un examen de l'étendue des rapports coûts-bénéfices probables peuvent utilement contribuer à l'élaboration de politiques et au processus décisionnel<sup>264</sup>.

Les polluants neurotoxiques peuvent réduire la productivité en altérant le développement cognitif des enfants. Les effets néfastes de l'exposition au plomb et à d'autres métaux (p. ex., le mercure et l'arsenic) sur les fonctions cognitives, mesurés en fonction de la perte de QI, sont bien documentés<sup>168</sup>. La perte des fonctions cognitives a une incidence directe sur la réussite scolaire et la participation au marché du travail, et une incidence indirecte sur les gains professionnels. Aux États-Unis, des millions d'enfants ont été exposés à des concentrations excessives de plomb en raison de l'utilisation généralisée d'essence au plomb des années 1920 jusqu'à 1980 environ. Lorsque l'utilisation de ce type d'essence a atteint son maximum dans les années 1970, la consommation de plomb tétraéthyle présente dans l'essence s'élevait à près de 100 000 tonnes par année.

On estime que la multiplication d'une ampleur épidémique des cas de saturnisme subclinique causés par cette exposition pourrait avoir abaissé de plus de 50 % le nombre d'enfants dotés d'une intelligence supérieure (QI de plus de 130) et, en parallèle, avoir augmenté de plus de 50 % le nombre d'enfants présentant un QI inférieur à 70 (figure 14)<sup>265</sup>. Les enfants dont les fonctions cognitives étaient réduites en raison de l'exposition au plomb ont obtenu de piètres résultats scolaires, ont eu besoin d'une éducation spécialisée et d'autres programmes de rattrapage et n'ont pas pu contribuer pleinement à la société une fois à l'âge adulte.

Grosse et ses collaborateurs<sup>46</sup> ont constaté que chaque point de QI perdu sous l'effet des polluants neurotoxiques se traduisait par une baisse de 1,76 % des revenus moyens gagnés tout au long de la vie professionnelle. Salkever et des collaborateurs<sup>266</sup> ont approfondi cette analyse pour inclure les effets des pertes de points de QI sur la scolarité. Ils ont observé qu'une baisse d'un point de pourcentage du QI entraînait une baisse de 2,38 % des revenus moyens gagnés tout au long de la vie professionnelle. Des études menées dans les années 2000, fondées sur des données recueillies aux États-Unis<sup>267-268</sup>, appuient les constatations antérieures, mais proposent une incidence sur les revenus de 1,1 % par point de QI<sup>269</sup>. Si l'on se fie au lien établi entre l'exposition au plomb et la baisse du QI<sup>46,168</sup>, aux États-Unis, une augmentation de la plombémie de 1 µg/dL viendrait réduire d'environ 0,5 % les revenus moyens gagnés tout au long de la vie professionnelle. Une étude menée en 2015 au Chili<sup>270</sup>, dans le cadre de laquelle les chercheurs ont suivi des enfants exposés au plomb dans des sites contaminés donne à penser que les conséquences sont beaucoup plus grandes. Selon l'analyse de Muennig<sup>271</sup> réalisée en 2016, les pertes économiques découlant de l'exposition au plomb en bas âge ne comprendraient pas seulement les coûts associés aux déficits cognitifs, mais

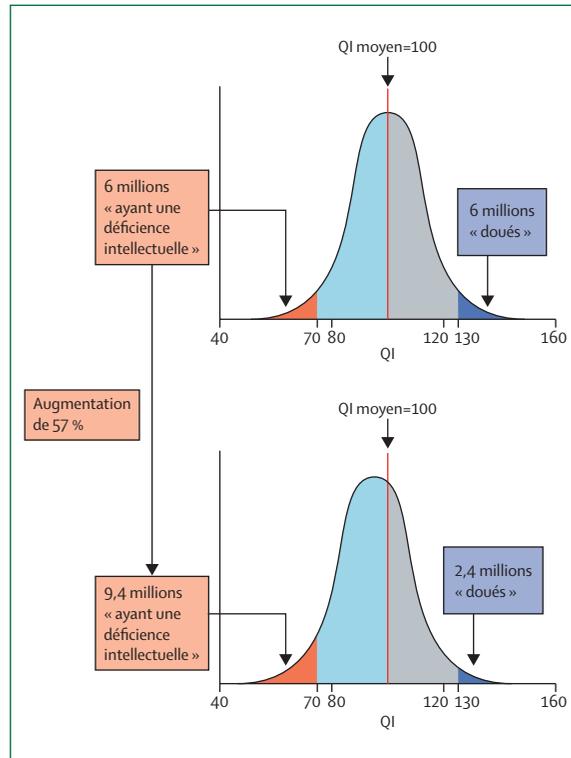


Figure 14 : Modélisation des pertes d'intelligence associées à une baisse moyenne de 5 points de QI dans une population de 100 millions d'habitants. Figure tirée du renvoi n° 265, avec l'autorisation des auteurs.

également les coûts liés à l'utilisation accrue des services sociaux et à la probabilité accrue d'incarcération chez les adultes exposés en bas âge.

Les maladies liées à la pollution influencent considérablement les dépenses en soins de santé. Pour quantifier les coûts, il faut d'abord connaître le nombre de cas de chaque catégorie de maladies liées à la pollution au sein d'une population donnée, de même que les dépenses moyennes en soins de santé pour chaque cas (annexe, p. 29-31). On dispose de ces données pour certains pays à revenu élevé<sup>272</sup>, mais pas pour les pays à revenu faible et intermédiaire, à l'exception du Sri Lanka<sup>273</sup>.

Les maladies respiratoires, les maladies cardiovasculaires, les AVC et le cancer représentent la plus grande proportion d'AVAI associées aux maladies liées à la pollution. La pollution atmosphérique est la cause de la moitié des AVAI associées aux infections des voies respiratoires inférieures et à la MPOC dans le monde et du quart des AVAI associées aux cardiopathies ischémiques et aux AVC<sup>42,106</sup>. À l'échelle mondiale, 24 % des AVAI associées aux cancers de la trachée, des bronches et du poumon sont attribuées à la pollution atmosphérique. Comme le montre le tableau 4, la proportion d'AVAI liées à chacune de ces maladies non transmissibles est plus grande dans les pays à revenu faible et intermédiaire que dans les pays à revenu élevé<sup>41,42</sup>. Pour voir les calculs à l'échelle des pays, consulter l'annexe (p. 57-62).

	Infections des voies respiratoires inférieures	Cancer de la trachée, des bronches ou du poumon	Cardiopathie ischémique	Accident vasculaire cérébral ischémique	Accident vasculaire cérébral hémorragique	MPOC	Cataractes
Revenu élevé	12 %	8 %	13 %	9 %	11 %	16 %	1 %
Revenu intermédiaire supérieur	34 %	30 %	24 %	20 %	24 %	41 %	14 %
Revenu intermédiaire inférieur	57 %	38 %	35 %	28 %	31 %	52 %	25 %
Revenu faible	64 %	48 %	43 %	36 %	22 %	51 %	35 %
Monde	53 %	24 %	28 %	37 %	27 %	44 %	19 %

Calculs fondés sur les données des collaborateurs pour les volets Mortalité et causes des décès (2016)<sup>41</sup> et des collaborateurs du volet Facteurs de risques (2016)<sup>42</sup> de l'Étude sur la CMM de 2015.

**Tableau 4 : AVAI attribuables à la pollution atmosphérique (pollution de l'air domestique et pollution de l'air ambiant) selon la maladie et la catégorie de revenu du pays**

D'après l'information provenant de sept pays à revenu élevé, on peut estimer que la pollution atmosphérique, qui représente 2,4 % de la totalité des AVAI dans ces pays (encadré n°6)<sup>42</sup>, correspond à 3,5 % de leurs dépenses totales en santé, soit 100 milliards de dollars américains en 2013. Au Sri Lanka, un pays à revenu intermédiaire inférieur qui connaît une industrialisation rapide et où la charge de morbidité liée à la pollution est proportionnellement beaucoup plus grande que dans les pays à revenu élevé, la pollution atmosphérique représente 6,5 % de la totalité des AVAI. Selon les estimations, les dépenses engagées pour traiter les maladies attribuables à la pollution atmosphérique

au Sri Lanka représentent 7,4 % de l'ensemble de ses dépenses en soins de santé.

L'eau insalubre et les conditions sanitaires insuffisantes, y compris la mauvaise hygiène des mains, sont associées à l'échelle mondiale à 96 % des AVAI attribuables aux maladies diarrhéiques et à 95 % des AVAI attribuables à la fièvre typhoïde. Dans les pays à revenu faible, ces pourcentages sont encore plus élevés (97 % pour les deux types de maladie). On peut difficilement quantifier les dépenses en soins de santé qu'occasionnent la diarrhée et la fièvre typhoïde causées par la pollution en raison du manque de données. Cependant, les coûts du traitement de ces maladies, en particulier chez les enfants, ne représentent qu'une faible part des coûts en santé qu'entraînent ces maladies pour la société<sup>274,275</sup>. L'effet d'appauvrissement de ces maladies est peut-être aussi important, voire plus important que les coûts directs des maladies. Chez les enfants qui survivent à la diarrhée, par exemple, les effets sur l'état nutritionnel et la fréquentation scolaire dépassent sans doute de beaucoup les coûts de traitement. Des épisodes de diarrhée répétés nuisent à la capacité de l'organisme d'absorber les éléments nutritifs et, dans les pays où les enfants sont atteints de malnutrition, viennent en aggraver les effets<sup>276</sup>. Les conséquences de la malnutrition sur la productivité de la main-d'œuvre<sup>277</sup> et les effets de la diarrhée et d'autres maladies infantiles sur la fréquentation scolaire sont bien étudiés<sup>278</sup>. Tous ces effets sont amplifiés dans les contextes où les ménages pauvres renoncent simplement au traitement médical et continuent de s'appauvrir en raison des contrecoups des pertes de revenus ou des incapacités de longue durée, alors que le traitement auquel ils ont renoncé est une intervention peu coûteuse qui aurait pu rétablir la pleine participation au marché du travail.

Selon nous, les pertes de bien-être attribuables aux maladies liées à la pollution égalent la volonté de payer des ménages pour réduire la pollution. Lorsqu'on a recours à la méthode fondée sur la VVS pour estimer les coûts des décès prématurés attribuables à la pollution à l'échelle mondiale, on constate que ces coûts s'élevaient à plus

#### Encadré n° 6 : Aperçu de l'estimation, par la Commission, des coûts en soins de santé attribuables aux maladies liées à la pollution

- Dans les pays à revenu élevé, les dépenses en soins de santé découlant uniquement des maladies liées à la pollution atmosphérique s'élevaient à 3,5 % de l'ensemble des dépenses en santé en 2013.
- Au Sri Lanka, seul pays à revenu faible ou intermédiaire pour lequel on disposait de données, les dépenses en soins de santé associées aux maladies liées à la pollution atmosphérique s'élevaient à 7,4 % de l'ensemble des dépenses en santé en 2013.
- Selon les estimations, les coûts de la perte de productivité attribuable aux maladies liées à la pollution représenteraient de 1,3 à 1,9 % du produit intérieur brut (PIB) des pays à revenu faible, et de 0,6 à 0,8 % du PIB dans les pays à revenu intermédiaire inférieur.
- Dans les pays à revenu élevé ou intermédiaire supérieur, on estime à plus de 53 milliards de dollars américains les coûts de la perte de productivité associée aux maladies liées à la pollution en 2015.
- En appliquant le principe de la volonté de payer pour estimer le montant que les gens seraient prêts à déboursier pour ne pas mourir prématurément d'une maladie liée à la pollution, on obtient un montant total de plus de 4 600 milliards de dollars américains, soit 6,2 % de la production économique mondiale.

de 4 600 milliards de dollars en 2015, soit 6,2 % du PIB mondial (tableau 5)<sup>42</sup>.

Ce chiffre dépasse considérablement les coûts des maladies liées à la pollution estimés à partir des pertes de productivité, et ce, pour deux raisons. D’abord, le montant que les gens sont prêts à déboursier pour réduire leur risque de mortalité est beaucoup plus élevé que la valeur actualisée des pertes de production. Si une personne meurt à 35 ans, par exemple, la valeur actualisée des pertes de productivité équivaut approximativement à 20 fois le PIB par habitant ; dans les pays à revenu faible, le rapport entre la VVS et le PIB par habitant varie de 40:1 à 50:1. Ensuite, il faut comprendre que la VVS se rapporte aux décès prématurés tous âges confondus, et non seulement chez les adultes en âge de travailler. Puisque 75 % des décès attribuables à la pollution par le plomb, 64 % des décès associés à la pollution de l’air ambiant, 56 % des décès associés à la pollution de l’air domestique et 33 % des décès associés à une eau insalubre ou à des conditions sanitaires insuffisantes surviennent chez les personnes de 65 ans et plus, ces décès sont exclus des calculs économiques fondés sur les pertes de productivité. Avec la méthode fondée sur la VVS, on tient compte de ces décès en déterminant ce que les gens sont prêts à déboursier pour les éviter. En revanche, la méthode fondée sur les pertes de productivité, comme celles qui sont présentées au tableau 3, n’attribue aucune valeur aux décès qui surviennent chez les 65 ans et plus.

Bien que les dommages causés par la pollution soient le plus importants dans les pays à revenu élevé lorsqu’ils sont exprimés en chiffres absolus, ils le sont davantage dans les pays à revenu faible et intermédiaire lorsqu’ils sont exprimés en pourcentage du revenu. Le tableau 5 montre les dommages associés à chaque type de pollution, mesurés en dollars des États-Unis de 2015 aux taux de change du marché et en pourcentage du revenu national brut (RNB) (soit la somme des revenus gagnés par l’ensemble des résidents d’un pays donné), et résumés selon la catégorie de revenu définie par la Banque mondiale. La méthode employée pour calculer ces dommages est identique à celle que l’Institute for Health Metrics and Evaluation et la Banque mondiale ont utilisée dans leur étude conjointe<sup>279</sup>. La Commission

présente toutefois l’ensemble des chiffres convertis en dollars américains de 2015 aux taux de change du marché plutôt que des chiffres fondés sur la parité du pouvoir d’achat. Comme la capacité de payer pour réduire le risque de mortalité augmente avec le revenu, elle est à son maximum dans les pays à revenu élevé. La valeur d’une mort évitée, exprimée en pourcentage du revenu, est cependant beaucoup plus élevée dans les pays à revenu faible et intermédiaire, où elle varie de 8,3 à 9,4 % du RNB, ce qui s’explique par le fait que la majorité des décès attribuables à la pollution surviennent dans ces pays.

Ensemble, la pollution de l’air ambiant et la pollution de l’air domestique sont les plus dommageables pour le bien-être dans tous les groupes de pays. Dans les pays à revenu élevé et intermédiaire supérieur, les dommages découlant de la pollution de l’air ambiant sont plus importants que ceux de la pollution de l’air domestique. Autrement dit, le fait d’éliminer tous les décès causés par la pollution de l’air ambiant serait plus bénéfique que d’éliminer tous les décès causés par la pollution de l’air domestique. On observe l’inverse dans les pays à revenu faible et intermédiaire inférieur. Les dommages résultant d’une eau insalubre et de conditions sanitaires insuffisantes demeurent substantiels, représentant respectivement 39 et 27 % de l’ensemble des dommages dans les pays à revenu faible et les pays à revenu intermédiaire inférieur.

Les pertes de bien-être présentées au tableau 5 (consulter l’annexe aux pages 48 à 52 pour les calculs concernant chacun des pays) peuvent également être utilisées pour estimer la volonté de payer pour des politiques de lutte antipollution. Le tableau 6 donne des estimations du montant qu’une personne exposée à la pollution serait disposée à déboursier pour réduire à zéro son risque de mortalité associé à l’exposition à chaque source de pollution, montant converti en dollars américains de 2015 aux taux de change du marché<sup>42</sup>. Pour voir les calculs de la volonté de payer par pays, consulter l’annexe (p. 53-56). Cette valeur correspond au produit de la VVS et du risque de mortalité associé au type de pollution en question, également indiqué dans le tableau. La volonté de payer représente ce que les gens seraient prêts à payer pour réduire leur risque de mortalité associé à la pollution, en supposant qu’ils comprennent le risque. Certains de ces chiffres peuvent paraître faibles – à titre d’exemple, la

	Pollution de l’air ambiant et pollution de l’air domestique	Eau insalubre et conditions sanitaires insuffisantes <sup>1</sup>	Exposition au plomb	Total
Revenu élevé	1 691 \$ US (3,52 %)	159 \$ US (0,33 %)	303 \$ US (0,63 %)	2 153 \$ US (4,48 %)
Revenu intermédiaire supérieur	1 691 \$ US (8,37 %)	89 \$ US (0,44 %)	118 \$ US (0,59 %)	1 898 \$ US (9,40 %)
Revenu intermédiaire inférieur	367 \$ US (6,38 %)	143 \$ US (2,49 %)	28 \$ US (0,49 %)	538 \$ US (9,36 %)
Revenu faible	18 \$ US (4,83 %)	12 \$ US (3,30 %)	0,740 \$ US (0,20 %)	31 \$ US (8,33 %)
Total	3 767 \$ US (5,06 %)	404 \$ US (0,54 %)	451 \$ US (0,61 %)	4 622 \$ US (6,21 %)

Les calculs sont présentés dans l’annexe (p. 27-28). <sup>1</sup>Comprend, sans s’y limiter, l’absence de lavage des mains.

**Tableau 5 : Dommages causés au bien-être (en milliards de dollars américains) et en pourcentage du revenu national brut, par polluant et catégorie de revenu du pays de la Banque mondiale (2015)<sup>42</sup>**

	Pollution de l'air ambiant	Pollution de l'air domestique	Eau insalubre	Conditions sanitaires insuffisantes	Exposition au plomb
Revenu élevé	1 472 \$ US (4,0)	98 \$ US (0,7)	11 \$ US (0,1)	1 \$ US (0,007)	264 \$ US (0,7)
Revenu intermédiaire supérieur	523 \$ US (6,8)	214 \$ US (2,9)	13 \$ US (0,2)	5 \$ US (0,1)	47 \$ US (0,6)
Revenu intermédiaire inférieur	85 \$ US (6,9)	66 \$ US (5,7)	39 \$ US (3,1)	23 \$ US (1,9)	10 \$ US (0,7)
Revenu faible	13 \$ US (4,1)	23 \$ US (7,4)	15 \$ US (4,8)	11 \$ US (3,6)	1 \$ US (0,4)
Moyenne	459 \$ US (6,2)	123 \$ US (4,6)	25 \$ US (2,0)	14 \$ US (1,3)	64 \$ US (0,7)

Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre de décès par 10 000 habitants associé au type de pollution. Les calculs sont présentés dans l'annexe (p. 27-28).

**Tableau 6 : « Volonté de payer » par personne (en \$ US, 2015) pour réduire son risque de mortalité associé à la pollution, selon le type de pollution et la catégorie de revenu du pays de la Banque mondiale<sup>42</sup>**

volonté de payer par personne pour l'amélioration d'une source d'eau dans les pays à revenu faible est de 15 \$ US. Cependant, ce montant couvrirait la quasi-totalité des coûts d'immobilisation pour le forage d'un puits (environ 20 \$ par personne)<sup>280</sup>. En outre, les mesures antipollution procurent d'autres avantages que la réduction du risque de mortalité, notamment en augmentant la commodité et le confort, sans compter les bienfaits pour la santé. Le fait de réduire la pollution atmosphérique extérieure et la fumée générées par le brûlage de combustibles solides procure des avantages sur les plans esthétique et écologique, en plus des bienfaits de l'air pur pour la santé.

Malgré leur ampleur, ces chiffres sous-estiment presque certainement tout le fardeau économique des maladies liées à la pollution en raison du manque de données sur la pollution et la prévalence des maladies dans bien des pays ; du manque de connaissances sur les effets toxiques de nombreux produits chimiques répandus<sup>36,37</sup> ; et du manque de connaissances sur les effets possibles, plus tard dans la vie, d'une exposition à des substances toxiques en bas âge. Un problème contribue à cette sous-estimation : les calculs des pertes de productivité attribuables à la pollution mésestiment la valeur totale des pertes de productivité associées aux décès prématurés, car les décès chez les 65 ans et plus ne sont pas comptabilisés. Enfin, il ne faut pas oublier que la méthode de calcul des effets sur la productivité économique ne tient compte que des pertes de production incluses dans le PIB et pas des pertes de productivité se rapportant au travail domestique (p. ex., soins des enfants, nettoyage, préparation des repas) ou au secteur informel<sup>281</sup>. De plus, il convient de souligner que le PIB ne permet pas de mesurer le bien-être de la société<sup>14,282</sup>.

Les estimations présentées ici ne tiennent pas compte non plus des économies en santé que devraient entraîner les réductions de la pollution atmosphérique découlant des stratégies mises en œuvre pour ralentir les changements climatiques mondiaux<sup>2</sup>. Les preuves de bienfaits pour la santé des mesures d'atténuation des changements climatiques ont été examinées dans le rapport de la Commission *Lancet* sur les changements climatiques<sup>97</sup>. Selon les estimations, les avantages marginaux obtenus annuellement de l'évitement de décès grâce aux réductions de la pollution atmosphérique

par suite des stratégies d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre varieraient de 50 à 380 \$ US/tonne de CO<sub>2</sub> de moins et devraient dépasser les coûts marginaux de réduction en 2030 et en 2050.

### Recommandations de recherche

La Commission fait plusieurs recommandations relativement à la recherche sur les coûts économiques de la pollution. Des recherches s'imposent pour préciser les estimations des coûts de la morbidité liée à la pollution. Pour ce faire, il faudra mesurer la morbidité liée à la pollution, ce qui est plus difficile que d'estimer la mortalité. Il faudra également évaluer les paramètres ultimes liés à la morbidité, plus diversifiés que la mortalité.

Il faudra également améliorer les estimations des avantages qui découlent de la réduction de la pollution, autres que les bienfaits pour la santé. Pour les problèmes de pollution courants, ces estimations devront comprendre les gains de temps associés aux améliorations de la salubrité de l'eau et des conditions sanitaires ainsi qu'à l'amélioration des cuisinières, de même que les bénéfices sur le plan scolaire associés à la réduction des maladies infantiles. Dans le cas de la pollution de l'air ambiant, les estimations doivent englober la valeur d'agrément de l'air pur et des bienfaits de celui-ci pour les écosystèmes.

### Section 3 : Les maladies liées à la pollution, la pauvreté et les objectifs de développement durable

Selon Kofi Annan, ancien secrétaire général des Nations Unies, « le principal ennemi de la santé dans le monde en développement est la pauvreté<sup>283</sup> ». La pollution, la pauvreté, les problèmes de santé et l'injustice sociale sont étroitement liés les uns aux autres. La pollution et les maladies qui en découlent pèsent le plus sur les pauvres et les plus démunis<sup>284</sup>. Les victimes sont souvent les personnes vulnérables et sans voix. Pour bien saisir les liens entre la pollution, la pauvreté et les maladies liées à la pollution, il faut élucider la nature complexe et multidimensionnelle de la pauvreté<sup>285</sup>. La pauvreté, ce n'est pas simplement

le manque d'argent. C'est aussi un accès insuffisant à l'éducation, aux soins de santé, à la nourriture et à des conditions sanitaires acceptables. La pauvreté nuit à la participation aux processus juridiques et politiques, là où ces processus existent, et à la société civile. Les familles qui ne peuvent se nourrir, se vêtir et se loger n'ont pas les ressources nécessaires pour s'assurer ne serait-ce qu'un niveau minimum de santé.

Les données fournies dans la présente section du rapport de la Commission montrent que la pollution et les maladies qui en découlent touchent surtout les pauvres et contribuent à la perpétuation de la pauvreté d'une génération à l'autre. Les maladies liées à la pollution peuvent entraîner des pertes de revenus et une hausse des coûts en soins de santé, imposant ainsi un fardeau économique disproportionné sur les familles et les collectivités pauvres<sup>286</sup>. Chez les enfants, l'exposition en bas âge à des polluants neurotoxiques peut nuire aux fonctions cognitives et à la capacité de concentration, ce qui augmente les risques d'échec scolaire et réduit les revenus gagnés tout au long de la vie professionnelle. Par exemple, les auteurs d'une étude de suivi à long terme<sup>144</sup> menée auprès d'enfants exposés au plomb, ont constaté qu'une plombémie élevée à 11 ans était associée à un déficit cognitif et à une situation socioéconomique inférieure chez les sujets une fois à l'âge de 38 ans, ainsi qu'à un QI réduit et à un déclassement social. De plus, la pauvreté peut aggraver les problèmes de santé existants, par exemple en forçant les gens à vivre dans des milieux qui les rendent malades, sans logement décent, sans accès à de l'eau salubre ou dans des conditions sanitaires insuffisantes<sup>287</sup>. Lorsque des gens vivent à proximité d'usines polluantes ou en aval de décharges de déchets dangereux ou que des femmes pauvres n'ont d'autre choix que de cuisiner avec des fours traditionnels dans des espaces étroits, ou encore, que certains enfants sont obligés de fouiller les déchets électroniques à la main pour récupérer les métaux précieux pour subvenir à leurs propres besoins et à ceux de leur famille<sup>288</sup>, la pauvreté peut aggraver les problèmes de santé.

Étant donné le manque d'influence politique et le peu de pouvoir qu'ont les gens dans la plupart des pays pour réduire ou prévenir la pollution, les pauvres peuvent difficilement déterminer le sort de leurs collectivités. Le fait qu'ils dépendent de liens sociaux serrés pour survivre limite encore davantage leur mobilité et les possibilités dont ils pourraient profiter. Ces facteurs interdépendants font de la pauvreté un piège qui dure souvent plusieurs générations. Les pauvres sont exposés à la pollution de façon beaucoup plus marquée que le reste de la population, et présentent des taux disproportionnés de maladies, d'incapacités, et de décès prématurés<sup>289,290</sup>. Les dirigeants éclairés des pouvoirs publics doivent trouver un équilibre entre d'une part, le développement économique visant à sortir les gens et les collectivités de la pauvreté et d'autre part, la lutte contre la

pollution et la prévention des maladies qui en découlent, ce qui représente un défi de taille.

La pollution menace les droits fondamentaux de la personne : le droit à la vie, à la santé et au bien-être<sup>291</sup>. Elle met en péril les droits des enfants, le droit à des conditions de travail sécuritaires ainsi que la protection des personnes les plus vulnérables<sup>292</sup>. La pollution et les maladies qui en découlent sont souvent le reflet d'une injustice environnementale. De nombreux pays reconnaissent le droit à un environnement sain comme un droit fondamental associé au droit à la vie et à d'autres droits fondamentaux de la personne<sup>293,294</sup>. Ce droit englobe également le droit à une alimentation saine, à de l'eau salubre et à un logement adéquat<sup>293,294</sup>.

Pour que le droit à un environnement sain soit bel et bien reconnu, il faut que tous les membres de la société aient un accès absolu à l'information sur les sources et les modèles de la pollution ; qu'ils puissent participer à la planification et à la prise de décisions en matière d'environnement ; qu'ils puissent compter sur un organisme de réglementation environnementale et sur un système judiciaire indépendant qui protègent l'environnement des pollueurs et les pauvres de la pollution<sup>295</sup>.

La pollution et les maladies qui en découlent sont souvent le reflet d'une injustice environnementale. Selon Robert Bullard, que de nombreuses personnes considèrent comme le père du mouvement pour la justice environnementale<sup>296</sup>, l'un des principes fondamentaux de celle-ci est le droit de tous les individus et de toutes les collectivités à la même protection qu'offrent les lois et règlements en matière d'environnement et de santé publique<sup>297</sup>. Il souligne que la justice environnementale est un concept d'une grande envergure qui va bien au-delà de l'application équitable des lois et règlements. Selon lui, la justice environnementale est un droit de la personne et un droit civil fondamental qui requiert une participation véritable et opportune des individus et des collectivités à la prise de décisions qui touchent leur environnement et leur bien-être. En 1991, M. Bullard et ses collègues ont adopté 17 principes de justice environnementale à l'occasion de la première édition du *National People of Color Environmental Leadership Summit*<sup>298</sup>. Ces principes visaient à orienter l'organisation, le réseautage et les communications avec les organismes gouvernementaux et non gouvernementaux.

Par injustice environnementale, on entend une exposition inéquitable des pauvres, des minorités et des groupes défavorisés aux produits toxiques, à l'air et à l'eau contaminés, à des conditions de travail non sécuritaires et à d'autres formes de pollution, ainsi que la charge disproportionnée des maladies liées à la pollution qui pèse sur ces populations et qui représente souvent une violation des droits de la personne. On a caractérisé l'injustice environnementale comme une forme de violence structurelle<sup>299</sup>, souvent liée à un racisme structurel<sup>300</sup>.

### Étalement mondial des industries extractives : production pétrolière et gazière, extraction minière et fusion

Parmi les facteurs sociaux et économiques qui ont contribué à la progression mondiale de l'injustice environnementale et de l'exposition inéquitable des pauvres et des groupes marginalisés à la pollution et aux maladies, citons la mondialisation, qui a mené à la migration d'industries dangereuses telles la fabrication de produits chimiques, la production d'acier, la production de pesticides et le démantèlement des navires des pays à revenu élevé vers les pays à revenu faible et intermédiaire, où les salaires sont faibles, les règlements environnementaux et professionnels limités, voire inexistantes, et les infrastructures en santé publique fragiles. Résultat : des maladies et des lésions professionnelles chez les travailleurs mal protégés, des maladies causées par les produits chimiques chez les personnes qui vivent à proximité d'installations polluantes et des explosions industrielles. On peut penser à la catastrophe de Bhopal, en Inde, où une usine de production de pesticides qui se trouvait auparavant aux États-Unis a explosé, tuant et blessant des milliers de travailleurs et de résidents locaux ; au commerce mondial de l'amiante, qui entraîne chaque année l'expédition de deux millions de tonnes d'amiante vers les pays les plus pauvres de la planète, où s'ensuivent des épidémies de cancer du poumon, de mésothéliome et d'autres affections malignes<sup>214</sup> ; au commerce mondial de pesticides interdits et à usage restreint.

Des transferts transfrontaliers de déchets dangereux et toxiques, notamment des déchets électroniques et chimiques, qui s'effectuent des pays à revenu élevé aux pays à revenu faible et intermédiaire sont une autre cause de l'étalement de l'injustice environnementale. La multiplication des activités

d'extraction aurifère artisanale et de petite envergure, avec l'étalement concomitant de l'exposition des travailleurs et de l'ensemble de la collectivité au mercure élémentaire et au méthylmercure qui en découle en sont un autre exemple<sup>112,113</sup>. L'expansion de ce type d'activité s'explique par les augmentations considérables du cours mondial de l'or, lesquelles incitent les pauvres à abandonner l'agriculture et d'autres métiers traditionnels. Bien que l'extraction minière de petite envergure soit relativement rentable pour les mineurs, elle relève beaucoup de l'exploitation des travailleurs, car ce sont les courtiers et les détaillants qui touchent la majeure partie des profits, alors que la charge de morbidité et de la détérioration de l'environnement pèse presque entièrement sur les collectivités minières. Tout cela, sans oublier les guerres et les conflits régionaux, souvent nés de la recherche de ressources naturelles (à savoir le pétrole, les minéraux et le bois d'œuvre).

L'injustice environnementale est présente dans les pays de toutes les catégories de revenu, de tous les niveaux de développement et partout dans le monde<sup>284,301-303</sup>, comme en témoignent les études de cas et exemples suivants.

#### La lutte contre l'injustice environnementale

Pour défendre la justice environnementale et réduire l'exposition inéquitable des pauvres et des groupes marginalisés, les pays doivent mettre en place des mécanismes juridiques qui prévoient un recours en cas d'injustice environnementale. Le tribunal environnemental en Inde en est un bon exemple. Ce tribunal offre aux citoyens l'accès à un système judiciaire indépendant qui permet de remédier aux injustices liées à la pollution. Un tel système, associé à des données ouvertes sur les expositions aux produits toxiques et sur la santé peut constituer un mécanisme puissant pour contrer l'injustice environnementale (encadré n° 7).

Les cas d'injustice environnementale en Amérique du Nord sont bien documentés. Des disparités raciales et ethniques récurrentes y ont été relevées pour ce qui est de l'exposition à diverses formes de pollution. Une étude sur la pollution de l'air ambiant à New York a montré que presque tous les dépôts d'autobus diesel, où les moteurs peuvent tourner au ralenti pendant des heures et ainsi émettre des polluants, sont situés dans des quartiers de minorités, pour la plupart défavorisés. Des taux disproportionnés d'asthme et d'autres maladies respiratoires ont été observés chez les enfants de ces quartiers<sup>304</sup>. Dans la région de l'« allée du cancer » en Louisiane, ce couloir d'environ 140 km qui longe le Mississippi et où 125 compagnies fabriquent le quart de l'ensemble des produits pétrochimiques d'Amérique du Nord, la Commission on Civil Rights des États-Unis a déterminé que la communauté afro-américaine était désavantagée sur le plan économique et qu'elle était touchée de façon disproportionnée par la pollution générée par ces installations dangereuses<sup>305</sup>. Une autre étude de cas<sup>306</sup> d'injustice environnementale aux États-Unis a trait

#### Encadré n° 7 : Système judiciaire de l'Inde en matière de pollution

Lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement de 1992, l'Inde s'est engagée à offrir aux victimes de dommages environnementaux des recours juridiques et administratifs. Pour remplir cet engagement, l'Inde est devenue le troisième pays du monde à mettre en place un tribunal environnemental national, un organe judiciaire établi exclusivement pour statuer sur les affaires environnementales. Le tribunal environnemental national a été mis sur pied le 18 octobre 2010 et il vise à assurer le règlement efficace et rapide des cas se rapportant à la protection de l'environnement et à la préservation des forêts et d'autres ressources naturelles. Il a pour mandat de prendre des décisions définitives concernant les demandes et les appels au plus tard six mois après leur dépôt. Il est composé de juges, soutenus par des experts en environnement qui offrent des conseils pertinents sur des questions environnementales et qui valident les jugements rendus par le tribunal.

Des cas comme ceux de la fusion de bauxite de Vedanta à Orissa, des centrales thermiques à Andhra Pradesh et de la centrale nucléaire Jaitpur à Maharashtra ont suscité la controverse et des protestations. L'intervention du tribunal environnemental national a cependant mené à des solutions à l'amiable garantissant un environnement sûr et vivable aux résidents des régions touchées. Avant la création du tribunal, il y avait eu de nombreux cas où la population locale s'était opposée à de grandes industries pour protéger l'environnement.

à l'extraction de l'uranium sur le territoire des Amérindiens (Navajos). Ces activités minières ont mené à l'épuisement et à la contamination des sources d'eau déjà rares qui s'y trouvaient et entraîné des taux élevés de cancer du poumon chez les mineurs de fond navajos, qui ont été exposés à de fortes doses de radon dans leur travail<sup>306</sup>. On peut également penser à l'exposition disproportionnée des travailleurs agricoles d'origine hispanique à des pesticides organophosphatés à toxicité aiguë, comme le parathion. De multiples cas d'empoisonnement aigu à des pesticides de ce genre sont survenus. Un grand nombre de ces travailleurs sont toutefois des immigrants sans papiers et, de ce fait, craignent de s'élever contre l'injustice environnementale et la pollution<sup>307</sup>.

Au Canada, c'est sur le territoire traditionnel des Premières Nations (peuples autochtones) que l'injustice environnementale est ressentie. Les Premières Nations s'opposent au projet des sables bitumineux du nord de l'Alberta<sup>308</sup> et luttent contre l'exposition à la pollution atmosphérique dans la « chemical valley » de l'Ontario, l'endroit au Canada le plus touché par ce problème, où est concentrée 40 % de la fabrication de produits chimiques du pays<sup>309</sup>.

L'injustice environnementale est aussi présente en Europe<sup>310</sup>. En Europe centrale et orientale, des minorités du peuple rom, de même que des réfugiés et des collectivités déplacées en provenance du Kosovo ont dû faire face à l'injustice environnementale. Au Kosovo, des camps réservés aux Roms étaient établis dans un secteur pollué par des résidus toxiques d'une mine de plomb. À Durrës, en Albanie, des réfugiés du Kosovo ont été logés dans une usine désaffectée où l'on produisait auparavant du dichromate de sodium et du lindane, deux composés considérés par le Centre international de recherche sur le cancer comme des agents cancérigènes pour l'humain de catégorie 1 (cancérigènes avérés)<sup>311</sup>.

En Asie, la croissance économique soutenue qui a réduit de façon substantielle la pauvreté a aussi entraîné une hausse de la pollution toxique et des iniquités environnementales<sup>312</sup>. En Chine, par exemple, on a beaucoup parlé d'une usine de paraxylène dans la ville de Dalian, où les résidents craignaient qu'un typhon vienne percer les réservoirs de stockage de produits chimiques et ainsi mener à des déversements de substances toxiques dans les quartiers de la ville caractérisés par une situation socioéconomique inférieure<sup>313</sup>.

En Inde, les injustices environnementales dans la ceinture tribale des Adivasis, dans le centre et le nord-est de l'Inde, ont été bien documentées. Les installations d'extraction de minéraux et de métaux sont beaucoup plus nombreuses dans cette région, où vivent 70 millions d'Adivasis – une population tribale – dans des conditions d'extrême pauvreté et sont exposés de façon disproportionnée à la pollution de l'air, de l'eau et du sol qu'entraînent ces installations<sup>313</sup>. Dans une affaire qui a fait jurisprudence

dans lequel on a établi le lien entre l'industrie minière dans cette région et une injustice environnementale<sup>314</sup>, la Cour suprême de l'Inde a souligné que les droits fondamentaux des citoyens, garantis par la Constitution, comprenaient le droit à une eau et un air non pollués pour une pleine jouissance de la vie.

En Afrique, l'extraction de ressources naturelles contribue grandement aux injustices environnementales et à la pollution. En Zambie, par exemple, les mines de plomb et de zinc de Kabwe font partie des endroits les plus pollués du monde. Même si ces mines ne sont plus en activité, les résidus laissés sur place après des décennies d'extraction par des sociétés étrangères ont contaminé le sol et les sources locales d'approvisionnement en eau. Les enfants de Kabwe présentent des concentrations de plomb dans le sang de cinq à dix fois supérieures à la concentration seuil recommandée par les Centers for Disease Control and Prevention<sup>315</sup>. L'extraction de minéraux constitue également un facteur d'injustice environnementale en Afrique du Sud de l'après-apartheid, où l'extraction aurifère de grande envergure a causé une épidémie de silicose chez les mineurs, dont un grand nombre étaient des migrants économiques en provenance des pays pauvres de l'Afrique australe autour de l'Afrique du Sud<sup>313</sup>. L'extraction aurifère a aussi causé le drame survenu en 2010 dans l'État de Zamfara, au Nigeria, lorsque 163 personnes – dont 111 enfants – vivant dans des conditions d'extrême pauvreté sont mortes d'une intoxication saturnine aiguë<sup>316</sup>. D'autres événements tragiques semblables liés à l'extraction aurifère ont été rapportés au Ghana.

En Amérique latine, l'iniquité environnementale est flagrante et se manifeste par des conflits entre d'une part, les industries d'extraction, notamment l'industrie minière, mais également l'industrie pétrolière et gazière et d'autre part, les collectivités autochtones. On peut penser au projet minier de cuivre Tia Maria au Pérou de la société mexicaine Southern Copper Corporation, deuxième plus grande compagnie d'extraction de cuivre au monde, ou encore au projet d'extraction d'or et de cuivre Conga, de la société américaine Newmont Mining Company, un projet évalué à 4,8 milliards de dollars américains qui représente le plus grand investissement minier au Pérou. Il y a cependant eu des protestations contre ces énormes projets menés le plus souvent sur des terres appartenant à des peuples autochtones et qui ont entraîné une pollution, une détérioration de l'environnement et des maladies imposant un fardeau disproportionné. Ces luttes sont venues remodeler les paradigmes fondamentaux de la mise en valeur des ressources naturelles et ont forcé les acteurs des systèmes judiciaires contemporains, y compris ceux des pays à revenu élevé où sont établis les conglomérats miniers, à tenir compte de la vision du monde des Autochtones et à corriger les injustices engendrées par la croissance économique chez les pauvres, plutôt que les perpétuer<sup>313,317</sup>.

Étant donné la progression mondiale des produits chimiques toxiques et de la pollution causée par le monde moderne, on tente de plus en plus d'étudier, de documenter et de cartographier l'injustice environnementale. L'information obtenue, notamment en ce qui concerne l'évolution de la pollution à l'échelle locale, peut être un levier important pour les collectivités exposées de façon disproportionnée qui ont du mal à réduire cette exposition ainsi que la charge inéquitable de maladies liées à la pollution qui pèse sur elles.

Site Web de l'Environmental Justice Atlas, <https://ejatlas.org/>

En Europe, l'Environmental Justice Atlas, une base de données mondiale en ligne, comprend maintenant de l'information sur 2 000 sites environ partout dans le monde où la présence de pollution et l'injustice environnementale sont confirmées ou soupçonnées. Cette base de données est associée à Environmental Justice, Organisations, Liabilities and Trade, un projet de recherche mondial soutenu par la Commission européenne dans le cadre duquel on prépare The Map of Environmental Justice, un atlas indiquant la distribution de la pollution et des injustices environnementales dans le monde<sup>318</sup>.

Pure Earth, un organisme environnemental sans but lucratif établi à New York, a créé un programme de recensement des sites toxiques, qui comprend de l'information sur environ 3 500 sites pollués, dont des mines en activité et abandonnées, des fonderies, des usines et des décharges de déchets dangereux, dont un certain nombre sont encore en croissance<sup>38</sup>. Cette base de données porte spécialement sur les sites contaminés dans les pays à revenu faible et intermédiaire et a servi de source d'information pour les travaux de la Commission.

Site Web de l'EJSCREEN, <https://www.epa.gov/ejscreen>

Aux États-Unis, l'Environmental Protection Agency a mis au point un outil de cartographie en libre accès, appelé EJSCREEN, disponible sur son site Web et qui rend les données sur les injustices environnementales accessibles au public. Cet outil combine 12 facteurs environnementaux, y compris des données sur les taux de poussière en suspension dans l'air, sur la peinture au plomb et la proximité des points de rejet d'eau, et six facteurs démographiques, dont le revenu et le pourcentage de la population correspondant à une minorité. Les cartes obtenues permettent aux gens d'examiner la situation dans leur quartier et de bien saisir le croisement entre la pollution et la pauvreté.

La distribution mondiale de la pollution et des maladies liées à la pollution témoigne des entrecroisements entre pollution, pauvreté et injustice environnementale. Quatre-vingt-douze pour cent des décès liés à la pollution surviennent dans les pays à revenu faible et intermédiaire (figure 8). Quelle que soit la catégorie de revenu du pays, les effets de la pollution sur la santé sont les plus fréquents et les plus marqués chez les pauvres et les groupes marginalisés. La pollution de l'air en milieu urbain et la pollution de l'air domestique représentent de loin les causes les plus importantes de maladies liées à la pollution, même si la pollution de l'eau et l'exposition en milieu professionnel à

des produits toxiques demeurent des facteurs très importants de mortalité et de morbidité.

### Pollution atmosphérique, pauvreté et injustice environnementale

En 2015, plus de 99 % des décès attribuables à la pollution de l'air domestique et environ 89 % des décès attribuables à la pollution de l'air ambiant sont survenus dans les pays à revenu faible et intermédiaire<sup>319,320</sup>. Dans plusieurs villes de l'Inde et de la Chine, on enregistre des taux annuels moyens record de PM<sub>2,5</sub> qui dépassent 100 µg/m<sup>3</sup>. En 2015, plus de 50 % des décès à l'échelle mondiale causés par la pollution de l'air ambiant sont survenus dans ces deux pays.

Dans les mégapoles en plein essor telles New Delhi et Beijing, la pollution de l'air ambiant est ce qui retient le plus l'attention du public à l'heure actuelle. Pourtant, l'OMS indique que le problème de la pollution de l'air ambiant est un problème généralisé dans les pays à revenu faible et intermédiaire et que les taux de PM<sub>2,5</sub> mesurés dans 98 % des zones urbaines comptant plus de 100 000 habitants dans les pays en développement dépassaient la norme de l'OMS relative à la qualité de l'air ambiant, établie à 10 µg/m<sup>3</sup> d'air ambiant par année.

La pollution de l'air domestique offre un portrait encore plus sombre des liens étroits entre la pollution et la pauvreté<sup>57</sup>. Les décès attribuables à ce type de pollution sont fortement concentrés dans les pays les plus pauvres du monde<sup>57</sup>. On estime que trois milliards de personnes dans les pays à revenu faible et intermédiaire, principalement dans les milieux ruraux, utilisent des combustibles solides (bois de chauffage, biomasse ou charbon) et des fours traditionnels pour le chauffage et la cuisson<sup>57</sup>. En Afrique subsaharienne, par exemple, le bois de chauffage constitue la source d'énergie principale, comme dans bien des régions d'Asie du Sud. Le recours aux biocombustibles est étroitement lié à l'inégalité entre les sexes. N'ayant pas accès aux combustibles ou aux fours plus propres dont disposent bon nombre de ménages en milieu urbain, les femmes de ces régions rurales et leurs enfants sont exposés de façon disproportionnée aux vapeurs toxiques qui émanent des feux à flammes nues. Pendant que les femmes cuisinent pour leur famille ou que les enfants étudient près du four pour mieux voir, leur risque de décès prématuré et de maladie augmente, ce qui n'est pas le cas chez les femmes et enfants de milieux urbains.

### Pollution de l'eau, pauvreté et injustice environnementale

L'eau insalubre, les conditions sanitaires et hygiéniques insuffisantes sont aussi fortement concentrées dans les pays les plus pauvres du monde. On estime que 2,5 milliards de personnes n'ont pas accès à une toilette de base, que 1 milliard de personnes défèquent en plein air et que 748 millions de personnes n'ont pas accès à de l'eau potable<sup>326</sup>. Les

pauvres vivant en milieu rural, les peuples autochtones, les personnes handicapées et les autres groupes marginalisés sont particulièrement susceptibles d'être privés de ces services de base.

On constate un écart important entre les sexes pour ce qui est des effets de la pollution de l'eau et des conditions sanitaires insuffisantes sur les plans sanitaire et social. Les filles sont particulièrement gravement touchées par le manque d'accès à de l'eau salubre parce que c'est le plus souvent à elles que revient la tâche de recueillir l'eau, et que le manque d'eau crée des problèmes d'hygiène menstruelle. Les nombreuses heures que les filles de milieux pauvres doivent passer à aller chercher de l'eau augmentent leur risque de devoir s'absenter de l'école, ce qui peut nuire à leur scolarité et les empêcher ainsi de se sortir de ces milieux défavorisés. Si une école est dépourvue de toilettes propres et privées, les cycles menstruels peuvent forcer les filles à rater leurs cours ou à tout simplement cesser d'aller à l'école<sup>322</sup>.

Au total, 92 % de tous les décès attribuables à l'exposition à des produits toxiques au travail surviennent dans les pays à revenu faible et intermédiaire. Ce pourcentage s'explique par le fait que les pays à revenu élevé ont pour la plupart trouvé une solution aux pires problèmes d'exposition en milieu professionnel, ainsi que par la migration des industries polluantes des pays à revenu élevé vers les pays pauvres<sup>323,324</sup>.

La pollution et les maladies qui en découlent sont aujourd'hui des problèmes planétaires – une conséquence de la mondialisation et du transfert de la fabrication vers l'étranger<sup>325,326</sup>. Le rejet dans les pays pauvres de matières dangereuses produites dans les pays à revenu élevé est un bon exemple du croisement entre la pollution mondiale et l'injustice environnementale. Cette pratique englobe l'expédition de pesticides, de déchets industriels et de produits chimiques qui ne sont plus permis en Amérique du Nord ni dans l'Union européenne vers les pays pauvres. En 2006, par exemple, 500 tonnes de déchets toxiques ont été transportées depuis Amsterdam à bord du navire Probo Koala, pour ensuite être rejetées dans des sites d'enfouissement près d'Abidjan, en Côte d'Ivoire. Les gaz toxiques générés par le rejet de ces produits chimiques ont causé la mort de 17 personnes et plus de 100 000 cas de maladies respiratoires et gastro-intestinales<sup>327,328</sup>. On a également signalé le cas d'un grand site de déchets électroniques dans le district Agboghoshie d'Accra, au Ghana<sup>329</sup>. Ce site renferme des milliers d'ordinateurs et autres composants électroniques brisés en provenance d'Europe, envoyés dans des conteneurs étiquetés « marchandises d'occasion » ; l'Union européenne autorise l'exportation de produits électroniques véritablement réutilisables, mais ce qui est envoyé à Agboghoshie est généralement irréparable et rarement réutilisable<sup>326</sup>. Des déchets électroniques sont présentes dans les quartiers pauvres partout dans le monde, notamment dans la région de l'Asie-Pacifique. On prévoit que le marché mondial des

déchets électroniques quadruplera au cours de la prochaine décennie, passant de 9,8 milliards de dollars américains en 2012 à 41,4 milliards de dollars américains en 2019<sup>330</sup>.

Une action internationale visant à résoudre le problème mondial de rejet de déchets a mené à l'élaboration, en 1989, de la *Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination* ainsi qu'à d'autres conventions relatives aux polluants organiques persistants<sup>80</sup>, aux pesticides, au mercure, aux déchets dangereux et aux produits chimiques. L'Union européenne s'est aussi jointe à la cause en établissant des directives limitant le rejet de déchets à l'étranger, lesquelles comprennent des restrictions applicables aux substances dangereuses et aux déchets électriques et électroniques, promulguées dans les deux cas en 2002. Bien que ces conventions et directives soient limitées par un faible degré d'application et des obstacles structurels, par exemple la *Convention de Rotterdam* selon laquelle toute interdiction d'un polluant doit faire l'unanimité parmi tous les pays participants, elles ont aidé à ralentir le déplacement mondial des substances toxiques et à réduire la pollution.

### Pollution, pauvreté et objectifs de développement durable des Nations Unies

Les objectifs de développement durable (ODD) ont été adoptés par les Nations Unies en septembre 2015 pour orienter le programme de développement international jusqu'en 2030. Les ODD visent à faire progresser la dignité humaine partout dans le monde<sup>331</sup>. Il est intéressant de constater que les prédécesseurs des ODD, les objectifs du Millénaire pour le développement qui ont orienté l'action mondiale jusqu'en 2015, ne faisaient aucune mention de la pollution. Les ODD, en revanche, traitent en détail de la pollution, comme on le signale dans l'introduction, et comme il convient de le faire pour un enjeu aussi important pour la lutte contre la pauvreté. La disposition principale se trouve, comme il se doit, à la cible 9 de l'ODD 3 sur la santé et le bien-être : « D'ici à 2030, réduire nettement le nombre de décès et de maladies dus à des substances chimiques dangereuses et à la pollution et à la contamination de l'air, de l'eau et du sol<sup>332</sup> ». L'autre objectif se rapportant spécialement à la pollution est l'ODD 6 sur l'eau et l'assainissement. La cible 3 se lit comme suit : « D'ici à 2030, améliorer la qualité de l'eau en réduisant la pollution, en éliminant l'immersion de déchets et en réduisant au minimum les émissions de produits chimiques et de matières dangereuses, en diminuant de moitié la proportion d'eaux usées non traitées et en augmentant considérablement à l'échelle mondiale le recyclage et la réutilisation sans danger de l'eau ».

Les ODD vont plus toutefois plus loin. Compte tenu des liens étroits entre la pauvreté et la pollution toxique – et de l'importance de réduire, voire éliminer les deux – on semble reconnaître que les mesures visant à atteindre les objectifs plus généraux, comme l'ODD 1 (pas de pauvreté) et 2 (faim « zéro ») peuvent, si elles ne sont pas surveillées,

Site Web de la Convention de Bâle, <http://www.basel.int/>

Site Web de la Convention de Rotterdam, <http://www.pic.int/>

venir augmenter l'exposition à la pollution. La lutte contre la pollution doit donc occuper une place centrale dans le développement agricole et industriel si l'on veut que ce développement soit véritablement durable. Voilà pourquoi les ODD font souvent référence à la prévention et à la réduction de la pollution. Cela comprend la cible 4 de l'ODD 2 (amélioration de la qualité des sols), l'ODD 7 (énergie propre), la cible 4 de l'ODD 9 (technologies et procédés industriels propres), l'ODD 11 (villes et communautés durables), l'ODD 12 (consommation et production responsables) et les ODD 14 et 15 (préservation des eaux et des terres). L'atteinte de ces objectifs aura également des effets positifs sur le plan de la justice environnementale et permettra de réaliser l'ODD 10 (inégalités réduites). Surtout, les mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre et des polluants de courte durée de vie, comme le carbone noir, viendront faciliter la réalisation de l'ODD 13 (mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques).

Les ODD portent explicitement sur le développement durable. Toutefois, pour que le développement soit durable, il faut à la fois lutter contre la pauvreté et assurer l'équité. Le rapport *Notre avenir à tous* de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, publié en 1987, précisait que le développement durable doit garantir aux pauvres une part équitable des ressources pour soutenir leur croissance économique<sup>333</sup>. Comme il est de plus en plus reconnu que la pollution ne fait pas qu'aggraver la pauvreté, mais constitue également une source d'injustice environnementale, la durabilité du développement est de plus en plus étroitement liée à l'équité. Comme on le souligne dans le *Rapport sur le développement humain 2011* du Programme des Nations Unies pour le développement<sup>339</sup>, la durabilité et l'équité ne se renforcent pas toujours l'un et l'autre (bien que cela puisse être le cas) et les solutions de rechange les plus réalisables peuvent demander une analyse approfondie des compromis nécessaires. Non seulement cette démarche appliquée à la lutte contre la pollution mène à des synergies positives entre durabilité et équité, elle garantit que les ODD relatifs à la pauvreté, à la pollution et à la justice environnementale sont pleinement réalisés.

Le Regional Action Plan for Intergovernmental Cooperation on Air Pollution for Latin America and the Caribbean (plan d'action régional pour la collaboration intergouvernementale relative à la pollution atmosphérique en Amérique latine et dans les Caraïbes), préparé par le Programme des Nations Unies pour l'environnement pour le Forum des ministres de l'Environnement d'Amérique latine et des Caraïbes est un exemple de plan d'action de haut niveau dans lequel on établit des « orientations communes » en vue d'une collaboration entre les gouvernements nationaux sur les grands enjeux<sup>335</sup>. Ce plan d'action vise à favoriser la collaboration pour la création et l'adoption de politiques et programmes nationaux et locaux visant à réduire les émissions de polluants prioritaires et à améliorer

la qualité de l'air en milieu urbain dans la région. Les composantes du plan d'action couvrent une vaste gamme d'activités de soutien, comme l'assistance technique, la coopération en matière de politiques, la mise au point de méthodes d'intervention, la recherche, la sensibilisation et la surveillance. Ce plan d'action régional aidera et incitera les administrations nationales et locales à élaborer puis à mettre en œuvre des plans concrets à l'échelle locale pour réduire la pollution atmosphérique et les effets qui en découlent.

#### Recommandations de recherche

Pour réduire l'exposition inéquitable des pauvres et des groupes marginalisés à la pollution, la Commission recommande de mettre en œuvre deux grandes stratégies. D'abord, le financement de la recherche visant à consigner et cartographier les effets disproportionnés de la pollution chez les pauvres, les femmes et les filles devra devenir une priorité pour les organismes de santé internationaux. Aussi, il faudra que la protection des peuples autochtones et de leurs collectivités contre la pollution et les effets néfastes qui en découlent fasse partie intégrante de l'aide au développement à l'étranger.

#### Section 4 : Les interventions efficaces contre la pollution – priorités, solutions et retombées

Il est entre autres important de retenir du présent rapport qu'avec du leadership, des ressources et une stratégie bien définie fondée sur des données, il est possible de réduire fortement la pollution mondiale et ainsi de prévenir les maladies qui en découlent. Des stratégies visant à réduire la pollution ont été élaborées et mises à l'essai, et elles se sont avérées efficaces. À l'origine, elles ont été conçues dans les pays à revenu élevé, mais on commence à les appliquer dans les pays à revenu intermédiaire. Elles s'appuient sur les lois et règlements en vigueur ; reposent beaucoup sur la technologie ; font l'objet d'une évaluation constante ; sont soutenues par une application rigoureuse et fondée sur le principe du pollueur payeur. Ces programmes comportent des cibles et des échéances précises dont il faut rendre compte. Ces stratégies fructueuses et efficaces peuvent servir de modèles et être adaptées aux conditions locales, dans les villes et les pays de toutes les catégories de revenu. Elles peuvent aider les villes et les pays à surmonter les pires catastrophes humaines et écologiques qui ont miné le développement économique dans le passé.

Il faut aussi retenir du présent rapport que la lutte antipollution et la prévention de celle-ci fournissent de nombreux avantages directs et indirects, tant à court qu'à long terme, aux sociétés de toutes catégories de revenu. Les avantages directs de l'atténuation de la pollution comprennent l'amélioration de la qualité de l'air, de la qualité de l'eau et de la santé. Sur le plan de la santé, on parle de baisses

de l'incidence et de la prévalence des maladies ; d'améliorations de l'état de santé des enfants ; d'une diminution du nombre de décès prématurés ; d'une augmentation de la longévité ; d'améliorations considérables de la qualité de vie. Parmi les avantages indirects, citons le renforcement de l'égalité entre les sexes, la réduction de la pauvreté, la hausse du tourisme, l'amélioration de l'éducation et l'accroissement de la stabilité politique. La réduction de la pollution rend les villes plus habitables, plus attrayantes. Les écosystèmes tout comme l'économie en bénéficient. Lorsque des mesures antipollution sont combinées à des initiatives de transition vers des combustibles propres et de réduction des émissions de gaz à effet de serre, elles peuvent ralentir les changements climatiques à l'échelle mondiale et accélérer la transition vers une économie plus propre, plus durable et circulaire<sup>81,341,342</sup>.

Ces nombreux avantages témoignent du fait que la pollution représente bien plus qu'un enjeu environnemental. Ils sont la preuve que la pollution constitue une menace sérieuse et omniprésente qui touche plusieurs aspects de la santé et du bien-être.

Les mesures antipollution d'aujourd'hui tablent sur les réussites du passé. Les pays industrialisés ont été les premiers à tenter de contrer la pollution, et bon nombre des stratégies adoptées ont été mises en œuvre à la suite de catastrophes environnementales et de santé publique causées par la pollution. C'est au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle à Londres, après une contamination putride de la Tamise et des épidémies récurrentes de choléra, qu'on a réglementé les sources d'eau potable publiques<sup>338</sup> et construit de grandes canalisations pour retirer les déchets humains et les polluants industriels qui forment maintenant les digues et les quais de la Tamise<sup>339</sup>. De graves épisodes de pollution atmosphérique qui ont causé grand nombre de décès, comme le grand smog de Londres en 1952<sup>345</sup> et l'incident survenu à Donora, en Pennsylvanie (États-Unis) ont mené à l'adoption de lois sur la qualité de l'air. Des catastrophes minières et dans d'autres milieux professionnels ont conduit à l'adoption de lois en matière de santé et de sécurité au travail. La découverte de sites contaminés aux États-Unis, notamment au Love Canal dans l'État de New York et dans la Valley of the Drums au Kentucky, ont mené à l'adoption du « Superfund », loi exigeant l'assainissement des sites de déchets dangereux<sup>175</sup>. Enfin, une épidémie de malformations congénitales causées par l'empoisonnement au méthylmercure observée à Minamata, au Japon<sup>341</sup> a donné lieu à des interventions mondiales pour protéger la santé humaine et l'environnement des effets du mercure, efforts qui ont débouché sur l'adoption de la Convention de Minamata<sup>198</sup>.

En réponse à la croissance rapide et mal maîtrisée des villes et à l'expansion mondiale de la production industrielle et de l'agriculture à forte consommation de produits chimiques, les pays à revenu faible et intermédiaire s'engagent de plus en plus dans la lutte contre la

pollution. Les interventions ciblées visant à limiter la pollution de l'eau, améliorer les conditions sanitaires et réduire les maladies d'origine hydrique ont figuré parmi les premières mesures antipollution prises dans les pays à revenu faible et intermédiaire, et ont commencé dès les années 1950. Le Bangladesh est depuis longtemps à l'avant-garde de ces efforts<sup>342,343</sup>. La Chine a réalisé des progrès extraordinaires dans la lutte contre la pollution de l'eau et la prévention des maladies infectieuses d'origine hydrique (encadré n° 8)<sup>344-354</sup>. Mentionnons également le Pérou, qui a lancé un programme d'amélioration du drainage minier<sup>355</sup>.

Site Web de la Convention de Minamata, <http://www.mercuryconvention.org/>

### Encadré n° 8 : Expérience récente de la Chine

Dans la 13<sup>e</sup> édition de son plan quinquennal, en 2016, le gouvernement chinois a reconnu pour la première fois les dangers de la pollution<sup>344</sup> et fixé des cibles précises concernant l'amélioration de l'environnement et la réduction de l'utilisation des ressources.

#### Pollution atmosphérique

- La Chine a adopté en 1987 une loi sur la prévention de la pollution et la lutte antipollution. Cette loi et ses versions ultérieures ont entraîné une baisse des taux de matières particulaires inférieures à 2,5 microns (PM<sub>2,5</sub>) à l'échelle du pays, qui s'est établie à 10 % entre 2014 et 2016 malgré des concentrations de matières particulaires extrêmement élevées dans certaines villes, dont Beijing<sup>345</sup>. Dans une version de cette loi modifiée en 2016, les législateurs ont nommé pour la première fois de façon explicite le lien entre la protection de l'environnement et la santé publique<sup>346</sup>.
- La Chine a augmenté son utilisation des énergies non fossiles (énergie renouvelable et nucléaire) de 9,4 % en 2010 à 12 % en 2015, surpassant ainsi la cible de 11,4 % établie dans la 12<sup>e</sup> édition du plan quinquennal et qui devait être atteinte en 2015. Dans sa dernière version du plan quinquennal<sup>347</sup>, la Chine s'est fixé l'objectif d'augmenter ce pourcentage à au moins 15 % d'ici 2020 et à au moins 20 % d'ici 2030.
- La Chine a mis en place un vaste réseau de postes de surveillance de la qualité de l'air, installés dans plus de 400 villes. La capacité d'assurer le suivi des émissions s'est avérée un élément essentiel de l'élaboration de politiques et de la mise en œuvre de cadres réglementaires fondés sur les données<sup>348</sup>.

#### Pollution de l'eau

- La dernière loi chinoise concernant la pollution de l'eau, le *Water Ten Plan* (plan directeur de l'eau) a été adoptée en avril 2015<sup>349</sup>. Elle définit des paramètres et des cibles pour dix grandes industries polluantes. Les principales cibles à atteindre d'ici 2020 sont les suivantes : plus de 70 % de l'eau de sept cours d'eau importants doit atteindre ou dépasser le seuil de catégorie III en matière de qualité de l'eau ; plus de 93 % des sources d'eau potable en milieu urbain doivent atteindre ou dépasser le seuil de catégorie III en matière de qualité de l'eau ; réduire l'extraction et la pollution des eaux souterraines ; réduire à environ 15 % l'utilisation d'eau provenant de sources souterraines et qui correspond à la catégorie « très mauvaise ».
- Le ministère de la Protection de l'environnement estime que le *Water Ten Plan* augmentera le PIB de 5 700 milliards de yuans (91 milliards de dollars américains) et que les bénéfices pour les industries visées s'élèveront à 1 900 milliards de yuans<sup>355</sup>.

#### Pollution du sol

- Le 13<sup>e</sup> plan quinquennal prévoit la création de lois visant à surveiller, à prévenir et à contrer la pollution du sol. La Chine veut ainsi rendre 90 % des terres arables polluées sans danger pour l'exploitation agricole d'ici 2020, et porter cette proportion à 95 % d'ici 2030<sup>351</sup>. Selon le ministère de la Protection de l'environnement, le plan d'action pourrait ajouter 2 700 milliards de yuans (411 milliards de dollars américains) au PIB du pays et créer environ deux millions d'emplois<sup>352</sup>.
- Le plan quinquennal comprend aussi un programme national de surveillance de la qualité des sols<sup>353,354</sup>.

Des programmes de lutte contre la pollution atmosphérique sont mis en place dans plusieurs villes de pays à revenu faible et intermédiaire, comme Mexico<sup>356</sup>, Oulan-Bator<sup>357</sup> et New Delhi<sup>358</sup>. La Chine, pour sa part, déploie des efforts à l'échelle nationale pour réduire la pollution atmosphérique, dont un plan qui augmentera de façon marquée le recours aux sources d'énergie renouvelables et non polluantes, et elle est en voie de tripler ou presque sa capacité solaire entre 2015 et 2020 grâce à une augmentation de 15 à 20 gigawatts par année<sup>123,359-361</sup>.

La majorité des pays ont maintenant des programmes de lutte contre certains aspects de la pollution, et presque tous ont établi des cadres de réglementation pour l'industrie, bien que le personnel, les ressources et la capacité d'application varient considérablement d'un pays à l'autre<sup>362</sup>. La présente partie du rapport de la Commission présente la liste des avantages de la lutte antipollution. On y décrit les principaux éléments des stratégies antipollution qui ont bien fonctionné, de même que les responsabilités des intervenants, avant de proposer des recommandations.

### Les avantages de la lutte antipollution

Des exemples de mesures antipollution et de leurs avantages directs et indirects sont présentés dans la présente section, dans les encadrés n<sup>os</sup> 9 et 10<sup>119,131,363-367</sup>, et à l'annexe (p. 63-107).

La réduction de la pollution de l'air domestique constitue un premier avantage. On y parvient en fournissant du gaz de pétrole liquéfié et du biogaz, ainsi qu'une électricité abordable de sources renouvelables non polluantes afin de remplacer les copeaux de bois, le charbon minéral, le charbon de bois et la bouse de vache utilisés comme combustibles de cuisson. Non seulement ces mesures réduisent l'exposition aux particules en suspension dans l'air, avec les bienfaits qui s'ensuivent pour la santé, mais elles créent aussi des retombées économiques à court et à long terme pour les collectivités locales parce que les ménages (en particulier les femmes) passent moins de temps à recueillir du bois ou à préparer la bouse pour la cuisson, ce qui leur laisse plus de temps pour des activités plus productives sur le plan économique (dans le cas des femmes) ou l'école (dans le cas des filles)<sup>368</sup>.

#### Encadré n<sup>o</sup> 9 : Succès partiels dans la réduction de la pollution atmosphérique causée par les cuisinières

##### Programme national d'amélioration des fours de la Chine

- Dans le cadre de son programme national d'amélioration des fours (1982-1992), la Chine a remis 180 millions de fours améliorés à des habitants de régions rurales en Chine, en collaboration avec des programmes provinciaux. Ce programme fait partie des plus considérables et des plus réussis de ce type dans le monde<sup>363</sup>. L'objectif était principalement d'augmenter l'efficacité des appareils et de réduire ainsi l'utilisation de biocombustibles. Les ménages à revenu moyen ont été ciblés et l'on s'attendait à ce qu'ils en fassent eux-mêmes l'acquisition<sup>364</sup>. Tous les fours étaient munis d'une cheminée, et certains comportaient des ventilateurs pour une meilleure combustion.
- En ce qui concerne l'objectif principal d'un meilleur rendement énergétique, le programme chinois a réussi à abaisser les niveaux de pollution de l'air domestique. Malheureusement, cette baisse n'a pas suffi à faire respecter les normes du pays en matière de qualité de l'air intérieur, et des expositions substantielles ont perduré. Le programme présentait une lacune importante : la conception des fours n'avait pas mené à une réduction des émissions. Elle ne visait qu'à améliorer le rendement énergétique et, au mieux, ne faisait que libérer la fumée à l'extérieur, où les gens continuaient d'y être exposés. Quoi qu'il en soit, ce programme a prouvé qu'une initiative bien préparée et bien soutenue, coordonnée à l'échelle nationale, mais bénéficiant aussi d'un appui considérable à l'échelle locale pouvait avoir des retombées de grande envergure. Une étude épidémiologique sur l'amélioration des fours domestiques menée auprès d'une cohorte de 21 232 agriculteurs chinois, qui ont fait l'objet d'un suivi de 1976 à 1992, a aussi révélé que l'amélioration des fours était associée à une baisse de plus de 30 % de l'incidence du cancer du poumon<sup>365</sup>.

##### Programme national d'amélioration des *chulhas*, les fours traditionnels de l'Inde

- Le programme national d'amélioration des *chulhas* de l'Inde, d'une ampleur comparable à celle du programme chinois, a duré de 1984 à 2001 environ. Il aurait eu une incidence relativement faible sur l'efficacité énergétique à l'échelle nationale, et encore plus limitée sur la réduction de l'exposition à long terme à la fumée<sup>366</sup>.

##### Projet des fours Gyapa à Accra, au Ghana

- Le projet des fours Gyapa mené à Accra, au Ghana, est un exemple d'initiative de remplacement des fours qui a bien réussi. En 2000, 95 % des ménages ghanéens utilisaient des combustibles solides pour alimenter les fours. Cette proportion était beaucoup plus élevée que la valeur estimée à 73,4 % pour le reste du Nord-Ouest de l'Afrique. De nombreuses habitations du Ghana étaient mal aérées et la consommation de combustibles solides, comme le bois de la savane, était inefficace et contribuait à la déforestation ainsi qu'au déséquilibre des écosystèmes. Pour s'attaquer à ce problème, EnterpriseWorks/VITA, la Fondation Shell et l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) ont mis en place en 2002 un programme conjoint visant à remplacer les marmites au charbon traditionnelles par de nouveaux fours appelés Gyapa. Le four Gyapa requiert de 50 à 60 % moins de combustibles que les fours traditionnels et produit moins de fumée. C'était un projet plutôt inhabituel, qui visait à établir un modèle d'affaires durable qui renforcerait l'économie locale par la création des emplois requis pour fabriquer les fours. En 2008, 68 000 fours ont été vendus à Accra et Kumasi. Ce programme aurait amélioré la qualité de l'air de 40 à 45 %.

### Encadré n° 10 : Des combustibles et un air intérieur plus propres

Des progrès considérables réalisés au cours des deux dernières années ont permis de rendre les combustibles propres accessibles dans plusieurs pays. Voici quelques exemples de programmes d'adoption de ces combustibles.

#### Programme de gaz de pétrole liquéfié de l'Inde

- En 2016, l'Inde s'est fixé l'objectif d'offrir l'accès au gaz de pétrole liquéfié à 50 millions de familles pauvres additionnelles en trois ans, grâce à un vaste programme mené par l'entremise des sociétés pétrolières nationales. La même année, plus de 10 millions de ménages avaient déjà été ciblés dans le cadre de la campagne nationale intitulée « Give it Up », où des familles de classe moyenne remettent volontairement le montant de la subvention qu'elles touchent pour l'achat de gaz de pétrole liquéfié à des familles se situant sous le seuil de la pauvreté, et des fonds réservés à la responsabilité des entreprises sont affectés pour assumer les coûts initiaux.

#### Programme des cuisinières électriques à induction de l'Équateur

- En Équateur, le gouvernement fédéral a mis sur pied un vaste programme qui consiste à remplacer chaque four traditionnel au pays par une cuisinière électrique à induction. Les cuisinières à induction électrique sont 50 % plus efficaces et plus rapides que les cuisinières au gaz et les cuisinières électriques ordinaires et offrent d'autres

avantages, notamment une plus grande sûreté. Si cette transition est possible, c'est parce que l'Équateur peut compter sur une électrification quasi universelle et une hydroélectricité excédentaire. D'autres pays présentent un potentiel hydroélectrique, notamment le Paraguay et le Bhoutan, où l'on mène actuellement des études préparatoires.

- Au bout du compte, toute utilisation domestique de combustibles solides a manifestement des effets nocifs sur la santé et le but ultime devrait être de remplacer ces combustibles par des sources énergétiques plus propres. En attendant, dans les régions et les pays où l'élimination des combustibles solides n'est pas possible à court terme, il faudrait fortement encourager la transition vers les fours à biomasse les plus propres qui soient<sup>119</sup>. Des millions de vies pourraient ainsi être prolongées chaque année dans les populations les plus pauvres de la planète, mais les défis demeurent énormes.
- Les progrès réalisés dans la mise en œuvre des sources d'énergie propres, tant à l'échelle nationale que sectorielle, font l'objet d'un suivi par l'Agence internationale de l'énergie (AIE), qui a observé une certaine progression de la production d'énergie propre à l'échelle nationale, mais des progrès limités par rapport aux objectifs en matière de transport. L'AIE conclut que pour réaliser son plein potentiel en matière d'énergie propre, il est important de favoriser les mesures vigoureuses liées aux cibles établies.

L'amélioration des conditions sanitaires, rendue possible par suite de l'eau et de toilettes propres, en est un deuxième avantage. Non seulement ces mesures réduisent la prévalence des maladies d'origine hydrique, mais elles permettent aussi à un plus grand nombre d'enfants, surtout les filles, de fréquenter l'école<sup>369</sup>. Elles profitent également à l'industrie du tourisme et rehaussent l'économie dans les pays en développement, puisqu'un pays réputé pour avoir des plages propres, un environnement non pollué, de la biodiversité ainsi que de la nourriture et de l'eau salubres peut attirer davantage les touristes avisés et faire augmenter leurs dépenses<sup>370</sup>.

On peut aussi penser à la transition des centrales électriques au charbon vers les centrales électriques au gaz plus propres, ou mieux encore, vers des sources d'énergie renouvelables peu polluantes telles que l'énergie éolienne, marémotrice, géothermique ou solaire. Non seulement ces mesures réduisent la pollution et améliorent la santé cardiovasculaire de populations entières, mais elles réduisent aussi considérablement les émissions de gaz à effet de serre et augmentent l'efficacité de la production d'électricité<sup>371</sup>.

Le fait de réduire la pollution atmosphérique en milieu urbain en améliorant le réseau de transport en commun, en encourageant les modes de transport actif comme

la marche et le vélo, en réduisant la teneur en soufre des carburants, en favorisant l'utilisation de véhicules à faibles émissions ou sans émissions (tout en assainissant l'approvisionnement énergétique) et en limitant la présence d'automobiles et de camions dans les centres-villes peut aussi être bénéfique. Non seulement ces mesures améliorent la qualité de l'air, mais elles réduisent aussi l'incidence de l'asthme chez les enfants et l'incidence des maladies cardiovasculaires, des AVC et du diabète chez les adultes, en plus d'améliorer la qualité de vie des gens en milieu urbain<sup>372,373</sup>.

Il est également avantageux de remettre en état les sites fortement contaminés dans les zones densément peuplées, ce qui viendra réduire la prévalence des empoisonnements par des produits chimiques toxiques et les métaux lourds et fera augmenter la valeur des terrains et encouragera le réaménagement urbain. Des projets de restauration de friches industrielles ont permis de payer les frais de nettoyage par le secteur privé<sup>200</sup>.

Réduire l'exposition au plomb présent dans les produits de céramique (encadré n° 11)<sup>374-376</sup> et la peinture permettra d'abaisser l'incidence du saturnisme chez les enfants et ainsi de hausser le niveau d'intelligence, de créativité<sup>169</sup> et de productivité économique de sociétés entières<sup>46</sup>.

Enfin, l'interdiction de la production et de l'utilisation de l'amiante viendra réduire l'incidence de l'amiantose,

**Encadré n° 11 : La lutte contre la pollution par le plomb, un défi de taille pour le Mexique**

La poterie est pratiquée partout au Mexique dans plus de 10 000 ateliers artisanaux, la plupart de petite taille. On utilise le plus souvent des fours à basse température peu coûteux qui ne sont pas assez puissants pour faire adhérer solidement la glaçure au plomb à l'argile. C'est ainsi que le plomb peut se détacher de la glaçure et s'introduire dans les aliments. Au Mexique, le plomb est utilisé depuis des siècles en poterie pour fabriquer les glaçures, qui représentent une source d'exposition omniprésente au plomb pour la population<sup>374-376</sup>. À partir des années 1990, le gouvernement mexicain a déterminé qu'il fallait faire de la prévention du saturnisme une priorité nationale en santé publique et a donc mis en œuvre une stratégie multiforme comprenant des interventions contre l'utilisation du plomb en poterie.

Voici les principales mesures prévues dans la stratégie :

- Effectuer un recensement complet des ateliers artisanaux pour savoir lesquels utilisent des glaçures à base de plomb.
- Effectuer un suivi auprès des producteurs et des distributeurs de glaçures à base de plomb et de glaçures sans plomb pour bien comprendre les voies d'accès au marché.
- Aviser les producteurs et les intermédiaires que les normes fédérales du Mexique imposent l'interdiction absolue des glaçures à base de plomb dans les produits de céramique utilisés pour préparer ou servir des aliments.
- Établir des liens avec les producteurs de glaçures sans plomb afin de les aider à améliorer leur produit, de façon que celui-ci ressemble le plus possible aux produits couverts d'une glaçure à base de plomb, et d'en faciliter la distribution.
- Créer des incitatifs favorisant l'utilisation de produits de céramique sans plomb.
- Renforcer l'application de la norme fédérale relative aux glaçures à base de plomb grâce à une surveillance améliorée et des inspections ciblées.
- Lancer une vaste campagne de communication pour sensibiliser les céramistes et la population en général aux dangers des produits couverts d'une glaçure à base de plomb et mettre en valeur la qualité et la sûreté des glaçures sans plomb.

du cancer du poumon et de mésothéliomes malins, ce qui mènera à des gains considérables sur le plan de la productivité économique, étant donné tous les cas de maladie grave et de décès prématurés qui seront évités, ainsi qu'à une baisse des coûts en soins de santé. Pour conclure, des stratégies antipollution bien conçues et bien exécutées aideront à réaliser plusieurs des ODD des Nations Unies<sup>16</sup>.

**Éléments essentiels des programmes de lutte antipollution**

Une planification où l'on fait des mesures antipollution la priorité, où l'on établit le lien entre la lutte contre la pollution et la protection de la santé publique et où l'on intègre la lutte contre la pollution aux stratégies de développement constitue la première étape pour contrer le problème. En définissant les interventions et en en faisant une priorité, on permet de centrer les efforts sur le rapport coût-efficacité, et de créer des feuilles de route pour des solutions exhaustives.

Pour la lutte antipollution soit efficace, quel que soit le développement du pays, il faut surtout que les dirigeants des administrations publiques (maires, gouverneurs et chefs d'État) fassent preuve d'audace et de vision et que la société civile soit mobilisée, informée et autonome. Il est également important qu'il y ait un engagement sociétal commun pour la protection de la santé humaine et la défense de la justice sociale, ainsi qu'un ensemble de politiques antipollution soigneusement conçues et fondées sur des données probantes.

Des plans efficaces de lutte antipollution exigent le soutien de plusieurs secteurs de la société et, par le fait même, une collaboration entre de nombreux organismes publics et autres, dans le pays en question et à l'échelle internationale. Tous ces intervenants doivent participer pleinement au programme de développement de la ville ou du pays. Pour obtenir les résultats voulus, il faut inclure non seulement les ministères de la Santé et de l'Environnement, mais également ceux des Finances, de l'Énergie, de l'Industrie, de l'Agriculture et des Transports. Aucune politique antipollution ne peut exister isolément des autres secteurs.

Les stratégies efficaces reposent sur une combinaison de mesures de prévention primaire qui visent à éliminer la pollution à la source, et de technologies antipollution en aval telles que les filtres et les épurateurs de gaz d'échappement qui éliminent les polluants du flux des déchets après leur formation. Voici des exemples de stratégies fondées sur la prévention primaire qui offrent un potentiel élevé de transformation dans la lutte antipollution : passer des combustibles polluants dans une ville ou un pays à des sources renouvelables et non polluantes<sup>377</sup> ; utiliser des charges d'alimentation plus sûres dans la production industrielle, par exemple celles qu'on produit à l'aide des nouvelles technologies issues de la « chimie verte » qui éliminent l'utilisation de substances dangereuses et la production de matières qui peuvent nuire à la santé humaine et à l'environnement<sup>378</sup> ; créer des incitatifs pour favoriser l'adoption de technologies de production propres ; et améliorer l'accès à un réseau de transport en commun efficace et abordable<sup>379</sup>. La prévention primaire peut aussi passer par l'interdiction de substances hautement dangereuses et cancérigènes, comme l'amiante, le benzène, les BPC et le DDT, comme de nombreux pays ont réussi à le faire. La prévention primaire de la pollution fondée sur son élimination à la source est intrinsèquement plus efficace que les technologies utilisées en aval, comme les épurateurs de gaz d'échappement ou les filtres à eau qui réduisent la quantité d'émissions de polluants et la toxicité de ces derniers une fois qu'ils sont déjà formés. La prévention primaire de la pollution à la source est également essentielle si l'on veut accélérer la transition vers une économie plus durable et circulaire.

Ces thèmes et études de cas sur la lutte antipollution sont exposés plus en détail à l'annexe (p. 63-82). Les principaux éléments de tous les plans efficaces de lutte antipollution sont décrits dans les sections suivantes.

**Fixer des cibles et des échéances ambitieuses, mais atteignables**

Il est essentiel d'établir des cibles et des échéances dans un programme de lutte antipollution. Elles fournissent des repères et des paramètres à l'évaluation des progrès réalisés. La Commission recommande de définir des

cibles numériques et des échéances précises pour la lutte antipollution et la prévention des maladies liées à la pollution, dans chaque ville et pays, et de mettre en œuvre des mesures incitatives pour le respect des échéances de même que des pénalités pour ceux qui ne les respectent pas.

Les cibles relatives à la lutte antipollution doivent être adaptées à la catégorie de revenu et au niveau de développement de chaque pays et s'appuyer sur celles de l'OMS. Leur efficacité est maximisée lorsqu'elles portent sur les sources de pollution définies comme prioritaires. Elles doivent être intégrées aux engagements concernant le respect des ODD et la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

### Définir l'ordre de priorité des interventions contre les sources de pollution

Il est extrêmement important que les programmes de lutte antipollution établissent et suivent un mécanisme robuste, systématique et transparent permettant de définir l'ordre de priorité des mesures antipollution en fonction des effets sur la santé, des dommages causés à l'environnement et du rapport coût-efficacité des interventions contre diverses sources de pollution. Une solide méthode d'établissement des priorités permettra d'éviter le piège de priorités établies par opportunisme politique<sup>380,381</sup> ou parce que certaines interventions retiennent l'attention des médias.

Il est extrêmement important de réaliser des gains rapides et très visibles si l'on espère obtenir le soutien du public pour un programme de lutte antipollution. Il est donc essentiel de déterminer, dans les plans d'intervention, quelles sont les sources de pollution qui, si elles sont contrées promptement, pourraient se traduire par des gains rapides. Des améliorations rapides et mesurables en santé publique, notamment en santé infantile, s'avèrent des leviers efficaces lorsqu'on tente d'obtenir le soutien du public et de la classe politique.

Voici les étapes à suivre pour classer les sources de pollution en fonction de leur incidence sur la santé, un processus important pour dresser un plan d'action efficace sur les plans de la santé et de la pollution : 1) examiner la fréquence et la gravité des maladies attribuables à divers types de pollution, au moyen de données issues de sources nationales et de l'Étude sur la CMM, et s'en servir pour définir l'ordre de priorité des interventions antipollution ; 2) définir la contribution relative de chaque source d'exposition pour chaque type de pollution ; 3) évaluer l'efficacité des programmes qui pourraient réduire les effets de chaque source de pollution sur la santé, examiner les programmes actuels pour en évaluer l'efficacité et la portée et relever les lacunes en ce qui a trait au rendement, aux lois, aux règlements et à l'application ; 4) dresser la liste des interventions potentielles (nouvelles ou élargies) qui auraient une incidence importante pour la santé, entraîneraient des avantages indirects mesurables et pour lesquelles la demande de solutions est importante, et évaluer le rapport

coût-efficacité de ces interventions ; 5) concentrer ses efforts non seulement sur les sources de pollution à haute visibilité, mais également sur celles qui ont moins attiré l'attention par le passé, par exemple la pollution de l'air domestique, les sites contaminés, l'exposition au plomb (y compris le plomb présent dans la glaçure des produits de céramique, les peintures et d'autres sources propres à une culture en particulier), ainsi que les risques professionnels, notamment dans le cas de l'amiante ; 6) examiner les avantages des interventions contre la pollution en plus d'améliorations de la santé, en tenant compte de l'importance de l'égalité entre les sexes, de l'atténuation de la pauvreté, du ralentissement des changements climatiques, de l'accroissement du tourisme, de la croissance économique, de l'amélioration de l'éducation et des facteurs politiques (encadré n° 12)<sup>382-387</sup> ; 7) faire participer tous les organismes intéressés à l'établissement des priorités, notamment les hauts représentants des ministères de la Santé, de l'Environnement, de l'Industrie, du Développement, des Finances, des Transports, de l'Énergie et de la Planification, ainsi que les instances législatives et la société civile, dans la mesure du possible ; et 8) commencer à mettre en œuvre les programmes pour lesquels l'expérience indique un solide rendement du capital investi, selon les retombées

#### Encadré n° 12 : Politiques rentables pour l'amélioration de l'accès à de l'eau salubre et à des conditions sanitaires suffisantes

Les trousse de décontamination de l'eau potable domestique et les filtres en céramique sont des exemples de technologies peu coûteuses qui permettent de purifier l'eau potable dans les ménages en milieu rural qui n'ont pas autrement accès à de l'eau salubre. Les latrines constituent une solution rentable au problème de défécation en plein air. Le coût par année de vie sauvée varie de 50 à 125 \$ US pour la chloration de l'eau potable domestique et de 125 à 325 \$ US dans le cas des filtres en céramique<sup>382</sup>.

Le don de trousse de chloration, de filtres et de latrines apparaît comme une solution intéressante pour améliorer l'accès à de l'eau potable salubre ainsi que les conditions sanitaires. Toutefois, d'après des études empiriques, cette stratégie est inefficace et entraîne un gaspillage de ressources, puisque ce ne sont pas tous les ménages qui vont utiliser les trousse de chloration, même si celles-ci leur sont remises gratuitement. Une meilleure solution serait de faire payer pour la technologie tout en subventionnant l'achat. Les études donnent à penser que les gens qui paient pour un produit sont plus susceptibles de s'en servir<sup>383</sup>. On peut également remettre aux ménages des bons qu'ils peuvent échanger à l'achat d'une trousse<sup>384</sup>. Le fait que les ménages doivent échanger le bon permet de faire la distinction entre ceux qui sont les plus susceptibles d'utiliser la trousse et les autres.

La réduction du prix des filtres à eau potable en céramique et des latrines, dont le coût initial est considérable, peut en augmenter considérablement l'utilisation<sup>385,386</sup>. Toutefois, subventionner ces filtres et latrines peut être coûteux. Les régimes de microfinancement qui consistent à échelonner le coût des filtres à eau ou des latrines sur de longues périodes se sont révélés efficaces pour accroître l'utilisation, et ce, à moindre coût pour les bailleurs de fonds que s'ils devaient fournir une pleine subvention<sup>387</sup>. Cette démarche permet à un plus grand nombre de ménages d'être couverts pour une dépense donnée, et permet aux ménages ainsi qu'à l'ensemble de la collectivité de s'approprier l'amélioration. Les toilettes à compostage peuvent présenter des avantages dans certaines circonstances, notamment en l'absence d'un réseau d'égouts.

en santé publique et la possibilité de réaliser des gains rapidement : on pourrait par exemple décider d'éliminer le plomb des peintures ou des produits de céramique, d'assainir les zones toxiques à grande visibilité, d'interdire l'amiante, de publier un classement des sources de pollution les plus importantes dans une ville ou un pays ou de faire appel aux médias pour attirer l'attention du public sur les premières réussites.

#### **Établir des systèmes rigoureux de surveillance environnementale et de suivi de la santé publique**

Des paramètres de qualité pour la surveillance de la pollution et des progrès vers l'atteinte des objectifs nationaux et locaux en matière de prévention de la pollution et des maladies qui en découlent sont essentiels à la réussite de tout plan d'action en matière de santé et de pollution. Voilà pourquoi l'établissement rapide de systèmes de surveillance environnementale et de suivi de la santé publique devrait être une priorité. Il est également important d'effectuer des mises à jour régulièrement en fonction des données probantes. La Commission encourage les pouvoirs publics à envisager la création d'un système central de coordination des données qui servirait à la fois de centre d'intérêt et de point de référence pour l'ensemble des données sur la pollution – que ce soit la pollution de l'air domestique, la pollution de l'air ambiant ou la pollution professionnelle. Un tel système devrait fournir de l'information validée et des rapports de synthèse au public et pourrait représenter une source de données brutes pour les organismes de réglementation, les chercheurs et les décideurs.

Les coûts économiques de la pollution englobent non seulement les coûts en productivité et en santé, mais aussi les coûts découlant de la destruction des écosystèmes et de la perte d'espèces importantes telles que les pollinisateurs et les poissons, qui procurent de grands bienfaits aux humains et sont essentiels à la vie sur Terre. Tout comme les pertes économiques engendrées par les maladies liées à la pollution, les coûts de la détérioration de l'environnement sont essentiellement invisibles. Ils ne peuvent être mesurés au moyen des indicateurs économiques standard et restent dissimulés dans les coûts non comptabilisés, externalisés et impayés de la production industrielle et agricole du monde moderne.

Le rapport intitulé *Économie des écosystèmes et de la biodiversité* est une initiative mondiale parrainée par le Programme des Nations Unies pour l'environnement qui vise à quantifier les pertes économiques qui résultent de la détérioration de l'environnement. Cette initiative s'appuie sur une démarche structurée d'évaluation des pertes écologiques, explorant les flux visibles et invisibles de coûts et de bénéfices allant des écosystèmes vers l'économie, ainsi que la façon dont différentes interventions politiques pourraient changer ces flux. Elle porte sur les conséquences éventuelles des réformes politiques qui

consistent à réaligner les mesures incitatives et les politiques fiscales dans le sens négatif (pollueur payeur) et le sens positif (bénéficiaire payeur). Ces scénarios peuvent être analysés et comparés au *statu quo* afin de déterminer quelles sont les solutions les plus durables<sup>388-390</sup>.

La surveillance de la pollution atmosphérique combine généralement la surveillance au sol et la modélisation de la dispersion atmosphérique afin de mesurer les concentrations de polluants dans l'air et leur distribution<sup>391-392</sup>. Le toximètre, un dispositif peu coûteux qui permet de mesurer les concentrations de polluants au sol, représente une innovation importante<sup>393</sup>. Le recours à la télédétection par satellite pour estimer les taux de pollution atmosphérique retient de plus en plus l'attention, bien qu'on travaille toujours à préciser la couverture et l'interprétation des données satellitaires<sup>394</sup>.

On reconnaît l'importance de miser sur des données épidémiologiques exactes pour la prévention et la réduction des maladies, et ce, depuis les travaux réalisés par des pionniers comme William Farr<sup>338</sup>, qui avait consigné la progression de la maladie et des décès durant la grande épidémie de choléra de 1848-1849 en Grande-Bretagne. Les programmes nationaux et internationaux de collecte, de regroupement, d'évaluation systématiques et de diffusion rapide des données sur la morbidité et la mortalité sont un élément fondamental de l'infrastructure mondiale de santé publique<sup>395,396</sup>.

Il reste encore de nombreuses lacunes à combler, notamment dans les pays pauvres qui n'ont pas les ressources nécessaires pour recueillir des données de façon systématique<sup>397</sup>. On dispose d'information utilisable sur les causes de mortalité seulement pour le tiers de la population mondiale et 5 % du continent africain. La Chine et l'Inde en sont actuellement à réorganiser leurs systèmes d'enregistrement des autopsies verbales, de sorte que la cause de décès soit fondée sur des données fournies par des spécialistes formés sur le terrain, et ces systèmes de données s'améliorent<sup>398</sup>. Les lacunes dans la qualité des données sur la santé publique nuisent à l'exactitude des estimations mondiales de la charge de morbidité liée à la pollution.

#### **Établir un mécanisme de reddition des comptes**

La reddition des comptes est d'une importance capitale. Les programmes de prévention de la pollution et de lutte antipollution doivent continuellement être soumis à des évaluations et tenus de rendre compte du respect des cibles et des échéanciers, qu'on mesure au moyen de paramètres relatifs aux processus (nombre de règlements adoptés, de toximètres installés, d'essais réalisés) et de mesures des résultats (diminutions de la pollution de l'air et de l'eau ou améliorations de l'état de santé). Les données de surveillance et sur les progrès réalisés vers l'atteinte des cibles et des échéanciers doivent être rendues accessibles aux citoyens et aux organisations de la société civile<sup>399-401</sup>.

Des paramètres sélectionnés avec soin assurent une base essentielle à la surveillance et à la reddition des comptes.

Le Health Effects Institute a élaboré une taxonomie de paramètres qu'on peut utiliser pour suivre les progrès des programmes antipollution. Pour ce qui est des programmes de lutte contre la pollution atmosphérique, le sommaire des paramètres suggérés par le Health Effects Institute comprend des paramètres relatifs à la réglementation, aux émissions et aux polluants<sup>399</sup>.

### Établir un bon programme de gestion des produits chimiques

Parmi les 140 000 produits chimiques et pesticides sur le marché actuellement, bon nombre n'ont jamais fait l'objet d'essais d'innocuité ou de toxicité<sup>36</sup>. L'information sur le potentiel de toxicité est accessible au public seulement pour la moitié environ des substances chimiques commerciales produites en grande quantité et les plus couramment utilisées, et l'information sur la toxicité pour le développement ou la reproduction n'est disponible que pour moins de 20 % de ces substances chimiques<sup>402</sup>. Comme de nombreux composés n'ont fait l'objet d'aucun essai de toxicité, les populations de partout dans le monde sont exposées aujourd'hui à des centaines de substances qui n'ont pas été mises à l'essai, ce qui a mené à des épisodes récurrents de maladies et de détérioration de l'environnement<sup>36</sup>.

Pour contrer ce problème d'exposition aux produits chimiques qui n'ont fait l'objet d'aucun essai de toxicité et dont les dangers sont inconnus, les pays à revenu élevé ont commencé à élaborer des programmes de gestion des produits chimiques<sup>403,404</sup>. Ces programmes sont fondés sur des essais de toxicité et d'innocuité obligatoires combinés au contrôle ou à l'interdiction de la fabrication et de l'utilisation des produits chimiques toxiques<sup>36</sup>. Les pays à revenu élevé ont les ressources nécessaires pour mettre en place leurs propres programmes d'essais des produits chimiques, comme ceux qui sont appuyés par l'Agence européenne des produits chimiques et le National Toxicology Program des États-Unis. Les pays à revenu faible et intermédiaire doivent quant à eux se fier aux résultats obtenus par ces organismes d'essai, ainsi qu'aux constatations relatives à l'innocuité et à la toxicité des produits chimiques transmises par les organismes internationaux réputés, indépendants de l'industrie de la fabrication de produits chimiques, comme le Programme international sur la sécurité chimique de l'OMS<sup>109</sup>, le Centre international de recherche sur le cancer, le Programme des Nations Unies pour l'environnement<sup>101</sup> et l'Institut Ramazzini.

### Établir et appliquer des lois et des règlements de protection de l'environnement fondés sur le principe du pollueur payeur

Une législation solide<sup>405</sup> et des règlements clairs, transparents et appliqués de façon impartiale sont des éléments incontournables des politiques antipollution, et ce, dans tous les pays.

Les constatations faites aux États-Unis montrent toute l'importance des lois et des règlements dans la réduction de la pollution. Grâce à la réglementation nationale afférente à la *Clean Air Act*, les États-Unis sont parvenus à réduire de 75 % la concentration de six polluants atmosphériques courants par rapport aux taux observés en 1970, tout en augmentant le PIB de près de 250 % (figure 1)<sup>43</sup>. Selon les estimations, chaque dollar investi dans la lutte contre la pollution de l'air ambiant dans ce pays entraîne des bénéfices de 30 \$ US<sup>45</sup> (IC de 95 %, 4-88 \$)<sup>45</sup>.

L'État de la Californie a également adopté une série de lois et de politiques visant à limiter la pollution atmosphérique qui, à certains égards, sont encore plus rigoureuses que la réglementation fédérale<sup>406</sup>. Les politiques de la Californie visant à réduire la pollution atmosphérique liée à la circulation automobile comprennent des normes relatives aux véhicules à faible taux d'émissions, à l'essence à faible teneur en soufre et aux émissions des moteurs diesel, ainsi que des incitatifs financiers favorisant le remplacement et la mise à niveau des véhicules polluants. Parmi les autres politiques fructueuses, mentionnons l'obligation d'utiliser des carburants diesel plus propres dans les navires océaniques et les locomotives, de même que dans les moteurs diesel stationnaires et l'équipement agricole. Les politiques visant à réduire la pollution de sources stationnaires comprennent les réductions prescrites par la loi des émissions d'oxydes d'azote et d'oxydes de soufre, les analyses obligatoires des émissions provenant de sources nouvelles et les normes relatives aux émissions propres à la source. La mise en application de ces normes a mené à des réductions de la concentration des principaux polluants atmosphériques de plus de 70 % en Californie et à des améliorations mesurables de la santé respiratoire des enfants<sup>44</sup>, tout cela en même temps qu'on observait une forte hausse du PIB, ce qui montre une fois de plus que la lutte antipollution ne nuit aucunement au développement économique ni au progrès social<sup>43</sup>.

Le principe du pollueur payeur est un élément important de la réglementation environnementale. Le fait d'être tenu de payer pour la pollution qu'on génère et pour les mesures de dépollution peut fortement inciter à adopter des technologies nouvelles et plus efficaces qui réduisent la pollution. Ce principe force les industries polluantes à reconnaître et à assumer les coûts de la pollution, autrement considérés comme des externalités. Enfin, il permet de générer des revenus qui aident à assumer les coûts des programmes de lutte antipollution.

En parallèle avec l'application du principe du pollueur payeur, il est important que les pouvoirs publics mettent un terme aux subventions accordées aux industries polluantes, comme celles de la production de charbon, de pétrole, de gaz et de produits chimiques. Lorsque ces industries sont subventionnées, c'est en quelque sorte comme si les pouvoirs publics et les contribuables qui les soutiennent payaient indirectement pour être exposés à la pollution.

Site Web du Health Effects Institute, <http://www.wsp.org/>

Site Web de l'Agence européenne des produits chimiques, <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals>

Site Web de l'Institut Ramazzini, <http://www.ramazzini.org/en/>

Une magistrature compétente, indépendante et impartiale fournit un filet de sécurité essentiel aux lois et aux règlements de protection de l'environnement<sup>407</sup>. Un système judiciaire indépendant est nécessaire afin d'assurer l'application juste et impartiale des normes réglementaires et la protection de la population, notamment les peuples autochtones et leurs terres, contre les effets dommageables des activités industrielles polluantes. Se reporter à l'annexe (p. 13-14) pour en savoir plus sur les lois et les accords nationaux et internationaux actuels concernant le contrôle des produits chimiques.

#### Travailler de concert avec le secteur privé

La Commission insiste sur la participation de multiples intervenants à la lutte antipollution et à la prévention des maladies qui en découlent. Il ne faut pas se limiter aux hauts dirigeants des administrations publiques, on doit aussi inclure des fonctionnaires clés, les milieux des affaires et les universités, de même que la société civile. En dressant la liste des intervenants (officiels et non officiels) les plus importants et les plus influents, on s'assure de tenir compte de toutes les parties qui peuvent faire progresser les programmes (ou les faire échouer)<sup>77</sup>.

Les dirigeants avisés du monde des affaires peuvent être des défenseurs importants de la lutte antipollution et de la prévention des maladies. Les incitatifs créés par les pouvoirs publics pour les industries non polluantes peuvent également se révéler des moteurs puissants d'actions innovatrices, comme en témoigne l'évolution rapide des systèmes d'énergie solaire et de l'industrie des aliments biologiques.

#### Soutenir les initiatives municipales qui encouragent le transport actif : récompenser la marche et le vélo, accroître l'accès au transport en commun et l'abordabilité de ce dernier, et réduire au minimum l'utilisation des modes de transport motorisé

Plus de la moitié de la population mondiale vit désormais dans les villes, et cette proportion augmente rapidement. Les villes sont responsables de 75 % des émissions de gaz à effet de serre et représentent 85 % de l'activité économique mondiale<sup>408-409</sup>. Les villes, notamment celles qui connaissent une forte croissance dans les pays à revenu faible et intermédiaire, affichent des concentrations parmi les plus fortes au monde de pollution de l'air ambiant et de pollution chimique, de même que les plus hauts taux de maladies attribuables à ces formes de pollution.

Des initiatives importantes ont été lancées dans des villes partout dans le monde pour réduire les émissions de polluants et de gaz à effet de serre et augmenter leur capacité d'adaptation et leur viabilité. De multiples organismes locaux, nationaux et internationaux ont contribué à ces efforts. On pense entre autres au Regional Plan Association de New York, à l'initiative Eco2 Cities de la Banque mondiale et aux programmes d'urbanisation du

Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies.

Les maires se sont révélés des protagonistes importants de la lutte antipollution et de la prévention de maladies qui en découlent, et les plus visionnaires d'entre eux ont su raviver les villes éprouvées pour en faire des lieux d'une beauté extraordinaire, offrant une excellente qualité de vie<sup>410</sup>. La Commission loue les efforts déployés pour lancer des initiatives de planification et de design urbains qui repensent les villes en prévoyant l'aménagement d'espaces verts, de parcs et d'allées piétonnières, en encourageant le transport actif (marche et vélo) et en améliorant l'accès au transport en commun et son abordabilité. On traite de ces programmes en détail dans la série de 2016 du *Lancet* sur la planification urbaine et la santé des populations<sup>411,412</sup>.

#### Faire face aux groupes d'intérêt

La planification et l'établissement de priorités en matière de santé et de lutte antipollution ne se font pas toujours sans heurts. Les analyses des compromis entre le développement économique et la pollution sont nuancées et varient considérablement d'un secteur d'activité et d'un pays à l'autre. Règle générale, lorsque les externalités en santé publique sont incluses dans l'évaluation, même les industries primaires comme la fabrication lourde et l'extraction minière obtiennent un meilleur rendement macroéconomique à long terme, pourvu que de solides mesures de gestion de la pollution soient en place<sup>413,414</sup>. Ces analyses peuvent toutefois être complexes et sont souvent controversées. Les projections des taux de croissance et de la charge de morbidité liée à la pollution doivent tenir compte de divers types de bénéfices, les industries peu polluantes pouvant fournir des bénéfices nets considérables à une collectivité. Les dirigeants des administrations publiques qui sont capables de faire face aux groupes d'intérêt avec efficacité, de rassembler différents organismes, de réduire l'injustice sociale et de lutter contre la pollution et de participer à la prévention des maladies liées à la pollution peuvent s'attirer beaucoup d'estime, bâtir un héritage, aider le monde à atteindre les ODD et mériter une place d'honneur dans l'histoire.

Les paragraphes suivants du rapport de la Commission décrivent la contribution que peuvent apporter divers intervenants à la lutte contre la pollution, que ce soit les pouvoirs publics, la société civile ou les professionnels de la santé.

#### Responsabilités des pouvoirs publics et des grandes fondations

Les gouvernements nationaux, provinciaux et d'État, de même que les administrations municipales jouent un rôle très important dans la lutte antipollution et la prévention des maladies qui en découlent. Ces administrations des pays de toutes catégories de revenu ont remporté de grandes victoires contre la pollution.

Le leadership exercé par les dirigeants, que ce soit un président, un premier ministre, un gouverneur ou un maire, est d'une importance capitale. Les dirigeants des administrations publiques sont bien placés pour conscientiser la population et les médias quant à l'importance de la prévention des maladies liées à la pollution. Ils peuvent créer la vision d'un pays ou d'une ville sans pollution. Ils ont également le pouvoir de rassembler de multiples organismes au sein de leur administration – les responsables de la santé, de l'environnement, des finances, des transports, de l'industrie, de l'énergie et du développement – pour faire de la lutte antipollution une priorité.

Les dirigeants des administrations publiques ont également le pouvoir de résoudre la question de la soi-disant « économie politique » de la pollution<sup>415</sup>. La pollution, notamment celle de type industriel, est produite en grande partie par des groupes d'intérêt qui profitent de la situation en externalisant les coûts de production et en rejetant les déchets dans l'environnement. Ces personnes et des organisations ont tendance à s'opposer aux efforts de la lutte antipollution. Les dirigeants ont le pouvoir unique de contrer cette résistance et de conclure des ententes justes qui réduiront la pollution et favoriseront la justice sociale. On a observé dans les pays de toutes catégories de revenu que la lutte antipollution est possible même lorsque l'opposition est forte, mais que cette tâche est rarement facile et qu'elle exige un leadership soutenu et de vastes partenariats dans l'ensemble de la société civile.

### Responsabilités des organismes internationaux

Les organismes de développement international, dont les organismes des Nations Unies, les banques multilatérales de développement, les organismes de financement bilatéraux, les fondations privées et les organisations non gouvernementales, ont des responsabilités importantes en matière de lutte contre la pollution et de prévention des maladies liées à la pollution, des responsabilités qui complètent et étendent le rôle des administrations publiques. Ces organismes devraient rehausser la prévention de la pollution dans les programmes de développement international et de santé mondiale et accroître de beaucoup les ressources qu'ils consacrent à la lutte contre la pollution, laquelle devrait être une priorité dans les mécanismes de financement.

Ces organismes devraient tabler sur les plateformes de données mondiales existantes pour créer une plateforme centrale de surveillance et de coordination de l'information sur toutes les formes de pollution à l'échelle mondiale, et songer à la tenue d'une conférence semestrielle sur la pollution.

Les organismes internationaux devraient aussi fournir des ressources pour réduire les maladies liées à la pollution dans les pays à revenu faible et intermédiaire par les moyens suivants : 1) encourager l'élaboration de plans d'action nationaux et régionaux sur la santé et la pollution, ainsi que de mesures de réduction de la pollution précises, assorties de

cibles limitées dans le temps ; 2) bâtir des systèmes de suivi des données pour recueillir de l'information sur la pollution et les maladies ; 3) soutenir des interventions directes contre la pollution là où elles doivent être menées d'urgence pour sauver des vies ; 4) soutenir les interventions contre la pollution lorsque les actions internationales peuvent entraîner des mesures et la mobilisation de ressources à l'échelle locale ; 5) renforcer les capacités professionnelles et techniques au sein des gouvernements et des administrations municipales ; 6) renforcer la capacité des universités dans les pays à revenu faible et intermédiaire à mener des recherches en sciences de l'hygiène du milieu et à former de futurs professionnels dans les domaines de la santé et de l'environnement ; 7) appuyer les programmes de recherche en sciences de l'hygiène du milieu en collaboration avec les établissements universitaires internationaux, ce qui comprend les études cliniques et épidémiologiques menées afin d'en savoir plus sur les liens qui restent à découvrir entre la pollution et les maladies non transmissibles.

La Commission invite aussi les fondations internationales et les donateurs privés à se joindre aux administrations publiques de partout dans le monde afin d'établir un financement pour le développement international réservé à la lutte contre la pollution attribuable aux activités industrielles, aux véhicules, à l'extraction minière et aux produits chimiques. Ce financement sera plus efficace pour contrer la pollution si l'octroi des fonds est conditionnel à l'application du principe du pollueur payeur dans le pays en question et à ce qu'on mette fin aux subventions et aux allègements fiscaux offerts aux industries polluantes.

Il existe plusieurs options pour un financement de ce type. L'une d'entre elles consiste à créer un nouveau fonds autonome comparable à celui de la coalition GAVI (une alliance mondiale pour les vaccins et la vaccination) ou le Fonds mondial de lutte contre le sida, la tuberculose et le paludisme, pour lesquels des fondations et des philanthropes privés fournissent des fonds de démarrage que les autorités publiques reconstituent par la suite de façon périodique. On pourrait aussi envisager de créer un fonds en fiducie important, tenu et géré par une organisation internationale existante, comme une banque multilatérale de développement ou une fondation. On pourrait également mettre en place un fonds virtuel où les contributions seraient fondées sur des ententes explicites. Enfin, on peut élargir les instruments de financement existants pour l'aide au développement international, notamment en prévoyant des sommes uniquement pour la lutte antipollution.

### Responsabilités des citoyens et des organisations de la société civile

Les citoyens et les organisations de la société civile dans les pays et les villes de partout dans le monde ont des responsabilités importantes en ce qui concerne la prévention de la pollution, et les organisations non gouvernementales jouent un rôle de premier plan dans bon nombre de pays

en demandant aux pouvoirs publics et aux entreprises de rendre des comptes relativement à la lutte contre la pollution et à la prévention des maladies liées à la pollution. Les organisations de la société civile peuvent contribuer à la lutte antipollution en surveillant les activités des pouvoirs publics et des entreprises, en défendant les intérêts du public et en recommandant des politiques, des pratiques et des règlements particuliers (encadré n° 13)<sup>350</sup>. Les groupes de la société civile, surtout ceux qui bénéficient d'un bon financement et qui ont une vocation scientifique, ont beaucoup de poids lorsqu'il faut représenter des populations empoisonnées. Ils peuvent relever les omissions dans les politiques et revendiquer des changements<sup>416</sup>. Les meilleurs d'entre eux offrent un appui stratégique solide aux actions

des pouvoirs publics et ont une vision large et à long terme des enjeux dans leurs actions et leurs recommandations<sup>417</sup>.

### Responsabilités des professionnels de la santé

Les médecins, le personnel infirmier et tous les autres professionnels de la santé jouent un rôle important, car ils doivent aider les sociétés à prendre conscience des difficultés que posent la pollution et les maladies qui en découlent, comme on l'a fait un peu partout dans le monde pour les dangers des guerres nucléaires et des changements climatiques mondiaux.

Les professionnels de la santé peuvent commencer par limiter la pollution et les émissions de carbone générées par les hôpitaux et autres établissements de soins de santé, et réduire la pollution et l'utilisation de sources d'énergie à forte consommation de carbone dans leur vie personnelle. Ils peuvent soutenir la planification locale, régionale et nationale et mettre en évidence les liens entre la pollution et la santé, élaborer de nouveaux programmes d'enseignement transdisciplinaires qui viennent renforcer les connaissances sur les sciences de l'hygiène du milieu et les effets de la pollution sur la santé, et soutenir la recherche dans les domaines de l'exposition, des sciences environnementales, des politiques en matière de santé et de l'économie de la santé.

Les partenariats entre les administrations publiques, la société civile et les professionnels de la santé se sont avérés fort efficaces dans le passé pour lutter contre la pollution. Lorsqu'on a tenté, avec succès, de retirer le plomb de l'essence malgré une forte opposition de l'industrie du plomb qui s'y est farouchement opposé pendant de nombreuses années, on a établi des partenariats entre les organismes publics, les professionnels de la santé et les organisations de la société civile.

### Interventions contre la pollution

Le tableau 7 fournit un aperçu des interventions, des solutions efficaces en matière de politiques et des besoins institutionnels en fonction du type de pollution. Les stratégies visant à améliorer la qualité de l'eau et les conditions sanitaires et à réduire la pollution atmosphérique prennent généralement la forme de subventions, surtout dans les pays à revenu faible, tandis que les politiques visant à réduire la pollution causée par les sources stationnaires et mobiles reposent généralement sur la réglementation, souvent sous forme de normes. Bon nombre de ces stratégies reposent sur des politiques et sur l'application d'une réglementation<sup>418</sup> et ne nécessitent pas d'investissements considérables de la part des administrations publiques.

### Section 5 : Conclusion – La voie de l'avenir

La pollution est actuellement la plus grande menace environnementale pour ce qui est des maladies et des décès prématurés dans le monde. Elle constitue un énorme

#### Encadré n° 13 : Étude de cas – le pouvoir de la société civile dans la lutte contre la pollution atmosphérique en milieu urbain

Les gouvernements nationaux et les administrations municipales jouent un rôle important dans la résolution des problèmes de pollution. Ils ne peuvent toutefois pas agir seuls. La volonté politique de créer et de mettre en application des politiques antipollution efficaces et d'en assurer le maintien à long terme doit être soutenue par les citoyens et les organisations de la société civile de nombreux secteurs. Au cours de l'hiver 2010-2011, par exemple, le gouvernement chinois et l'ambassade des États-Unis ont tous deux commencé à publier des données sur la qualité de l'air de Beijing recueillies toutes les heures. C'était la première fois que ces données étaient rendues publiques. Peu après, des épisodes d'« airpocalypse » ont été enregistrés en hiver, et les données sur la qualité de l'air de Beijing ont commencé à faire l'objet de discussions approfondies dans les médias locaux et internationaux. Cet accès sans précédent à des données en temps réel sur la qualité de l'air a incité les concepteurs de logiciels à créer des applications qui permettaient de transmettre les données à des millions de personnes. Grâce à ces applications, aux réseaux sociaux et aux médias généralistes, les citoyens de Beijing ont ressenti pour la première fois le problème de pollution atmosphérique dans leur ville, puisqu'ils disposaient désormais d'information fondée sur des données qui leur était immédiatement accessible.

Depuis, la Chine a investi dans plusieurs programmes pour atténuer la pollution atmosphérique. Un réseau élargi d'appareils de surveillance de la qualité de l'air a été déployé à Beijing et dans l'ensemble du pays. Des politiques réglementaires plus rigoureuses ont été mises en application. De nouveaux plans d'urgence pour les journées de forte pollution ont été élaborés et mis en œuvre. Pendant ce temps, l'intérêt du public pour les problèmes de pollution ne s'est pas estompé. En 2015, la populaire journaliste Chai Jing a réalisé un documentaire indépendant intitulé *Under the Dome*, qui traitait des effets de la pollution atmosphérique sur la santé et qui est devenu viral dans tout le pays, puis dans le monde entier. Les publications de recherche sur la pollution atmosphérique à Beijing ont augmenté de façon exponentielle.

On peut difficilement déterminer la contribution exacte des milieux de la politique, du militantisme, des technologies, de la recherche et des médias à la réussite des mesures antipollution à Beijing ni l'influence de chacun de ces milieux sur les autres, mais on voit très bien que leurs efforts combinés commencent à porter ses fruits. Depuis 2014, des sources administratives de Beijing ont relevé des baisses, d'une année à l'autre, des taux annuels moyens de PM<sub>2,5</sub>, des résultats qui concordent avec les données recueillies au moyen de l'appareil de surveillance de l'ambassade des États-Unis, qui révèlent également une diminution des taux de PM<sub>2,5</sub>.

Bien qu'il reste beaucoup à faire à Beijing et partout en Chine pour assainir l'air complètement, cet exemple montre toute l'importance de la participation communautaire dans la lutte antipollution, de même que l'importance capitale des données.

problème pour la santé de la planète<sup>15</sup> et justifie que les dirigeants nationaux et internationaux, la société civile, les professionnels de la santé et les gens partout dans le monde s'en préoccupent au premier chef. Pourtant, malgré ses effets lourds de conséquences sur la santé, l'économie et l'environnement, la pollution, en particulier la menace en croissance rapide de la pollution industrielle, des véhicules et la pollution chimique dans les pays à revenus faible et intermédiaire, est négligée dans les programmes d'aide internationale et de santé mondiale. Les stratégies de lutte contre la pollution industrielle, chimique et automobile dans les pays en développement sont profondément sous-financées<sup>49,50</sup>.

La Commission s'est fixé comme objectif d'accroître la sensibilisation mondiale à l'importance de la pollution, à

mettre fin à l'inaction face aux maladies liées à la pollution et à mobiliser les ressources et la volonté politiques nécessaires à une lutte antipollution efficace.

Pour parvenir à cet objectif et réaliser des progrès vers l'élimination de la pollution, les membres de la Commission et les collaborateurs au présent rapport ont entamé une série d'activités dans différents secteurs et différents pays qui vont au-delà de la vie de la Commission et qui visent à prévenir la pollution et à sauver des vies. À l'échelle mondiale, plusieurs auteurs de la Commission en sont aux premières étapes de la conception d'un observatoire mondial de la pollution qui logera à la Global Alliance for Health and Pollution. Ce nouvel observatoire sera une collaboration internationale et multidisciplinaire, axé sur la coordination de l'information concernant toutes les

	Pollution de l'air ambiant (extérieur)	Pollution de l'air domestique	Eau insalubre et conditions sanitaires insuffisantes	Eau et sol contaminés
<b>Interventions à court terme</b>	Relever les sources des principaux polluants afin de mener des interventions ciblées ; viser la maîtrise des sources stationnaires, grandes et moyennes, et mettre en place des systèmes de réduction des poussières ; établir des systèmes de surveillance ; exiger de meilleures normes de qualité des carburants et des moteurs ; concevoir et mettre en œuvre des systèmes efficaces d'application de la loi.	Examiner les interventions actuelles (combustibles et fours plus propres) et déterminer les stratégies les plus adaptables ; mener des campagnes de sensibilisation ciblées ; élargir l'appui des systèmes fructueux actuels.	Élargir les campagnes de sensibilisation concernant le lavage des mains et l'amélioration des conditions sanitaires ; examiner et agrandir les petites installations qui ont bien fonctionné ; planifier la construction d'installations d'assainissement pour l'ensemble du bassin fluvial ; commencer la construction d'installations d'assainissement plus grandes.	Créer des listes de sites pollués ; mettre à l'essai des solutions en menant des projets pilotes à faible coût dans les sites très pollués ; exiger le nettoyage des sites qui ont une incidence importante ; fournir de l'aide technique et des formations.
<b>Interventions à moyen terme</b>	Établir des exigences pour l'utilisation de véhicules plus propres, y compris des postes d'essai (mesures de contrôle pour les véhicules diesel, convertisseurs catalytiques, conversion au gaz) ; créer des incitatifs favorisant l'utilisation de véhicules électriques et hybrides ; moderniser le parc de véhicules des réseaux de transport en commun.	Améliorer l'accès aux combustibles propres et à des fours plus efficaces ; améliorer les systèmes de chauffage et autres systèmes nécessitant des combustibles solides.	Élargir les raccords domestiques individuels aux réseaux d'aqueduc et d'égouts.	Établir des installations d'élimination ; élargir les projets de remise en état ; développer l'industrie de la remise en état ; soutenir les projets pilotes des friches industrielles.
<b>Interventions à long terme</b>	Élargir ou améliorer le transport en commun ; favoriser le transport actif en aménageant des allées piétonnières et des pistes cyclables ; mettre en place des mécanismes pour dissuader les gens d'utiliser des véhicules.	Assurer l'accès complet (voire universel) aux combustibles propres.	Améliorer les systèmes de traitement des eaux de drainage et des eaux usées.	Créer des programmes régionaux et nationaux de remise en état de sites toxiques.
<b>Politiques et institutions</b>	Analyser la répartition des sources pour déterminer les sources de pollution les plus importantes ; établir des cibles et des échéanciers relativement à la lutte antipollution et en établir l'ordre de priorité ; mettre sur pied un comité directeur intersectoriel de haut niveau ; mobiliser la population et les organisations de la société civile.	Définir la population cible ; désigner un organisme responsable doté du mandat d'améliorer la santé ; mettre en place une stratégie concrète pour l'amélioration ou le remplacement des combustibles ; définir des incitatifs financiers.	Définir la population cible ; établir des exigences relatives au niveau de service ; élaborer une stratégie de mobilisation communautaire ; élaborer une stratégie financière.	Établir une politique et des cibles ; élaborer une politique spécialement pour les petites et moyennes entreprises, l'extraction aurifère artisanale et de petite envergure et d'autres secteurs ; confier un mandat clair à l'organisme responsable ; définir les pouvoirs et les responsabilités à l'échelle locale ; définir et mettre en application des structures de soutien financier.
<b>Renforcement des capacités</b>	Effectuer une surveillance et des essais adéquats des principaux polluants atmosphériques et sources d'émissions ; bien comprendre la contribution de chaque source ; mettre en place des postes d'essai des véhicules.	Mettre en place des mécanismes de surveillance ; répertoire, examiner et soutenir les distributeurs et fournisseurs locaux.	Signer des contrats ou des ententes avec les fournisseurs de services publics ; renforcer les partenariats à l'échelle communautaire.	Établir des règlements et des normes ; approuver les fournisseurs d'assistance technique (laboratoires, firmes d'essai, etc.) ; élargir la réglementation applicable aux pollueurs actifs ; appliquer le principe du pollueur payeur ; mettre fin aux subventions accordées par les pouvoirs publics aux industries polluantes.
<b>Lacunes et problèmes structurels courants</b>	Assurer l'expansion vers les villes secondaires qui n'ont pas autant de ressources.	Réduire ou éliminer l'utilisation de combustibles solides pour le chauffage.	Tenir compte des préoccupations en matière de viabilité financière en cette ère de pénurie d'eau croissante.	Prendre des mesures spéciales pour les sites importants, comme les grands cours d'eau pollués.

**Tableau 7 : Interventions antipollution à court, moyen et long terme et infrastructure nécessaires**

formes de pollution dans les pays du monde et l'élaboration de solutions fondées sur les réussites déjà obtenues dans d'autres pays.

Nous voulons que cet observatoire mène ses activités en étroite partenariat avec l'Institute for Health Metrics and Evaluation, les organismes des Nations Unies, Future Earth, la Planetary Health Alliance et d'importantes organisations non gouvernementales qui se préoccupent de la santé de l'environnement de la Terre. Une de ses fonctions importantes consistera à fournir des données qui aideront les pays à faire des initiatives de lutte antipollution une priorité, à suivre la pollution et à utiliser les paramètres de la lutte antipollution, y compris des investissements contre la pollution dans des pays du monde, et de rendre ces données publiques et d'accès facile. Les paramètres précis à suivre sont à l'étude, mais ils pourraient comprendre les suivants : la surveillance de données pays par pays sur l'état de la réglementation antipollution pour chaque type de pollution ; la mesure des expositions à des polluants importants, pays par pays et par région ; les rapports de statistiques détaillées pays par pays sur les maladies et les décès prématurés selon les facteurs de risque de pollution afin de suivre le rendement par rapport aux objectifs proposés dans le présent rapport ; le suivi des investissements nationaux et internationaux dans des recherches étendues sur les maladies et les décès attribuables à la pollution (en particulier la pollution du sol causée par les métaux lourds et les produits chimiques toxiques), y compris les études sur les effets sur la santé des polluants nouveaux ou inconnus précédemment ; le suivi des investissements liés aux interventions antipollution, pays par pays (qui peut être subdivisé par source d'investissements et la nature nationale ou internationale, publique ou privée de l'investissement) ; et l'élaboration d'une base de données qui rendra compte de la rentabilité des interventions antipollution, mesurée en fonction des résultats pour la santé.

En partenariat avec *The Lancet*, la Global Alliance on Health and Pollution prévoit de revoir périodiquement les données sur la santé et la pollution et publier régulièrement de l'information à jour sur les tendances mondiales de la pollution, des maladies liées à la pollution et de la lutte antipollution. La Global Alliance on Health and Pollution examinera également la possibilité de tenir une conférence biennale sur la pollution à laquelle participeront des agences des États-Unis, des pouvoirs publics et des représentants de la société civile qui, ensemble, passeront en revue les stratégies de lutte antipollution, décriront les réussites des projets et examineront les possibilités et les stratégies les plus économiques de lutter contre la pollution.

À l'échelle des pays, des travaux sont en cours pour donner de l'ampleur à la planification en matière de santé et de pollution en partenariat avec les gouvernements des pays à revenus faible et intermédiaire. Ces travaux feront appel à plusieurs organisations et agences, dont la Global Alliance on Health and Pollution, la Banque mondiale, l'OMS, le

Programme des Nations Unies pour l'environnement, et le Programme des Nations Unies pour le développement. De nouveaux programmes visant à renseigner les dirigeants mondiaux et les organismes gouvernementaux sur les solutions qui ont fait leurs preuves pour enrayer la pollution sont également en cours de préparation.

Les activités visant à renforcer la participation du public et de la société civile à la lutte antipollution sont essentielles parce que la préoccupation du public incite fortement les pouvoirs publics à agir contre la pollution. Un nouveau site Web est en cours d'élaboration par la Global Alliance on Health and Pollution pour montrer les données actuelles et, dans certains cas, des données en temps réel sur la pollution dans des pays partout dans le monde. Ce site Web géocodé établit des liens avec des bases de données qui montrent la pollution atmosphérique, la pollution de l'eau et la contamination du sol. Les utilisateurs peuvent zoomer sur les collectivités où ils vivent, voir les renseignements disponibles et publier leurs propres histoires et photos de la pollution. Le site Web comprendra un lien sur lequel les visiteurs pourront cliquer pour communiquer avec les organismes gouvernementaux locaux et y trouver des solutions.

Ces efforts ne sont que le début et il y a encore beaucoup à faire. La Commission encourage tous les efforts pour porter cette question de la pollution à l'attention publique et appuie toutes les solutions qui réduiront la charge énorme sur la santé de cette menace mondiale importante, mais souvent encore dissimulée.

#### Collaborateurs

PJL et RF ont élaboré le concept et les objectifs de la Commission. La Commission s'est réunie au complet à deux reprises (9–11 novembre 2015 et 16–17 juin 2016) à New York, NY, É.-U., et à l'occasion d'une autre réunion en janvier 2016 (limitée au groupe de travail sur la santé et la pollution, également à New York). La Commission a formé quatre groupes de travail pour examiner la charge de morbidité liée à la pollution de l'environnement, calculer les coûts économiques des décès liés à la pollution documentés dans le monde et les AVAI, explorer le croisement entre la pollution et l'inégalité, et évaluer et élaborer des stratégies et des feuilles de route pour une lutte antipollution fructueuse. Chaque groupe de travail devait concevoir, préparer une ébauche et examiner chacune des sections du rapport. PJL a dirigé le groupe de travail n° 1 (Santé). Maureen L. Cropper et Alan Krupnick ont dirigé le groupe de travail n° 2 (Questions économiques). Kirk R. Smith a dirigé le groupe de travail n° 3 (Justice environnementale). DHa et RF ont dirigé le groupe de travail n° 4 (Interventions). Les dirigeants des groupes de travail, de même qu'Yewande Awe de la Banque mondiale et Tim Kasten du Programme des Nations Unies pour l'environnement ont composé le Groupe directeur du rapport. Tous les auteurs ont contribué à la détermination des questions principales et à la sélection des quatre sections principales du rapport. En tant que coprésidents de la Commission, PJL et RF ont planifié et coordonné toutes les activités de la Commission, l'élaboration et l'examen des versions provisoires du rapport et la préparation de l'évaluation externe par des pairs. PJL et RF ont revu et corrigé toutes les sections du présent rapport. Tous les auteurs ont revu chaque étape du rapport et approuvé la version finale. PJL a rédigé la première version et les versions subséquentes de l'introduction, avec des commentaires d'OA, MLC, RF, AH, AK, KVM, JP et KRS. Pour la section 1, PJL a rédigé la première version et les versions subséquentes, avec les commentaires de NB, RB, SB-O'R, JIB, PNB, TC, CM, JF, VF, DHu, BLA, KM, CJLM, FP, LDS, PDS, KRS, WAS, OCPvS et GNY. Pour la section 2, MLC et AK ont rédigé la première version et les versions subséquentes, avec les commentaires de MG, PJL, KVM et ASP. Pour la section 3, KS a rédigé

Pour consulter ce site Web sur la pollution, voir <http://www.pollution.org>

la première version et les versions subséquentes, avec les commentaires de d'OA, AH, PJJ, KVM, MAM, JRo, KRS, AS et GNY. Pour la section 4, DHa a rédigé la première version et les versions subséquentes ont été rédigées et corrigées par RF et PJJ, avec les commentaires de NJRA, OA, RA, ABB, NB, AMCS, JF, AH, DHu, MK, BLo, KM, MAM, JDN, JP, JRa, JRo, CS, KRS, AS, RBS, KY et MZ.

## Déclaration d'intérêts

BLa a servi de témoin expert en Californie pour les plaignants dans une affaire de nuisance publique concernant l'empoisonnement au plomb pendant l'enfance, dans une affaire relative à la proposition 65 du bureau du procureur général de la Californie, dans une affaire impliquant de l'eau contaminée au plomb dans un nouveau quartier résidentiel du Maryland, devant un tribunal canadien concernant un conflit commercial sur l'utilisation de câbles galvanisés sans plomb dans un recouvrement en stuc et comme plaignant dans une affaire impliquant des enfants empoisonnés au plomb à Milwaukee, au Wisconsin, mais il n'a reçu aucune indemnité personnelle pour ces services. Ses honoraires de témoin expert sont déposés dans un fonds de recherche et de formation à l'Université Simon Fraser (Burnaby, C.-B., Canada). MG déclare des subventions de l'Agency for International Development des États-Unis, de la National Science Foundation, de l'International Growth Centre et de la Laura and John Arnold Foundation, mis à part les travaux soumis ; MG déclare également plus de 10 000 \$ US en actions et obligations, y compris dans des entreprises qui polluent et des entreprises touchées par la pollution, dans le cadre d'un portefeuille diversifié. Tous les autres auteurs n'ont aucun intérêt conflictuel.

## Remerciements

La coordination générale du rapport a été dirigée par Elena Rahona, dont l'équipe se composait d'Amy Chart, Samantha Fisher, Rachael Kupka, Yaqi Li, Karen McGill, Myla Ramirez, Anthony Rivera, Petr Sharov, Angela Bernhardt, Russell Dowling, Eric Fecci et Carol Sumkin chez Pure Earth ; d'Alvara McBean à l'Icahn School of Medicine at Mount Sinai ; et de Kelsey Pierce à l'Institute for Health Metrics and Evaluation. Plusieurs personnes ont mis à profit leurs compétences spécialisées pour certaines sections du rapport : Bret Ericson, Christa Hasenkopf, Greg McGruder et Nadine Steckling. La Commission a obtenu les conseils techniques et les commentaires précieux de nombreuses personnes dont Gilles Concorde et Marie Concorde, Elena Craft, James Godbold, Nathalie Gysi, Andrew McCarty, Sumi Mehta, Conrad Meyer, Radha Muthiah, Dietrich Plass, Ananya Roy, Baskut Tuncak et Birgit Wolz. En particulier, les auteurs souhaitent remercier les personnes suivantes pour la coordination des commentaires de différentes équipes : Yewande Awe, Jostein Nygard, Ernesto Sanchez-Triana et Momoe Kanada (Banque mondiale) ; Annette Prüss-Üstün (OMS) ; Jill Hanna et Maria Pachta (Commission européenne) ; Loïc Viatte (ministère suédois de l'Environnement et de l'Énergie) ; Katherine Swanson et Andrea Pavlick (US Agency for International Development), Mathy Stanislaus (pendant son service à la US Environmental Protection Agency, sous l'administration Obama), Kara Estep, Mohammad (Mehrdad) Forouzanfar et Jeff Stanaway (Institute for Health Metrics and Evaluation) ; Tim Kasten, Fanny Demassieux, Achim Halpaap et Pierre Quiblier (Programme des Nations Unies pour l'environnement), Natalia Linou et Douglas Webb (Programme des Nations Unies pour le développement) ; and Nilgün Tas (Organisation des Nations Unies pour le développement industriel). Cette publication est rendue possible grâce à l'aide financière de l'Union européenne, de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, du ministère suédois de l'Environnement et de l'Énergie, du ministère fédéral allemand de l'Énergie, de Nature Conservation, de Building and Nuclear Safety, du ministère norvégien royal de la Santé et des Services sociaux, de l'US Agency for International Development, de l'US National Institute of Environmental Health Sciences, de l'Icahn School of Medicine at Mount Sinai et de Pure Earth. La Global Alliance on Health and Pollution (GAHP) a servi, par le truchement de Pure Earth, de secrétariat à la Commission. GAHP est un organisme de collaboration qui coordonne les solutions en matière de pollution et de santé dans les pays à revenus faible et intermédiaire et qui défend cette cause. Ses membres comprennent des organismes internationaux tels que la Banque mondiale, le Programme des Nations Unies pour l'environnement, le Programme des Nations Unies pour le développement, l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel et des organismes gouvernementaux partout dans le monde. La Commission a demandé les commentaires et des consultations des membres de la GAHP, des experts de la Banque

mondiale, de l'Organisation mondiale de la santé et du Réseau des Centres de collaboration pour la santé des enfants et l'environnement de l'Organisation mondiale de la santé, du Consortium of Universities in Global Health, du Pacific Basin Consortium for Environment and Health, du Superfund Research Program de l'US National Institute of Environmental Health Sciences et d'un certain nombre d'organisations non gouvernementales dont la Global Alliance for Clean Cookstoves, Clean Air Asia, Human Rights Watch, Environmental Defense Fund, Global Poverty Project et World Resources Institute. Le contenu de cette publication est la seule responsabilité du Secrétaire de Pure Earth/GAHP, de l'Icahn School of Medicine at Mount Sinai et *The Lancet* et ne peut en aucune façon être considérée comme un reflet des opinions de l'Union européenne ou d'autres donateurs ou membres individuels de la GAHP. Les auteurs signalent qu'ils travaillent à leur titre personnel. Les opinions exprimées dans cet article sont celles des auteurs et ne reflètent pas les opinions de leurs employeurs respectifs.

## Références

- 1 Rockström J, Steffen W, Noone K, et al. A safe operating space for humanity. *Nature* 2009; **461**: 472–75.
- 2 McMichael AJ, Woodward A, Muir C. Climate change and the health of nations: famines, fevers, and the fate of populations. Oxford: Oxford University Press, 2017.
- 3 Perera FP. Multiple threats to child health from fossil fuel combustion: impacts of air pollution and climate change. *Environ Health Perspect* 2017; **125**: 141–48.
- 4 Gaveau DLA, Salim MA, Hergoualc'h K, et al. Major atmospheric emissions from peat fires in Southeast Asia during non-drought years: evidence from the 2013 Sumatran fires. *Sci Rep* 2015; **4**: 6112.
- 5 Johnston FH, Henderson SB, Chen Y, et al. Estimated global mortality attributable to smoke from landscape fires. *Environ Health Perspect* 2012; **120**: 695–701.
- 6 Scovronick N, Dora C, Fletcher E, Haines A, Shindell D. Reduce short-lived climate pollutants for multiple benefits. *Lancet* 2015; **386**: e28–31.
- 7 National Academy of Sciences. Hidden costs of energy: unpriced consequences of energy production. Washington, DC: National Academies Press, 2010.
- 8 Landrigan PJ, Fuller R. Environmental pollution: an enormous and invisible burden on health systems in low-and middle income countries. *World Hosp Health Serv* 2015; **50**: 35–41.
- 9 Epstein PR, Buonocore JJ, Eckerle K, et al. Full cost accounting for the life cycle of coal. *Ann N Y Acad Sci* 2011; **1219**: 73–98.
- 10 Smith KR, Ezzati M. How environmental health risks change with development: the epidemiologic and environmental risk transitions revisited. *Annu Rev Environ Resour* 2005; **30**: 291–333.
- 11 Omran AR. The epidemiologic transition: a theory of the epidemiology of population change. *Milbank Q* 2005; **83**: 731–57.
- 12 Wilkinson P, Smith KR, Beevers S, Tonne C, Oreszczyn T. Energy, energy efficiency, and the built environment. *Lancet* 2007; **370**: 1175–87.
- 13 Pope Francis. Laudato si'. Encyclical letter on care for our common home. Vatican City: The Vatican, 2015.
- 14 Raworth K. Doughnut economics: seven ways to think like a 21st-century economist. White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing, 2017.
- 15 Whitmee S, Haines A, Beyrer C, et al. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *Lancet* 2015; **386**: 1973–2028.
- 16 National Academy of Sciences. Exposure science in the 21st century. Washington, DC: National Academies Press, 2012.
- 17 Brauer M, Amann M, Burnett RT, et al. Exposure assessment for estimation of the global burden of disease attributable to outdoor air pollution. *Environ Sci Technol* 2012; **46**: 652–60.
- 18 Sorek-Hamer M, Just AC, Kloog I. Satellite remote sensing in epidemiological studies. *Curr Opin Pediatr* 2016; **28**: 228–34.
- 19 Valavanidis A, Fiotakis K, Vlachogianni T. Airborne particulate matter and human health: toxicological assessment and importance of size and composition of particles for oxidative damage and carcinogenic mechanisms. *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev* 2008; **26**: 339–62.
- 20 Pope CA 3rd. Respiratory disease associated with community air pollution and a steel mill, Utah Valley. *Am J Public Health* 1989; **79**: 623–28.

- 21 Dockery DW, Pope CA, Xu X, et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993; **329**: 1753–59.
- 22 Thurston G, Lippmann M. Ambient particulate matter air pollution and cardiopulmonary diseases. *Semin Respir Crit Care Med* 2015; **36**: 422–32.
- 23 Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet* 2017; **389**: 1907–18.
- 24 Krewski D, Jerrett M, Burnett RT, et al. Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality. *Res Rep Health Eff Inst* 2009; **140**: 5–136.
- 25 Meo SA, Memon AN, Sheikh SA, et al. Effect of environmental air pollution on type 2 diabetes mellitus. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2015; **19**: 123–28.
- 26 Cosselman KE, Navas-Acien A, Kaufman JD. Environmental factors in cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol* 2015; **12**: 627–42.
- 27 Malley CS, Kuylenstierna JCI, Vallack HW, Henze DK, Blencowe H, Ashmore MR. Preterm birth associated with maternal fine particulate matter exposure: a global, regional and national assessment. *Environ Int* 2017; **101**: 173–82.
- 28 Chen H, Kwong JC, Copes R, et al. Living near major roads and the incidence of dementia, Parkinson's disease, and multiple sclerosis: a population-based cohort study. *Lancet* 2017; **389**: 718–26.
- 29 Cacciottolo M, Wang X, Driscoll I, et al. Particulate air pollutants, APOE alleles and their contributions to cognitive impairment in older women and to amyloidogenesis in experimental models. *Transl Psychiatry* 2017; **7**: e1022.
- 30 Heusinkveld HJ, Wahle T, Campbell A, et al. Neurodegenerative and neurological disorders by small inhaled particles. *Neurotoxicology* 2016; **56**: 94–106.
- 31 Casanova R, Wang X, Reyes J, et al. A voxel-based morphometry study reveals local brain structural alterations associated with ambient fine particles in older women. *Front Hum Neurosci* 2016; **10**: 495.
- 32 Perera FP, Chang H, Tang D, et al. Early-life exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and ADHD behavior problems. *PLoS One* 2014; **9**: e111670.
- 33 Kioumourtzoglou MA, Schwartz JD, Weisskopf MG, et al. Long-term PM2.5 exposure and neurological hospital admissions in the northeastern United States. *Environ Health Perspect* 2016; **124**: 23–29.
- 34 Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B, et al, for the International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. The carcinogenicity of outdoor air pollution. *Lancet Oncol* 2013; **14**: 1262–63.
- 35 Lelieveld J, Evans JS, Fnais M, Giannadaki D, Pozzer A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* 2015; **525**: 367–71.
- 36 Landrigan PJ, Goldman LR. Children's vulnerability to toxic chemicals: a challenge and opportunity to strengthen health and environmental policy. *Health Aff* 2011; **30**: 842–50.
- 37 Grandjean P, Landrigan PJ. Neurobehavioural effects of developmental toxicity. *Lancet Neurol* 2014; **13**: 330–38.
- 38 Pure Earth: Blacksmith Institute. Toxic Sites Identification Program (TSIP). <http://www.pureearth.org/projects/toxic-sites-identification-program-tsip/> (accessed June 6, 2016).
- 39 Heindel JJ, Balbus J, Birnbaum L, et al. Developmental origins of health and disease: integrating environmental influences. *Endocrinology* 2015; **156**: 3416–21.
- 40 Burnett RT, Pope CA 3rd, Ezzati M, et al. An integrated risk function for estimating the global burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure. *Environ Health Perspect* 2014; **122**: 397–403.
- 41 GBD 2015 Mortality and Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national life expectancy, all-cause mortality, and cause-specific mortality for 249 causes of death, 1980–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* 2016; **388**: 1459–544.
- 42 GBD 2015 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease. *Lancet* 2016; **388**: 1659–724.
- 43 Samet JM, Burke TA, Goldstein BD. The Trump administration and the environment — heed the science. *N Engl J Med* 2017; **376**: 1182–88.
- 44 Gauderman WJ, Urman R, Avol E, et al. Association of improved air quality with lung development in children. *N Engl J Med* 2015; **372**: 905–13.
- 45 US Environmental Protection Agency: Office of Air and Radiation. The benefits and costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020. April 2011. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/fullreport\\_rev\\_a.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/fullreport_rev_a.pdf) (accessed March 30, 2017).
- 46 Grosse SD, Matte TD, Schwartz J, Jackson RJ. Economic gains resulting from the reduction in children's exposure to lead in the United States. *Environ Health Perspect* 2002; **110**: 563–69.
- 47 Pirkle JL, Kaufmann RB, Brody DJ, Hickman T, Gunter EW, Paschal DC. Exposure of the U.S. population to lead, 1991–1994. *Environ Health Perspect* 1998; **106**: 745–50.
- 48 Annett JL, Pirkle JL, Makuc D, Neese JW, Bayse DD, Kovar MG. Chronological trend in blood lead levels between 1976 and 1980. *N Engl J Med* 1983; **308**: 1373–77.
- 49 Greenberg H, Leeder SR, Raymond SU. And why so great a 'no?' The donor and academic communities' failure to confront global chronic disease. *Glob Heart* 2016; **11**: 381–85.
- 50 Nugent R. A chronology of global assistance funding for NCD. *Glob Heart* 2016; **11**: 371–74.
- 51 Van Lare P, for the US Environment Protection Agency. Growing toward more efficient water use: linking development, infrastructure, and drinking water policies. 2006. <https://www.epa.gov/smartgrowth/growing-toward-more-efficient-water-use> (accessed March 30, 2017).
- 52 Bartram J, Brocklehurst C, Fisher MB, et al. Global monitoring of water supply and sanitation: history, methods and future challenges. *Int J Environ Res Public Health* 2014; **11**: 8137–65.
- 53 Schwarzenbach RP, Egli T, Hofstetter TB, von Guten U, Wehrli B. Global water pollution and human health. *Ann Rev Environ Resourc* 2010; **35**: 109–36.
- 54 World Health Organization, United Nations Children's Fund, Water Supply and Sanitation Collaborative Council. Global water supply and sanitation assessment. 2000. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/monitoring/jmp2000.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp2000.pdf) (accessed Sept 17, 2017).
- 55 Chafe ZA, Brauer M, Klimont Z, et al. Household cooking with solid fuels contributes to ambient PM2.5 air pollution and the burden of disease. *Environ Health Perspect* 2014; **122**: 1314–20.
- 56 Balakrishnan K, Cohen A, Smith KR. Addressing the burden of disease attributable to air pollution in India: the need to integrate across household and ambient air pollution exposures. *Environ Health Perspect* 2014; **122**: A6–7.
- 57 Yadama GN. Fires, fuel, and the fate of 3 billion: the state of the energy impoverished. Oxford: Oxford University Press, 2013.
- 58 Yen C, Tate JE, Hyde TB, et al. Rotavirus vaccines. *Hum Vaccin Immunother* 2014; **10**: 1436–48.
- 59 Florez ID, Al-Khalifah R, Sierra JM, et al. The effectiveness and safety of treatments used for acute diarrhea and acute gastroenteritis in children: protocol for a systematic review and network meta-analysis. *Syst Rev* 2016; **5**: 14.
- 60 Branca F, Piwoz E, Schultink W, Sullivan LM. Nutrition and health in women, children, and adolescent girls. *BMJ* 2015; **351**: h4173.
- 61 USAID. Budget spending. <https://www.usaid.gov/results-and-data/budget-spending> (accessed July 12, 2016).
- 62 European Commission: International Cooperation and Development. Commission implementing decision adopting a multiannual indicative programme for the thematic programme 'Global Public Goods and Challenges' for the period 2014–2020. July 23, 2014. [https://ec.europa.eu/europeaid/commission-implementing-decision-adopting-multiannual-indicative-programme-thematic-programme-global\\_en](https://ec.europa.eu/europeaid/commission-implementing-decision-adopting-multiannual-indicative-programme-thematic-programme-global_en) (accessed June 6, 2016).
- 63 WHO. Global action plan for the prevention and control of non-communicable diseases 2013–2020. Geneva: World Health Organisation, 2013. [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/94384/1/9789241506236\\_eng.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/94384/1/9789241506236_eng.pdf?ua=1) (accessed March 30, 2017).
- 64 Kuznets S. Economic growth and income inequality. *Am Econ Rev* 1955; **45**: 1–28.
- 65 Van Alstine J, Neumayer E. The environmental Kuznets curve. In: Gallagher K, ed. Handbook on trade and the environment. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2010.

- 66 Stern DI. The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Dev* 2004; **32**: 1419–39.
- 67 Carson RT. The environmental Kuznets curve: seeking empirical regularity and theoretical structure. *Rev Environ Econ Policy* 2010; **4**: 3–23.
- 68 Andreoni J, Levinson A. The simple analytics of the environmental Kuznets curve. *J Public Econ* 2001; **80**: 269–86.
- 69 Stern DI. Environmental Kuznets curve. *Encycl Energy* 2004; 517–25.
- 70 Cavlovic TA, Baker KH, Berrens RP, Gawande K. A meta-analysis of environmental Kuznets curve studies. *Agric Resour Econ Rev* 2000; **29**: 32–42.
- 71 Lee CC, Chiu YB, Sun CH. Does one size fit all? A reexamination of the environmental Kuznets curve using the dynamic panel data approach. *Appl Econ Perspect Policy* 2009; **31**: 751–78.
- 72 Jamison DT, Summers LH, Alleyne G, et al. Global health 2035: a world converging within a generation. *Lancet* 2013; **382**: 1898–955.
- 73 Ottersen OP, Dasgupta J, Blouin C, et al. The political origins of health inequity: prospects for change. *Lancet* 2014; **383**: 630–67.
- 74 Hill K, You D, Inoue M, Oestergaard MZ, for the Technical Advisory Group of United Nations Inter-agency Group for Child Mortality Estimation. Child mortality estimation: accelerated progress in reducing global child mortality, 1990–2010. *PLoS Med* 2012; **9**: e1001303.
- 75 Michaels D. Doubt is their product: how industry's assault on science threatens your health. Oxford: Oxford University Press, 2008.
- 76 Ahmed K, for the World Bank. Getting to green: a sourcebook of pollution management policy tools for growth and competitiveness. 2012. [http://siteresources.worldbank.org/ENVIRONMENT/Resources/Getting\\_to\\_Green\\_web.pdf](http://siteresources.worldbank.org/ENVIRONMENT/Resources/Getting_to_Green_web.pdf) (accessed April 17, 2017).
- 77 Awe Y, Nygard J, Larssen S, Lee H, Dulal H, Kanakia R. Clean air and healthy lungs: enhancing the World Bank's approach to air quality management. Washington, DC: World Bank, 2016.
- 78 WHO. Inheriting a sustainable world? Atlas on children's health and the environment. Geneva: World Health Organization, 2017. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/254677/1/9789241511773-eng.pdf?ua=1> (accessed March 7, 2017).
- 79 WHO. Don't pollute my future! The impact of the environment on children's health. Geneva: World Health Organization, 2017. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/254678/1/WHO-FWC-IHE-1701-eng.pdf?ua=1> (accessed March 7, 2017).
- 80 UN Environment. The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. May 22, 2001. <http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx> (accessed July 11, 2016).
- 81 WHO. Ministerial declaration for health, environment and climate change. Conference of the Parties to the UN Framework Convention on Climate Change; Marrakech, Morocco; Nov 15, 2016. <http://www.who.int/globalchange/mediacentre/events/Ministerial-declaration-EN.pdf> (accessed Jan 3, 2017).
- 82 WHO. Sixty-eighth World Health Assembly agenda item 14.6. Health and environment: addressing the health impact of air pollution. May 26, 2015. [http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/WHA68/A68\\_ACONF2Rev1-en.pdf](http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA68/A68_ACONF2Rev1-en.pdf) (accessed July 12, 2016).
- 83 UN Environment. Global Alliance to Eliminate Lead Paint. March 2011. [http://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/framework.pdf?ua=1](http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/framework.pdf?ua=1) (accessed July 12, 2016).
- 84 European Union. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). Nov 24, 2010. <http://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/75/oj> (accessed March 30, 2017).
- 85 Wild CP. Complementing the genome with an 'exposome': the outstanding challenge of environmental exposure measurement in molecular epidemiology. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005; **14**: 1847–50.
- 86 Wild CP. The exposome: from concept to utility. *Int J Epidemiol* 2012; **41**: 24–32.
- 87 Prüss-Ustün A, Vickers C, Haefliger P, Bertollini R. Knowns and unknowns on burden of disease due to chemicals: a systematic review. *Environ Health* 2011; **10**: 9.
- 88 Grandjean P, Landrigan PJ. Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. *Lancet* 2006; **368**: 2167–78.
- 89 Engel SM, Miodovnik A, Canfield RL, et al. Prenatal phthalate exposure is associated with childhood behavior and executive functioning. *Environ Health Perspect* 2010; **118**: 565–71.
- 90 Bergman Å, Heindel JJ, Kasten T, et al. The impact of endocrine disruption: a consensus statement on the state of the science. *Environ Health Perspect* 2013; **121**: a104–06.
- 91 Roen EL, Wang Y, Calafat AM, et al. Bisphenol A exposure and behavioral problems among inner city children at 7–9 years of age. *Environ Res* 2015; **142**: 739–45.
- 92 Gore AC, Chappell VA, Fenton SE, et al. EDC-2: The Endocrine Society's second scientific statement on endocrine-disrupting chemicals. *Endocr Rev* 2015; **36**: E1–150.
- 93 Cimino AM, Boyles AL, Thayer KA, Perry MJ. Effects of neonicotinoid pesticide exposure on human health: a systematic review. *Environ Health Perspect* 2016; **125**: 155–62.
- 94 O'Neill J, for the review on antimicrobial resistance. Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations. May, 2016. [https://amr-review.org/sites/default/files/160525\\_Final\\_paper\\_with\\_cover.pdf](https://amr-review.org/sites/default/files/160525_Final_paper_with_cover.pdf) (accessed Oct 4, 2016).
- 95 Kümmerer K. Antibiotics in the aquatic environment – a review – part II. *Chemosphere* 2009; **75**: 435–41.
- 96 Petrie B, Barden R, Kasprzyk-Hordern B. A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. *Water Res* 2015; **72**: 3–27.
- 97 Watts N, Adger WN, Agnolucci P, et al. Health and climate change: policy responses to protect public health. *Lancet* 2015; **386**: 1861–914.
- 98 Haines A, McMichael AJ, Smith KR, et al. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: overview and implications for policy makers. *Lancet* 2009; **374**: 2104–14.
- 99 Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalan C, Bos R, Neira M. Preventing disease through healthy environments. Geneva: World Health Organization, 2016.
- 100 Hallegatte S, Bangalore M, Fay M, et al. Shock waves: managing the impacts of climate change on poverty. Washington, DC: World Bank, 2016.
- 101 United Nations Environment Programme. Costs of inaction on the sound management of chemicals. 2013. [http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8412/-Costs%20of%20inaction%20on%20the%20sound%20management%20of%20chemicals-2013Report\\_Cost\\_of\\_Inaction\\_Feb2013.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8412/-Costs%20of%20inaction%20on%20the%20sound%20management%20of%20chemicals-2013Report_Cost_of_Inaction_Feb2013.pdf?sequence=3&isAllowed=y) (accessed March 30, 2017).
- 102 WHO. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. 2016. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250141/1/9789241511353-eng.pdf?ua=1> (accessed April 17, 2017).
- 103 Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: closing the loop – an EU action plan for the circular economy. Brussels: European Commission, 2015.
- 104 Health and Environment Alliance (HEAL). Walking the Circle – the 4 guiding pillars for a Circular Economy. [http://env-health.org/IMG/pdf/walking\\_the\\_circle.pdf](http://env-health.org/IMG/pdf/walking_the_circle.pdf) (accessed March 30, 2017).
- 105 World Economic Forum. Towards the Circular Economy: accelerating the scale-up across global supply chains. January, 2014. [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_ENV\\_TowardsCircularEconomy\\_Report\\_2014.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf) (accessed March 13, 2017).
- 106 GBD 2015 DALYs and HALE Collaborators. Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 315 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE), 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* 2016; **388**: 1603–58.
- 107 Murray CJL, Lopez AD, for the World Health Organization, the World Bank. The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1996.
- 108 Mathers CD, Vos T, Lopez AD, Salomon J, Ezzati M, for the World Health Organization Global Program on Evidence for Health Policy. National burden of disease studies: a practical guide, 2nd edn. October, 2001. <http://www.who.int/healthinfo/nationalburdenofdiseasemanual.pdf> (accessed March 30, 2017).
- 109 WHO International Programme on Chemical Safety. The public health impact of chemicals: knowns and unknowns, 2016. [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/206553/1/WHO-FWC-PHE-EPE\\_16.01\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/206553/1/WHO-FWC-PHE-EPE_16.01_eng.pdf) (accessed Sept 13, 2017).
- 110 Prüss-Ustün A, Bartram J, Clasen T, et al. Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low- and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries. *Trop Med Int Health* 2014; **19**: 894–905.

- 111 Ericson B, Caravanos J, Chatham-Stephens K, Landrigan P, Fuller R. Approaches to systematic assessment of environmental exposures posed at hazardous waste sites in the developing world: the Toxic Sites Identification Program. *Environ Monit Assess* 2013; **185**: 1755–66.
- 112 Steckling N, Tobollik M, Plass D, et al. Global burden of disease of mercury used in artisanal small-scale gold mining. *Ann Glob Health* 2017; **83**: 234–47.
- 113 Steckling N, Devleesschauwer B, Winkelkemper J, et al. Disability weights for chronic mercury intoxication resulting from gold mining activities: results from an online pairwise comparisons survey. *Int J Environ Res Public Health* 2017; **14**: 57.
- 114 Government of Peru Ministerio del Ambiente. Gestion de sitios contaminados. <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/gestion-de-sitios-contaminados/> (in Spanish; accessed May 5, 2016).
- 115 Government of Mexico Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Sitios contaminados. <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/materiales-y-actividades-riesgosas/sitios-contaminados> (in Spanish; accessed May 30, 2016).
- 116 Brandon E. The nature and extent of site contamination. In: Global approaches to site contamination law. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013: 11–39.
- 117 WHO. Air quality guidelines: global update 2005, 2006. [http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf) (accessed May 15, 2017).
- 118 WHO. WHO global urban ambient air pollution database. June 2017. [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/cities/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/) (accessed July 18, 2016).
- 119 WHO. Indoor air quality guidelines: household fuel combustion. Nov 12, 2014. <http://www.who.int/indoorair/guidelines/hhfc/en/> (accessed May 15, 2017).
- 120 WHO. Developing national strategies for phasing out mercury-containing thermometers and sphygmomanometers in health care, including in the context of the Minamata Convention on Mercury: key considerations and step-by-step guidance. 2015. [http://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/WHOGuidanceReportonMercury2015.pdf](http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/WHOGuidanceReportonMercury2015.pdf) (accessed Sept 13, 2017).
- 121 Pope CA 3rd, Burnett RT, Turner MC, et al. Lung cancer and cardiovascular disease mortality associated with ambient air pollution and cigarette smoke: shape of the exposure-response relationships. *Environ Health Perspect* 2011; **119**: 1616–21.
- 122 The Lancet. Air pollution—crossing borders. *Lancet* 2016; **388**: 103.
- 123 Health Effects Institute. GBD MAPS Working Group. Burden of disease attributable to coal-burning and other air pollution sources in China. August 2016. <https://www.healtheffects.org/system/files/GBDMAPS-ReportEnglishFinal1.pdf> (accessed Sept 13, 2017).
- 124 Apte JS, Marshall JD, Cohen AJ, Brauer M. Addressing global mortality from ambient PM2.5. *Environ Sci Technol* 2015; **49**: 8057–66.
- 125 Forouzanfar MH, Alexander L, Anderson HR, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet* 2015; **386**: 2287–323.
- 126 National Research Council Division on Earth and Life Studies, Board on Atmospheric Sciences and Climate, Committee on the Significance of International Transport of Air Pollutants. Global sources of local pollution: an assessment of long-range transport of key air pollutants to and from the United States. Washington, DC: National Academies Press, 2009.
- 127 Jiang X, Zhang Q, Zhao H, et al. Revealing the hidden health costs embodied in Chinese exports. *Environ Sci Technol* 2015; **49**: 4381–88.
- 128 Zhang Q, Jiang X, Tong D, et al. Transboundary health impacts of transported global air pollution and international trade. *Nature* 2017; **543**: 705–09.
- 129 Lin J, Pan D, Davis SJ, et al. China's international trade and air pollution in the United States. *Proc Natl Acad Sci* 2014; **111**: 1736–41.
- 130 Thurston GD, Kipen H, Annesi-Maesano I, et al. A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework. *Eur Respir J* 2017; **49**: 1600419.
- 131 Wang X, Kindziarski W, Kaul P. Air pollution and acute myocardial infarction hospital admission in Alberta, Canada: a three-step procedure case-crossover study. *PLoS One* 2015; **10**: e0132769.
- 132 Su C, Breitner S, Schneider A, et al. Short-term effects of fine particulate air pollution on cardiovascular hospital emergency room visits: a time-series study in Beijing, China. *Int Arch Occup Environ Health* 2016; **89**: 641–57.
- 133 Weichenthal S, Lavigne E, Evans G, Pollitt K, Burnett RT. Ambient PM2.5 and risk of emergency room visits for myocardial infarction: impact of regional PM2.5 oxidative potential: a case-crossover study. *Environ Health* 2016; **15**: 46.
- 134 Milojevic A, Wilkinson P, Armstrong B, Bhaskaran K, Smeeth L, Hajat S. Short-term effects of air pollution on a range of cardiovascular events in England and Wales: case-crossover analysis of the MINAP database, hospital admissions and mortality. *Heart* 2014; **100**: 1093–98.
- 135 Brook RD, Franklin B, Cascio W, et al, for the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of the American Heart Association. *Circulation* 2004; **109**: 2655–71.
- 136 Mustafic H, Jabre P, Caussin C, et al. Main air pollutants and myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2012; **307**: 713–21.
- 137 Gardner B, Ling F, Hopke PK, et al. Ambient fine particulate air pollution triggers ST-elevation myocardial infarction, but not non-ST elevation myocardial infarction: a case-crossover study. *Part Fibre Toxicol* 2014; **11**: 1.
- 138 Chan SH, Van Hee VC, Bergen S, et al. Long-term air pollution exposure and blood pressure in the sister study. *Environ Health Perspect* 2015; **123**: 951–58.
- 139 Link MS, Dockery DW. Air pollution and the triggering of cardiac arrhythmias. *Curr Opin Cardiol* 2010; **25**: 16–22.
- 140 Gold DR, Samet JM. Air pollution, climate, and heart disease. *Circulation* 2013; **128**: e411–14.
- 141 Newby DE, Mannucci PM, Tell GS, et al, for the ESC Working Group on Thrombosis, European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, ESC Heart Failure Association. Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *Eur Heart J* 2015; **36**: 83–93b.
- 142 Beelen R, Stafoggia M, Raaschou-Nielsen O, et al. Long-term exposure to air pollution and cardiovascular mortality: an analysis of 22 European cohorts. *Epidemiology* 2014; **25**: 368–78.
- 143 Kaufman JD, Adar SD, Barr RG, et al. Association between air pollution and coronary artery calcification within six metropolitan areas in the USA (the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis and Air Pollution): a longitudinal cohort study. *Lancet* 2016; **388**: 696–704.
- 144 Hamra GB, Guha N, Cohen A, et al. Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2014; **122**: 906–11.
- 145 Franklin BA, Brook R, Arden Pope C 3rd. Air pollution and cardiovascular disease. *Curr Probl Cardiol* 2015; **40**: 207–38.
- 146 Kaufman JD, Adar SD, Allen RW, et al. Prospective study of particulate air pollution exposures, subclinical atherosclerosis, and clinical cardiovascular disease: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis and Air Pollution (MESA Air). *Am J Epidemiol* 2012; **176**: 825–37.
- 147 Benziger CP, Roth GA, Moran AE. The Global Burden of Disease Study and the preventable burden of NCD. *Glob Heart* 2016; **11**: 393–97.
- 148 Claeys MJ, Rajagopalan S, Nawrot TS, Brook RD. Climate and environmental triggers of acute myocardial infarction. *Eur Heart J* 2017; **38**: 955–60.
- 149 Stafoggia M, Cesaroni G, Peters A, et al. Long-term exposure to ambient air pollution and incidence of cerebrovascular events: results from 11 European cohorts within the ESCAPE project. *Environ Health Perspect* 2014; **122**: 919–25.
- 150 Forastiere F, Agabiti N. Assessing the link between air pollution and heart failure. *Lancet*; **382**: 1008–10.
- 151 Block ML, Elder A, Auten RL, et al. The outdoor air pollution and brain health workshop. *Neurotoxicology* 2012; **33**: 972–84.
- 152 Volk HE, Lurmann F, Penfold B, Hertz-Picciotto I, McConnell R. Traffic-related air pollution, particulate matter, and autism. *JAMA Psychiatry* 2013; **70**: 71–77.
- 153 Amegah AK, Quansah R, Jaakkola JJK. Household air pollution from solid fuel use and risk of adverse pregnancy outcomes: a systematic review and meta-analysis of the empirical evidence. *PLoS One* 2014; **9**: e113920.

- 154 Smith KR, Bruce N, Balakrishnan K, et al, for the HAP CRA Risk Expert Group. Millions dead: how do we know and what does it mean? Methods used in the comparative risk assessment of household air pollution. *Annu Rev Public Health* 2014; **35**: 185–206.
- 155 Van Vliet EDS, Asante K, Jack DW, et al. Personal exposures to fine particulate matter and black carbon in households cooking with biomass fuels in rural Ghana. *Environ Res* 2013; **127**: 40–48.
- 156 156 Gao Y, Zhang Y, Kamijima M, et al. Quantitative assessments of indoor air pollution and the risk of childhood acute leukemia in Shanghai. *Environ Pollut* 2014; **187**: 81–89.
- 157 Ha S, Hu H, Roussos-Ross D, Haidong K, Roth J, Xu X. The effects of air pollution on adverse birth outcomes. *Environ Res* 2014; **134**: 198–204.
- 158 Shah PS, Balkhair T, for the Knowledge Synthesis Group on Determinants of Preterm/LBW births. Air pollution and birth outcomes: a systematic review. *Environ Int* 2011; **37**: 498–516.
- 159 Glinianaia SV, Rankin J, Bell R, Pless-Mulloli T, Howel D. Particulate air pollution and fetal health. *Epidemiology* 2004; **15**: 36–45.
- 160 Woodruff TJ, Darrow LA, Parker JD. Air pollution and postneonatal infant mortality in the United States, 1999–2002. *Environ Health Perspect* 2007; **116**: 110–15.
- 161 Lee EJ, Schwab KJ. Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. *J Water Health* 2005; **3**: 109–27.
- 162 World Health Organization, UN Environment Programme, Convention on Biological Diversity. Connecting global priorities: biodiversity and human health: a state of knowledge review. 2015. <https://www.cbd.int/health/SOK-biodiversity-en.pdf> (accessed Feb 11, 2017).
- 163 European Bioplastics. Position of European Bioplastics on marine litter. August 2016. [http://docs.european-bioplastics.org/publications/pp/EUBP\\_PP\\_Marine\\_litter.pdf](http://docs.european-bioplastics.org/publications/pp/EUBP_PP_Marine_litter.pdf) (accessed March 6, 2017).
- 164 Hunter D. Diseases of occupations, sixth. London: Hodder Arnold H&S, 1978.
- 165 International Lead Association. Lead uses—statistics. <http://www.ila-lead.org/lead-facts/lead-uses--statistics> (accessed Oct 5, 2016).
- 166 Gibson JL. A plea for painted railings and painted walls of rooms as the source of lead poisoning amongst Queensland children. 1904. *Public Health Rep* 2005; **120**: 301–04.
- 167 Needleman HL, Gunnoe C, Leviton A, et al. Deficits in psychological and classroom performance of children with elevated dentine lead levels. *N Engl J Med* 1979; **300**: 689–95.
- 168 Lanphear BP, Hornung R, Khoury J, et al. Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environ Health Perspect* 2005; **113**: 894–99.
- 169 Caravanos J, Dowling R, Téllez-Rojo MM, et al. Blood lead levels in Mexico and pediatric burden of disease implications. *Ann Glob Health* 2014; **80**: 269–77.
- 170 Reuben A, Caspi A, Belsky DW, et al. Association of childhood blood lead levels with cognitive function and socioeconomic status at age 38 years and with IQ change and socioeconomic mobility between childhood and adulthood. *JAMA* 2017; **317**: 1244–51.
- 171 Froehlich TE, Lanphear BP, Auinger P, et al. Association of tobacco and lead exposures with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatrics* 2009; **124**: e1054–63.
- 172 Needleman HL, Riess JA, Tobin MJ, Biesecker GE, Greenhouse JB. Bone lead levels and delinquent behavior. *JAMA* 1996; **275**: 363–69.
- 173 Nevin R. Understanding international crime trends: the legacy of preschool lead exposure. *Environ Res* 2007; **104**: 315–36.
- 174 World Health Organization. Lead poisoning and health. September 2016. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/en/> (accessed May 15, 2016).
- 175 Jedrychowski WA, Perera FP, Camann D, et al. Prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and cognitive dysfunction in children. *Environ Sci Pollut Res* 2015; **22**: 3631–39.
- 176 Bellinger DC. Prenatal exposures to environmental chemicals and children's neurodevelopment: an update. *Saf Health Work* 2013; **4**: 1–11.
- 177 Herbstman JB, Sjödin A, Kurzon M, et al. Prenatal exposure to PBDEs and neurodevelopment. *Environ Health Perspect* 2010; **118**: 712–19.
- 178 Nussbaumer-Streit B, Yeoh B, Griebler U, et al. Household interventions for preventing domestic lead exposure in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2016; **10**: CD006047.
- 179 Frank AL, Joshi TK. The global spread of asbestos. *Ann Glob Health* 2014; **80**: 257–62.
- 180 Téllez-Rojo MM, Hernández-Avila M, Lamadrid-Figueroa H. Impact of bone lead and bone resorption on plasma and whole blood lead levels during pregnancy. *Am J Epidemiol* 2004; **160**: 668–78.
- 181 Mandour RA, Ghanem AA, El-Azab SM. Correlation between lead levels in drinking water and mothers' breast milk: Dakahlia, Egypt. *Environ Geochem Health* 2013; **35**: 251–56.
- 182 Clark CS, Rampal KG, Thuppil V, et al. Lead levels in new enamel household paints from Asia, Africa and South America. *Environ Res* 2009; **109**: 930–36.
- 183 Jacobs DE. Environmental health disparities in housing. *Am J Public Health* 2011; **101** (suppl 1): S115–22.
- 184 Hanna-Attisha M, LaChance J, Sadler RC, Champney Schnepf A. Elevated blood lead levels in children associated with the Flint drinking water crisis: a spatial analysis of risk and public health response. *Am J Public Health* 2016; **106**: 283–90.
- 185 Pure Earth. World's worst pollution problems. The new top six toxic threats: a priority list for remediation. Fact sheet - lead. [http://www.worstopolluted.org/projects\\_reports/display/127](http://www.worstopolluted.org/projects_reports/display/127) (accessed July 18, 2016).
- 186 Global Burden of Disease Study 2013 Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 301 acute and chronic diseases and injuries in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet* 2015; **386**: 743–800.
- 187 Haefliger P, Mathieu-Nolf M, Locicero S, et al. Mass lead intoxication from informal used lead-acid battery recycling in Dakar, Senegal. *Environ Health Perspect* 2009; **117**: 1535–40.
- 188 Schober SE, Mirel LB, Graubard BI, Brody DJ, Flegal KM. Blood lead levels and death from all causes, cardiovascular disease, and cancer: results from the NHANES III mortality study. *Environ Health Perspect* 2006; **114**: 1538–41.
- 189 Aoki Y, Brody DJ, Flegal KM, Fakhouri THI, Axelrad DA, Parker JD. Blood lead and other metal biomarkers as risk factors for cardiovascular disease mortality. *Medicine (Baltimore)* 2016; **95**: e2223.
- 190 Fewtrell LJ, Prüss-Üstün A, Landrigan P, Ayuso-Mateos JL. Estimating the global burden of disease of mild mental retardation and cardiovascular diseases from environmental lead exposure. *Environ Res* 2004; **94**: 120–33.
- 191 Fuller R. Hazardous waste and toxic hotspots. In: Landrigan P, Etzel RA, eds. Textbook of children's environmental health. London: Oxford University Press, 2013: 254–61.
- 192 Ha E, Basu N, Bose-O'Reilly S, et al. Current progress on understanding the impact of mercury on human health. *Environ Res* 2017; **152**: 419–33.
- 193 Sharov P, Dowling R, Gogishvili M, et al. The prevalence of toxic hotspots in former Soviet countries. *Environ Pollut* 2016; **211**: 346–53.
- 194 Caravanos J, Gutierrez LH, Ericson B, Fuller R. A comparison of burden of disease from toxic waste sites with other recognized public health threats in India, Indonesia and the Philippines. *J Health Pollut* 2014; **4**: 2–13.
- 195 Brevik EC, Burgess LC. The influence of soils on human health. *Nat Educ Knowl* 2014; **5**: 1.
- 196 Chatham-Stephens K, Caravanos J, Ericson B, Landrigan P, Fuller R. The pediatric burden of disease from lead exposure at toxic waste sites in low and middle income countries. *Environ Res* 2014; **132**: 379–83.
- 197 Moya J, Phillips L. A review of soil and dust ingestion studies for children. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2014; **24**: 545–54.
- 198 van Wijnen JH, Clausen P, Brunekreef B. Estimated soil ingestion by children. *Environ Res* 1990; **51**: 147–62.
- 199 Landrigan PJ, Wright RO, Cordero JF, et al. The NIEHS Superfund Research Program: 25 years of translational research for public health. *Environ Health Perspect* 2015; **123**: 909–18.
- 200 US Environmental Protection Agency. Summary of the Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (Superfund). 1980. <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-comprehensive-environmental-response-compensation-and-liability-act> (accessed June 8, 2016).
- 201 European Union. Directive 2004/35/CE of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 on environmental liability with regard to the prevention and remedying of

- environmental damage. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32004L0035> (accessed Sept 13, 2017).
- 202 Caravanos J, Carrelli J, Dowling R, Pavilonis B, Ericson B, Fuller R. Burden of disease resulting from lead exposure at toxic waste sites in Argentina, Mexico and Uruguay. *Environ Health* 2016; **15**: 72.
- 203 Ericson B, Landrigan P, Taylor MP, et al. The global burden of lead toxicity attributable to informal used lead-acid battery sites. *Ann Glob Health* 2016; **82**: 686–99.
- 204 Pebe G, Hugo V, Escate L, Cervantes G. Niveles de plomo sanguíneo en recién nacidos de la Oroya, 2004–2005. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* 2008; **25**: 355–60 (in Spanish).
- 205 Carrizales L, Razo I, Téllez-Hernández JI, et al. Exposure to arsenic and lead of children living near a copper-smelter in San Luis Potosi, Mexico: importance of soil contamination for exposure of children. *Environ Res* 2006; **101**: 1–10.
- 206 van der Kuijp TJ, Huang L, Cherry CR. Health hazards of China's lead-acid battery industry: a review of its market drivers, production processes, and health impacts. *Environ Health* 2013; **12**: 61.
- 207 UN Environment Programme. Global mercury assessment 2013: sources, emissions, releases and environmental transport. <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7984?show=full> (accessed Sept 13, 2017).
- 208 Agricola G, Hoover HC, Hoover LH, York NY. *De re metallica*. Mineola, NY: Dover Books, 1950.
- 209 Ramazzini B, Wright WC. *De morbis artificum diatriba: diseases of workers*. The Latin text of 1713 revised, with translation and notes. Chicago: Chicago University Press, 1940.
- 210 Derickson A. Black lung: anatomy of a public health disaster. New York: Cornell University Press, 1998.
- 211 Rehn L. Blasengeschwülste bei Fuchsin-Arbeitern. *Archiv für Klinische Chirurgie* 1895; **50**: 240–52 (in German).
- 212 Rinsky RA. Benzene and leukemia: an epidemiologic risk assessment. *Environ Health Perspect* 1989; **82**: 189–91.
- 213 Selikoff IJ, Churg J, Hammond EC. Asbestos exposure and neoplasia. *JAMA* 1964; **188**: 22–26.
- 214 Takahashi K, Landrigan PJ. The global health dimensions of asbestos and asbestos-related diseases. *Ann Glob Health* 2016; **82**: 209–13.
- 215 Lucchini RG, Guazzetti S, Zoni S, et al. Neurofunctional dopaminergic impairment in elderly after lifetime exposure to manganese. *Neurotoxicology* 2014; **45**: 309–17.
- 216 Brautbar N, Williams J 2nd. Industrial solvents and liver toxicity: risk assessment, risk factors and mechanisms. *Int J Hyg Environ Health* 2002; **205**: 479–91.
- 217 Chisolm JJ Jr. Fouling one's own nest. *Pediatrics* 1978; **62**: 614–17.
- 218 Trasande L, Landrigan PJ. The National Children's Study: a critical national investment. *Environ Health Perspect* 2004; **112**: A789–90.
- 219 Jacobson JL, Jacobson SW. Intellectual impairment in children exposed to polychlorinated biphenyls in utero. *N Engl J Med* 1996; **335**: 783–89.
- 220 Rauh VA, Perera FP, Horton MK, et al. Brain anomalies in children exposed prenatally to a common organophosphate pesticide. *Proc Natl Acad Sci* 2012; **109**: 7871–76.
- 221 Bouchard MF, Chevrier J, Harley KG, et al. Prenatal exposure to organophosphate pesticides and IQ in 7-year-old children. *Environ Health Perspect* 2011; **119**: 1189–95.
- 222 Suk WA, Ahanchian H, Asante KA, et al. Environmental pollution: an under-recognized threat to children's health, especially in low- and middle-income countries. *Environ Health Perspect* 2016; **124**: A41–45.
- 223 UN Environment Programme. Global chemicals outlook—towards sound management of chemicals. 2013. [http://web.unep.org/chemicalsandwaste/sites/unep.org.chemicalsandwaste/files/publications/GCO\\_web.pdf](http://web.unep.org/chemicalsandwaste/sites/unep.org.chemicalsandwaste/files/publications/GCO_web.pdf) (accessed March 30, 2017).
- 224 Engel SM, Wetmur J, Chen J, et al. Prenatal exposure to organophosphates, paraoxonase 1, and cognitive development in childhood. *Environ Health Perspect* 2011; **119**: 1182–88.
- 225 Jensen TK, Frederiksen H, Kyhl HB, et al. Prenatal exposure to phthalates and anogenital distance in male infants from a low-exposed Danish cohort (2010–2012). *Environ Health Perspect* 2016; **124**: 1107–13.
- 226 Grube A, Donaldson D, Kiely T, Wu L, for the US Environmental Protection Agency. Pesticides industry sales and usage. 2006 and 2007 market estimates. February 2011. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/market\\_estimates2007.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/market_estimates2007.pdf) (accessed April 17, 2017).
- 227 Slotkin TA. Cholinergic systems in brain development and disruption by neurotoxicants: nicotine, environmental tobacco smoke, organophosphates. *Toxicol Appl Pharmacol* 2004; **198**: 132–51.
- 228 Jeschke P, Nauen R, Schindler M, Elbert A. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *J Agric Food Chem* 2011; **59**: 2897–908.
- 229 Hopwood J, Code A, Vaughan M, et al. How neonicotinoids can kill bees: the science behind the role these insecticides play in harming bees, 2nd edn. Portland: The Xerces Society for Invertebrate Conservation, 2016.
- 230 Breer H, Sattelle DB. Molecular properties and functions of insect acetylcholine receptors. *J Insect Physiol* 1987; **33**: 771–90.
- 231 Rundlöf M, Andersson GK, Bommarco R, et al. Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature* 2015; **521**: 77–80.
- 232 Woodcock BA, Isaac NJB, Bullock JM, et al. Impacts of neonicotinoid use on long-term population changes in wild bees in England. *Nat Commun* 2016; **7**: 12459.
- 233 Guyton KZ, Loomis D, Grosse Y, et al, for the International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *Lancet Oncol* 2015; **16**: 490–91.
- 234 World Health Organization. Pharmaceuticals in drinking-water. 2011. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2011/pharmaceuticals\\_20110601.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/pharmaceuticals_20110601.pdf) (accessed May 31, 2017).
- 235 Kot-Wasik A, Jakimska A, Śliwka-Kaszyńska M. Occurrence and seasonal variations of 25 pharmaceutical residues in wastewater and drinking water treatment plants. *Environ Monit Assess* 2016; **188**: 661.
- 236 Hunt A, Ferguson J, Hurley F, Searl A. Social costs of morbidity impacts of air pollution. OECD environment working papers, no. 99. Paris: OECD Publishing, 2016.
- 237 Andersen MS, Clubb DO. Understanding and accounting for the costs of inaction. In: European Environment Agency. Late lessons from early warnings. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013.
- 238 Preker AS, Adeyi OO, Lapetra MG, Simon DC, Keuffel E. Health care expenditures associated with pollution: exploratory methods and findings. *Ann Glob Health* 2016; **82**: 711–21.
- 239 Institute of Medicine. Cost of environmental-related health effects: a plan for continuing study. Washington, DC: National Academies Press, 1981.
- 240 Smith KR, Corvalán CF, Kjellström T. How much global ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology* 1999; **10**: 573–84.
- 241 Jo C. Cost-of-illness studies: concepts, scopes, and methods. *Clin Mol Hepatol* 2014; **20**: 327–37.
- 242 Landrigan PJ, Schechter CB, Lipton JM, Fahs MC, Schwartz J. Environmental pollutants and disease in American children: estimates of morbidity, mortality, and costs for lead poisoning, asthma, cancer, and developmental disabilities. *Environ Health Perspect* 2002; **110**: 721–28.
- 243 Trasande L. Economics of children's environmental health. *Mt Sinai J Med* 2011; **78**: 98–106.
- 244 Brandt SJ, Perez L, Künzli N, Lurmann F, McConnell R. Costs of childhood asthma due to traffic-related pollution in two California communities. *Eur Respir J* 2012; **40**: 363–70.
- 245 Leigh JP. Economic burden of occupational injury and illness in the United States. *Milbank Q* 2011; **89**: 728–72.
- 246 Narain U, Sall C. Methodology for valuing the health impacts of air pollution: discussion of challenges and proposed solutions. Washington, DC: World Bank, 2016 <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/24440> (accessed Sept 13, 2017).
- 247 Golub E, Klytchnikova I, Sanchez-Martinez G, Belausteguigoitia JC, Monina CM. Environmental health costs in Colombia: the changes from 2002 to 2010. Washington, DC: World Bank, 2014.
- 248 World Bank. Cost of pollution in China: economic estimates of physical damages. Washington, DC: World Bank, 2007. <http://documents.worldbank.org/curated/en/2007/02/7503894/cost-pollution-china-economic-estimates-physical-damages> (accessed July 14, 2016).
- 249 Kemper K. Environmental health in Nicaragua: addressing key environmental challenges. Washington, DC: World Bank, 2013 <http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/01/17617086/environmental-health-nicaragua-addressing-key-environmental-challenges>.

- 250 Viscusi WK, Aldy JE. The value of a statistical life: a critical review of market estimates throughout the world. *J Risk Uncertain* 2003; **27**: 5–76.
- 251 Alberini A, Cropper M, Krupnick A, Simon NB. Does the value of a statistical life vary with age and health status? Evidence from the US and Canada. *J Environ Econ Manage* 2004; **48**: 769–92.
- 252 Krupnick A, Alberini A, Cropper M, et al. Age, health and the willingness to pay for mortality risk reductions: a contingent valuation survey of Ontario residents. *J Risk Uncertain* 2002; **24**: 161–86.
- 253 Hammitt JK, Robinson LA. The income elasticity of the value per statistical life: transferring estimates between high and low income populations. *J Benefit-Cost Anal* 2011; **2**: 1–29.
- 254 Hanna R, Oliva P. The effect of pollution on labor supply: evidence from a natural experiment in Mexico City. *J Public Econ* 2015; **122**: 68–79.
- 255 Zivin JG, Neidell M. The impact of pollution on worker productivity. *Am Econ Rev* 2012; **102**: 3652–73.
- 256 Chang T, Zivin JG, Gross T, Neidell M. Particulate pollution and the productivity of pear packers. *Am Econ J Econ Policy* 2014; **8**: 141–69.
- 257 Carson RT, Koundouri P, Nauges C. Arsenic mitigation in Bangladesh: a household labor market approach. *Am J Agric Econ* 2010; **93**: 407–14.
- 258 Whittington D, Hanemann WM, Sadoff C, Jeuland M. The challenge of improving water and sanitation services in less developed countries. *Found Trends Microeconomics* 2009; **4**: 469–609.
- 259 Hutton G. Global costs and benefits of reaching universal coverage of sanitation and drinking-water supply. *J Water Health* 2013; **11**: 1–12.
- 260 Hutton G. Water and sanitation assessment paper: benefits and costs of the water sanitation and hygiene targets from the post-2015 development agenda. Copenhagen: Copenhagen Consensus Center, 2015.
- 261 World Bank. Environmental sustainability: a key to poverty reduction in Peru. Washington DC: World Bank, 2007.
- 262 Whittington D. Water and sanitation perspective paper: benefits and costs of the water, sanitation and hygiene targets for the post-2015 agenda. Copenhagen: Copenhagen Consensus Center, 2015.
- 263 Whittington D, Jeuland M, Barker K, Yuen Y. Setting priorities, targeting subsidies among water, sanitation, and preventive health interventions in developing countries. *World Dev* 2012; **40**: 1546–68.
- 264 Jeuland M, Whittington D. Cost–benefit comparisons of investments in improved water supply and cholera vaccination programs. *Vaccine* 2009; **27**: 3109–20.
- 265 Colborn T, Dumanoski D, Myers JP. Our stolen future: are we threatening our fertility, intelligence, and survival? New York: Penguin Books, 1997.
- 266 Salkever DS. Updated estimates of earnings benefits from reduced exposure of children to environmental lead. *Environ Res* 1995; **70**: 1–6.
- 267 Heckman JJ, Stixrud J, Urzua S. The effects of cognitive and noncognitive abilities on labor market outcomes and social behavior. *J Labor Econ* 2006; **24**: 411–82.
- 268 Zax JS, Rees DI. IQ, academic performance, environment, and earnings. *Rev Econ Stat* 2002; **84**: 600–16.
- 269 Grosse S. How much does IQ raise earnings? Implications for regulatory impact analyses. *Assoc Environ Resour Econ Newsl* 2007; **27**: 17–21.
- 270 Rau T, Urzúa S, Reyes L. Early exposure to hazardous waste and academic achievement: evidence from a case of environmental negligence. *J Assoc Environ Resour Econ* 2015; **2**: 527–63.
- 271 Muennig P. The social costs of lead poisonings. *Health Aff* 2016; **35**: 1545.
- 272 Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). Extension of work on expenditure by disease, age and gender. December 2013. [https://www.oecd.org/els/health-systems/Extension-of-work-on-expenditure-by-disease-age-and-gender\\_Final-Report.pdf](https://www.oecd.org/els/health-systems/Extension-of-work-on-expenditure-by-disease-age-and-gender_Final-Report.pdf) (accessed April 17, 2017).
- 273 Rannan-Eliya R. Health expenditures by disease and age, Sri Lanka 2005: preliminary findings. 3rd RCHSP-APNHAN Experts Meeting; Seoul, Korea; June 20, 2007.
- 274 Aikins M, Armah G, Akazili J, Hodgson A. Hospital health care cost of diarrheal disease in northern Ghana. *J Infect Dis* 2010; **202**: S126–30.
- 275 Alvis-Guzman N, Orozco-Africano J, Paternina-Caicedo A, et al. Treatment costs of diarrheal disease and all-cause pneumonia among children under-5 years of age in Colombia. *Vaccine* 2013; **31** (suppl 3): C58–62.
- 276 National Research Council Subcommittee on Nutrition and Diarrheal Diseases Control. Nutritional management of acute diarrhea in infants and children. Washington, DC: National Academies Press, 1985.
- 277 Bhargava A. Protein and micronutrient intakes are associated with child growth and morbidity from infancy to adulthood in the Philippines. *J Nutr* 2016; **146**: 133–41.
- 278 Glewwe P, Miguel EA. The impact of child health and nutrition on education in less developed countries. In: Chenery HB. Handbook of Development Economics, Volume 4. Amsterdam: Elsevier, 2008: 3561–606.
- 279 World Bank. The cost of air pollution: strengthening the economic case for action. Sept 8, 2016. <http://documents.worldbank.org/curated/en/781521473177013155/The-cost-of-air-pollution-strengthening-the-economic-case-for-action> (accessed Jan 17, 2017).
- 280 Burr P, Fonseca C. Applying a life-cycle costs approach to water. Costs and service levels in rural and small town areas in Andhra Pradesh (India), Burkina Faso, Ghana and Mozambique. January 2013. [http://www.ircwash.org/sites/default/files/20130208\\_8\\_wp\\_water\\_web\\_2.pdf](http://www.ircwash.org/sites/default/files/20130208_8_wp_water_web_2.pdf) (accessed March 30, 2017).
- 281 Jerven M. Poor numbers: how we are misled by African development statistics and what to do about it. New York: Cornell University Press, 2013.
- 282 Nordhaus W, Tobin J. Is growth obsolete? In: Economic Research: Retrospect and prospect, Volume 5, Economic growth. Washington, DC: National Bureau of Economic Research, Inc, 1972: 1–80.
- 283 United Nations. Poverty biggest enemy of health in developing world, Secretary-General tells World Health Assembly. May 17, 2001. <http://www.un.org/press/en/2001/sgsm7808.doc.htm> (accessed Sept 9, 2016).
- 284 Hajat A, Hsia C, O'Neill MS. Socioeconomic disparities and air pollution exposure: a global review. *Curr Environ Health Reports* 2015; **2**: 440–50.
- 285 UN Development Programme. Multidimensional Poverty Index (MPI). <http://hdr.undp.org/en/content/multidimensional-poverty-index-mpi> (accessed July 18, 2016).
- 286 Furie GL, Balbus J. Global environmental health and sustainable development: the role at Rio+20. *Cien Saude Colet* 2012; **17**: 1427–32.
- 287 Torpy JM, Lynn C, Glass RM. Poverty and health. *JAMA* 2007; **298**: 1968.
- 288 Grant K, Goldizen FC, Sly PD, et al. Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. *Lancet Glob Health* 2013; **1**: e350–61.
- 289 Muennig P, Fiscella K, Tancredi D, Franks P. The relative health burden of selected social and behavioral risk factors in the United States: implications for policy. *Am J Public Health* 2010; **100**: 1758–64.
- 290 Briggs D. Environmental pollution and the global burden of disease. *Br Med Bull* 2003; **68**: 1–24.
- 291 United Nations. Universal declaration of human rights. Dec 10, 1948. <http://www.un.org/en/universal-declaration-human-rights/> (accessed Jan 18, 2017).
- 292 United Nations Human Rights: Office of the High Commissioner. The rights of the child and hazardous substances and wastes. <http://www.ohchr.org/EN/Issues/Environment/ToxicWastes/Pages/RightsOfTheChildHazardousSubstancesWastes.aspx> (accessed March 13, 2017).
- 293 African Commission on Human and Peoples' Rights. African Charter on Human and Peoples' Rights, Article 24. <http://www.achpr.org/instruments/achpr/#a24> (accessed July 18, 2016).
- 294 Organization of American States. Additional protocol to the American Convention on Human Rights in the area of economic, social and cultural rights 'Protocol of San Salvador'. <http://www.oas.org/juridico/english/treaties/a-52.html> (accessed July 18, 2016).
- 295 United Nations Environment Programme Law Division. Human rights and the environment. <http://www.unep.org/divisions/delc/human-rights-and-environment> (accessed Sept 13, 2017).
- 296 Institute on the Environment (ENSIA). Robert Bullard: the father of environmental justice. June 12, 2014. <https://ensia.com/interviews/robert-bullard-the-father-of-environmental-justice/> (accessed Jan 9, 2017).

- 297 Bullard RD, Boulder CO. *Dumping in Dixie: race, class, and environmental quality*. Boulder, CO: Westview Press, 1990.
- 298 EJnet (Web Resources for Environmental Justice Activists). Environmental justice in the 21st century. 2001. <http://www.ejnet.org/ej/principles.pdf> (accessed Feb 11, 2017).
- 299 Nixon R. *Slow violence and the environmentalism of the poor*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2013.
- 300 Bailey ZD, Krieger N, Agénor M, Graves J, Linos N, Bassett MT. Structural racism and health inequities in the USA: evidence and interventions. *Lancet* 2017; **389**: 1453–63.
- 301 Corburn J. Concepts for studying urban environmental justice. *Curr Environ Health Rep* 2017; **14**: 61–67.
- 302 Solomon GM, Morello-Frosch R, Zeise L, Faust JB. Cumulative environmental impacts: science and policy to protect communities. *Annu Rev Public Health* 2016; **37**: 83–96.
- 303 Chakraborty J, Collins T, Grineski S. Environmental justice research: contemporary issues and emerging topics. *Int J Environ Res Public Health* 2016; **13**: E1072.
- 304 Watkins BX, Shepard PM, Corbin-Mark CD. Completing the circle: a model for effective community review of environmental health research. *Am J Public Health* 2009; **99** (suppl 3): S567–77.
- 305 Pezzullo PC. Touring ‘Cancer Alley,’ Louisiana: performances of community and memory for environmental justice. *Text Perform Q* 2003; **23**: 226–52.
- 306 Brugge D, Goble R. The history of uranium mining and the Navajo people. *Am J Public Health* 2002; **92**: 1410–19.
- 307 Cushing L, Faust J, August LM, Cendak R, Wieland W, Alexeeff G. Racial/ethnic disparities in cumulative environmental health impacts in California: evidence from a statewide environmental justice screening tool (CalEnviroScreen 1.1). *Am J Public Health* 2015; **105**: 2341–48.
- 308 Thomas-Müller C. Tar sands: environmental justice, treaty rights and Indigenous Peoples. *Can Dimens* 2008; **42**.
- 309 Wiebe SM. *Everyday exposure: indigenous mobilization and environmental justice in Canada’s Chemical Valley*. Vancouver: University of British Columbia Press, 2016.
- 310 Deguen S, Zmirou-Navier D. Social inequalities resulting from health risks related to ambient air quality—a European review. *Eur J Public Health* 2010; **20**: 27–35.
- 311 Steger T, for the CEU Center for Environmental Policy and Law, the Health and Environment Alliance, the Coalition for Environmental Justice. *Making the case for environmental justice in central & eastern Europe*. Budapest: CEU Center for Environmental Policy and Law, 2007.
- 312 Hedley AJ, McGhee SM, Barron B, et al. Air pollution: costs and paths to a solution in Hong Kong—understanding the connections among visibility, air pollution, and health costs in pursuit of accountability, environmental justice, and health protection. *J Toxicol Environ Health A* 2008; **71**: 544–54.
- 313 United Nations Development Programme. *Environmental justice—comparative experiences in legal empowerment*. June 12, 2014. [http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/democratic-governance/access\\_to\\_justiceandruleoflaw/environmental-justice--comparative-experiences.html](http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/democratic-governance/access_to_justiceandruleoflaw/environmental-justice--comparative-experiences.html) (accessed July 18, 2016).
- 314 Saha S, Pattanayak SK, Sills EO, Singha AK. Under-mining health: environmental justice and mining in India. *Health Place* 2011; **17**: 140–48.
- 315 Yabe J, Nakayama SMM, Ikenaka Y, et al. Lead poisoning in children from townships in the vicinity of a lead–zinc mine in Kabwe, Zambia. *Chemosphere* 2015; **119**: 941–47.
- 316 Bashir M, Umar-Tsafe N, Getso K, et al. Assessment of blood lead levels among children aged ≤5 years—Zamfara State, Nigeria, June–July 2012. *MMWR* 2014; **63**: 325–27.
- 317 Alam S, Bhuiyan JH, Chowdhury T, Techera E. *Routledge handbook of international environmental law*. Abingdon-on-Thames, UK: Routledge, 2013.
- 318 Temper L, Del Bene D, Martinez-Alier J. Mapping the frontiers and front lines of global environmental justice: the EJAtlas. *J Polit Ecol* 2015; **22**: 256.
- 319 The World Bank. *DataBank world development indicators*. PM2.5 air pollution, mean annual exposure (micrograms per cubic meter). <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&series=EN.ATM.PM25.MC.M3&country=> (accessed Jan 4, 2017).
- 320 The World Bank. *DataBank world development indicators*. GDP per capita (current US\$). <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&series=NY.GDP.PCAP.CD&country=> (accessed Jan 4, 2017).
- 321 Water Supply & Sanitation Collaborative Council. *Post-2015 WAST targets and indicators*. <http://wsscc.org/2015/02/20/post-2015-wash-targets-indicators-questions-answers/> (accessed July 18, 2016).
- 322 Sommer M, Caruso BA, Sahin M, et al. A time for global action: addressing girls’ menstrual hygiene management needs in schools. *PLoS Med* 2016; **13**: e1001962.
- 323 Spitz PH. *The chemical industry at the millennium: maturity, restructuring, and globalization*. Philadelphia, PA: Chemical Heritage Foundation, 2003.
- 324 Heacock M, Kelly CB, Asante KA, et al. E-waste and harm to vulnerable populations: a growing global problem. *Environ Health Perspect* 2016; **124**: 550–55.
- 325 Iskander M, Meyerman G, Gray DF, Hagan S, for the International Monetary Fund. *Corporate restructuring and governance in east Asia*. *Finance Dev* 1999; **36**: 42–45.
- 326 Carmin J, Agyeman J. *Environmental inequalities beyond borders: local perspectives on global injustices*. Cambridge, MA: MIT Press, 2011.
- 327 Margai FM, Barry FB. Global geographies of environmental injustice and health: a case study of illegal hazardous waste dumping in Côte d’Ivoire. *Geospatial Anal Environ Health* 2011; **4**: 257–81.
- 328 Business & Human Rights Resource Centre. *Trafigura lawsuits (re Côte d’Ivoire)*. <https://business-humanrights.org/en/trafigura-lawsuits-re-cote-divoire> (accessed Jan 18, 2017).
- 329 Caravanos J, Clark E, Fuller R, Lambertson C. Assessing worker and environmental chemical exposure risks at an e-waste recycling and disposal site in Accra, Ghana. *J Health Pollut* 2011; **1**: 16–25.
- 330 Robinson BH. E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. *Sci Total Environ* 2009; **408**: 183–91.
- 331 United Nations Sustainable Development Knowledge Platform. *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld> (accessed Jan 18, 2017).
- 332 GBD 2015 SDG Collaborators. Measuring the health-related Sustainable Development Goals in 188 countries: a baseline analysis from the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* 2016; **388**: 1813–50.
- 333 World Commission on Environment and Development. *Report of the World Commission on Environment and Development: our common future (Brundtland report)*. Oxford: Oxford University Press, 1987. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> (accessed March 13, 2017).
- 334 United Nations Development Programme. *Human development report 2011. Sustainability and equity: a better future for all*. 2011. [http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/271/hdr\\_2011\\_en\\_complete.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/271/hdr_2011_en_complete.pdf) (accessed March 13, 2017).
- 335 United Nations Environment Programme. *Proposal regional action plan for intergovernmental cooperation on air pollution for Latin America and the Caribbean*. Oct 20, 2013. [http://www.pnuma.org/forodeministros/19-mexico/documentos/Proposed Regional Action Plan Atmospheric Pollution FINAL 301013.pdf](http://www.pnuma.org/forodeministros/19-mexico/documentos/Proposed%20Regional%20Action%20Plan%20Atmospheric%20Pollution%20FINAL%20301013.pdf) (accessed Sept 27, 2016).
- 336 Patz JA, Frumkin H, Holloway T, Vimont DJ, Haines A. Climate change. *JAMA* 2014; **312**: 1565–80.
- 337 Bransford KJ, Lai JA. MSJAMA: Global climate change and air pollution: common origins with common solutions. *JAMA* 2002; **287**: 2285.
- 338 Harris JB, LaRocque RC, Qadri F, Ryan ET, Calderwood SB. Cholera. *Lancet* 2012; **379**: 2466–76.
- 339 Brewer T, Pringle Y. Beyond Bazalgette: 150 years of sanitation. *Lancet* 2015; **386**: 128–29.
- 340 Lawther PJ, Waller RE, Henderson M. Air pollution and exacerbations of bronchitis. *Thorax* 1970; **25**: 525–39.
- 341 Harada M. Minamata disease: methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. *Crit Rev Toxicol* 1995; **25**: 1–24.
- 342 Arnold BF, Null C, Luby SP, et al. Cluster-randomised controlled trials of individual and combined water, sanitation, hygiene and nutritional interventions in rural Bangladesh and Kenya: the WASH Benefits study design and rationale. *BMJ Open* 2013; **3**: e003476.
- 343 Huda TM, Unicomb L, Johnston RB, Halder AK, Yushuf Sharker MA, Luby SP. Interim evaluation of a large scale sanitation, hygiene

- and water improvement programme on childhood diarrhea and respiratory disease in rural Bangladesh. *Soc Sci Med* 2012; **75**: 604–11.
- 344 State Council of China. Law of the People's Republic of China on prevention and control of water pollution. [http://www.npc.gov.cn/englishnpc/Law/2007-12/13/content\\_1383966.htm](http://www.npc.gov.cn/englishnpc/Law/2007-12/13/content_1383966.htm) (accessed Sept 13, 2017).
- 345 Rohde RA, Muller RA. Air pollution in China: mapping of concentrations and sources. *PLoS One* 2015; **10**: e0135749.
- 346 Haacke O, for the US-China business council. NDRC prepares for next five-year plan, focuses on quality over quantity. <https://www.uschina.org/ndrc-prepares-next-five-year-plan-focuses-quality-over-quantity> (accessed Sept 12, 2016).
- 347 Seligsohn D, Hsu A, for ChinaFile. How China's 13th five-year plan addresses energy and the environment. March 10, 2016. <http://www.chinafile.com/reporting-opinion/environment/how-chinas-13th-five-year-plan-addresses-energy-and-environment> (accessed Sept 13, 2017).
- 348 Greenpeace. Clean Air Action Plan: the way forward. February 2016. <http://www.greenpeace.org/eastasia/Global/eastasia/publications/reports/climate-energy/2016/Clean%20Air%20Action%20Plan,%20The%20way%20forward.pdf> (accessed Sept 13, 2017).
- 349 Jingjing C, Tang J, for New Security Beat. Will China's new air law solve its pollution crisis? Nov 25, 2015. <https://www.newsecuritybeat.org/2015/11/chinas-air-law-solve-pollution-crisis/> (accessed Sept 12, 2016).
- 350 Lin A, for NRDC Expert Blog. How China's 13th five year plan climate and energy targets accelerate its transition to clean energy. March 13, 2016. <https://www.nrdc.org/experts/alvin-lin/how-chinas-13th-five-year-plan-climate-and-energy-targets-accelerate-its> (accessed Sept 13, 2017).
- 351 China Water Risk. New 'Water Ten Plan' to safeguard China's water. 2016. <http://chinawaterrisk.org/notices/new-water-ten-plan-to-safeguard-chinas-waters/> (accessed Sept 12, 2016).
- 352 Wang X, Lou X, Zhang N, et al. Phthalate esters in main source water and drinking water of Zhejiang Province (China): distribution and health risks. *Environ Toxicol Chem* 2015; **34**: 2205–12.
- 353 Jinran Z, for China Daily USA. Action plan targets soil pollution. June 1, 2016. [http://usa.chinadaily.com.cn/china/2016-06/01/content\\_25563338.htm](http://usa.chinadaily.com.cn/china/2016-06/01/content_25563338.htm) (accessed Sept 13, 2017).
- 354 China.org.cn. China announces soil pollution controls. June 1, 2016. [http://www.china.org.cn/china/2016-06/01/content\\_38576923.htm](http://www.china.org.cn/china/2016-06/01/content_38576923.htm) (accessed Sept 12, 2016).
- 355 Dold B, Wade C, Fontboté L. Water management for acid mine drainage control at the polymetallic Zn–Pb–(Ag–Bi–Cu) deposit Cerro de Pasco, Peru. *J Geochemical Explor* 2009; **100**: 133–41.
- 356 McKinley G, Zuk M, Höjer M, et al. Quantification of local and global benefits from air pollution control in Mexico City. *Environ Sci Technol* 2005; **39**: 1954–61.
- 357 Amarsaikhan D, Battsengel V, Nergui B, Ganzorig M, Bolor G. A study on air pollution in Ulaanbaatar City, Mongolia. *J Geosci Environ Prot* 2014; **2**: 123–28.
- 358 The Lancet. India's air pollution: a new government and global plan. *Lancet* 2016; **387**: 96.
- 359 Hernandez RA. Prevention and control of air pollution in China: a research agenda for science and technology studies. *Sapiens* 2015; **8**.
- 360 Clean Air Asia. China Air 2016. Air pollution prevention and control progress in Chinese cities. 2016. <http://cleanairasia.org/wp-content/uploads/2016/08/China-Air-2016-Report-Full.pdf> (accessed June 5, 2017).
- 361 Martin RT, for MIT Technology Review. Sustainable energy: China is on an epic solar power binge. March 22, 2016. <https://www.technologyreview.com/s/601093/china-is-on-an-epic-solar-power-binge/> (accessed June 5, 2017).
- 362 Gunningham N. Enforcing environmental regulation. *J Environ Law* 2011; **23**: 169–201.
- 363 Zhang JJ, Smith KR. Household air pollution from coal and biomass fuels in China: measurements, health impacts, and interventions. *Environ Health Perspect* 2007; **115**: 848–55.
- 364 Vahlne N, Ahlgren EO. Policy implications for improved cook stove programs—a case study of the importance of village fuel use variations. *Energy Policy* 2014; **66**: 484–95.
- 365 Lan Q, Chapman RS, Schreinemachers DM, Tian L, He X. Household stove improvement and risk of lung cancer in Xuanwei, China. *J Natl Cancer Inst* 2002; **94**: 826–35.
- 366 Sinha B. The Indian stove programme: an insider's view - the role of society, politics, economics and education. *Boil Point* 2002; **48**.
- 367 Block M, Hanrahan D, for Blacksmith Institute, Green Cross Switzerland. World's most polluted places report 2009: 12 cases of cleanup and success. 2009. <http://www.worstpolluted.org/files/FileUpload/files/2009-report/Blacksmith-Institute-Green-Cross-Switzerland-WVPP-Report-2009.pdf> (accessed Sept 13, 2017).
- 368 Amegah AK, Jaakkola JJK. Household air pollution and the sustainable development goals. *Bull World Health Organ* 2016; **94**: 215–21.
- 369 Jasper C, Le TT, Bartram J. Water and sanitation in schools: a systematic review of the health and educational outcomes. *Int J Environ Res Public Health* 2012; **9**: 2772–87.
- 370 Van Minh H, Nguyen-Viet H. Economic aspects of sanitation in developing countries. *Environ Health Insights* 2011; **5**: 63–70.
- 371 Dincer I. Renewable energy and sustainable development: a crucial review. *Renew Sustain Energy Rev* 2000; **4**: 157–75.
- 372 Krewski D, Rainham D. Ambient air pollution and population health: overview. *J Toxicol Environ Health A* 2007; **70**: 275–83.
- 373 Aziz A, Bajwa IU. Erroneous mass transit system and its tended relationship with motor vehicular air pollution (An integrated approach for reduction of urban air pollution in Lahore). *Environ Monit Assess* 2008; **137**: 25–33.
- 374 Welton M, Rodriguez-Lainz A, Loza O, Brodine S, Fraga M. Use of lead-glazed ceramic ware and lead-based folk remedies in a rural community of Baja California, Mexico. *Glob Health Promot* 2016; published online June 14. DOI:10.1177/1757975916639861.
- 375 Romieu I, Palazuelos E, Hernandez Avila M, et al. Sources of lead exposure in Mexico City. *Environ Health Perspect* 1994; **102**: 384–89.
- 376 TéllezRojo MM, Bellinger DC, ArroyoQuiroz C, et al. Longitudinal associations between blood lead concentrations lower than 10 microg/dL and neurobehavioral development in environmentally exposed children in Mexico City. *Pediatrics* 2006; **118**: e323–30.
- 377 International Energy Agency. World Energy Outlook special report 2016: energy and air pollution. 2016. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/weo-2016-special-report-energy-and-air-pollution.html> (accessed Oct 20, 2016).
- 378 Schug TT, Abagyan R, Blumberg B, et al. Designing endocrine disruption out of the next generation of chemicals. *Green Chem* 2013; **15**: 181–98.
- 379 US Environmental Protection Agency. Overview of the Clean Air Act and air pollution. 2016. <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview> (accessed June 7, 2016).
- 380 IndiaSpend. 15 Days After Odd-Even, Delhi's PM 2.5 Levels Rise 15%. Jan 16, 2016. <http://www.indiaspend.com/cover-story/15-days-after-odd-even-delhis-pm-2-5-levels-rise-15-67571> (accessed Sept 13, 2017).
- 381 Sharma M, Dikshit O. Comprehensive study on air pollution and green house gases (GHGs) in Delhi. Final report: air pollution component. January 2016. [http://delhi.gov.in/DoIT/Environment/PDFs/Final\\_Report.pdf](http://delhi.gov.in/DoIT/Environment/PDFs/Final_Report.pdf) (accessed April 1, 2017).
- 382 Hutton G, Chase C. Water supply, sanitation and hygiene. In: Mock C, Kobusingye O, Nugent R, Smith K, eds. Disease control priorities volume 7: injury prevention and environmental health, 3rd edn. Washington, DC: World Bank, 2017.
- 383 Ashraf N, Berry J, Shapiro JM. Can higher prices stimulate product use? Evidence from a field experiment in Zambia. *Am Econ Rev* 2010; **100**: 2383–413.
- 384 Dupas P, Hoffmann V, Kremer M, Zwane AP. Targeting health subsidies through a nonprice mechanism: a randomized controlled trial in Kenya. *Science* 2016; **353**: 889–95.
- 385 Dupas P, Miguel E. Impacts and determinants of health levels in low-income countries. *Handbook of Field Experiments* 2016; **2**: 3–654.
- 386 Guiteras R, Levinsohn J, Mobarak AM. Sanitation subsidies. Encouraging sanitation investment in the developing world: a cluster-randomized trial. *Science* 2015; **348**: 903–06.
- 387 IDinsight. Microfinance loans to increase sanitary latrine sales: evidence from a randomized trial in rural Cambodia. June 2013. <http://idinsight.org/insights/wtp/IDinsight-policy-brief-microfinance-loans-for-latrines-in-Cambodia.pdf> (accessed Jan 26, 2017).
- 388 Pimentel D. Amounts of pesticides reaching target pests: environmental impacts and ethics. *J Agric Environ Ethics* 1995; **8**: 17–29.
- 389 WHO. The world health report 2003 - shaping the future. 2003. [http://www.who.int/whr/2003/en/whr03\\_en.pdf](http://www.who.int/whr/2003/en/whr03_en.pdf) (accessed Sept 13, 2017).

- 390 The economics of ecosystems & biodiversity. Agriculture and food. [www.teebweb.org/agriculture-and-food](http://www.teebweb.org/agriculture-and-food) (accessed July 14, 2016).
- 391 International Institute for Sustainable Development. Water quality monitoring system design. September 2015. <http://www.iisd.org/library/water-quality-monitoring-system-design> (accessed Sept 13, 2017).
- 392 Marć M, Tobiszewski M, Zabiegała B, Guardia M de la, Namieśnik J. Current air quality analytics and monitoring: a review. *Anal Chim Acta* 2015; **853**: 116–26.
- 393 Ikram J, Tahir A, Kazmi H, Khan Z, Javed R, Masood U. View: implementing low cost air quality monitoring solution for urban areas. *Environ Syst Res* 2012; **1**: 10.
- 394 Hidy GM, Brook JR, Demerjian KL, Molina LT, Pennell WT, Scheffe RD. Technical challenges of multipollutant air quality management. Dordrecht: Springer Netherlands, 2011.
- 395 Choi BC. The past, present, and future of public health surveillance. *Scientifica (Cairo)* 2012; **875253**.
- 396 Caravanos J, Ericson B, Ponce-Canchihuamán J, et al. Rapid assessment of environmental health risks posed by mining operations in low- and middle-income countries: selected case studies. *Environ Sci Pollut Res Int* 2013; **20**: 7711–18.
- 397 Beaglehole R, Bonita R. Global public health: a new era, 2nd edn. London: Oxford University Press, 2009.
- 398 Leitao J, Chandramohan D, Byass P, et al. Revising the WHO verbal autopsy instrument to facilitate routine cause-of-death monitoring. *Glob Health Action* 2013; **6**: 21518.
- 399 Health Effects Institute. Assessing the health impact of air quality regulations: concepts and methods for accountability research.
- 400 National Research Council. Estimating the public health benefits of proposed air pollution regulations. Washington, DC: National Academies Press, 2002.
- 401 Samet JM, Zeger SL, Dominici F, et al. The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. *Res Rep Health Eff Inst* 2000; **94**: 5–70.
- 402 Braun JM, Yolton K, Dietrich KN, et al. Prenatal bisphenol A exposure and early childhood behavior. *Environ Health Perspect* 2009; **117**: 1945–52.
- 403 European Commission on the Environment. REACH. Aug 24, 2016. [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach\\_intro.htm](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_intro.htm) (accessed Jan 31, 2017).
- 404 Schmidt CW. TSCA 2.0: A new era in chemical risk management. *Environ Health Perspect* 2016; **124**: A182–86.
- 405 The Lancet. Law: an underused tool to improve health and wellbeing for all. *Lancet* 2017; **389**: 331.
- 406 Gilliland F, Avol E, McConnell R, et al. The effects of policy-driven air quality improvements on children's respiratory health. Boston, MA: Health Effects Institute, 2017.
- 407 Kotzé LJ, Paterson A. The role of judiciary in environmental governance: comparative perspectives. Amsterdam: Wolters Kluwer, 2009.
- 408 Gao J, Xu G, Ma W, et al. Perceptions of health co-benefits in relation to greenhouse gas emission reductions: a survey among urban residents in three Chinese cities. *Int J Environ Res Public Health* 2017; **14**: E298.
- 409 World Health Organization Regional Office for Europe. 2017 Healthy Cities Pécs Declaration. WHO European Healthy Cities Network Annual Business and Technical Conference; Pécs, Hungary; March 1–3, 2017. [http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0005/334643/Pecs-Declaration.pdf](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0005/334643/Pecs-Declaration.pdf) (accessed May 2, 2017).
- 410 Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). OECD environmental outlook to 2050: the consequences of inaction. Paris: OECD Publishing, 2012.
- 411 Giles-Corti B, Vernez-Moudon A, Reis R, et al. City planning and population health: a global challenge. *Lancet* 2016; **388**: 2912–24.
- 412 United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population. World urbanization prospects: the 2014 revision: highlights. 2014. <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf> (accessed Sept 13, 2017).
- 413 Sundseth K, Pacyna JM, Pacyna EG, Munthe J, Belhaj M, Astrom S. Economic benefits from decreased mercury emissions: projections for 2020. *J Clean Prod* 2010; **18**: 386–94.
- 414 Hall J V, Brajer V, Lurmann FW. Air pollution, health and economic benefits—lessons from 20 years of analysis. *Ecol Econ* 2010; **69**: 2590–97.
- 415 Spangenberg JH. The environmental Kuznets curve: a methodological artefact? *Popul Environ* 2001; **23**: 175–91.
- 416 Reinalda B. The Ashgate research companion to non-state actors. Abingdon-on-Thames, UK: Routledge, 2016.
- 417 Court J, Mendizabal E, Osborne D, Young J, for Overseas Development Institute. Policy engagement: how civil society can be more effective. 2006. <https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/200.pdf> (accessed Sept 13, 2017).
- 418 Duflo E, Greenstone M, Pande R, Ryan N. Truth-telling by third-party auditors and the response of polluting firms: experimental evidence from India. *Q J Econ* 2013; **128**: 1499–545.