Santé et environnement

Vers une nouvelle approche globale

Sous la direction de
Nicolas Senn
Marie Gaille
María del Río Carral
Julia Gonzalez Holguera

RMS
EDITIONS

Santé et environnement
Vers une nouvelle approche globale

La version en libre accès de cette publication a bénéficié du soutien du Fonds national suisse de la recherche scientifique

Fonds national suisse

© 2022
RMS éditions / Médecine et Hygiène
Chemin de la Mousse 46
CH-1225 Chêne-Bourg
www.revmed.ch
editions@medhyg.ch

ISBN papier : 978-2-88049-500-8
ISBN epub : 978-2-88049-538-1
ISBN XML : 978-2-88049-501-5
ISBN PDF : 978-2-88049-502-2

DOI:10.53738/REVMED.95022

Cet ouvrage est publié sous la licence Creative Commons CC BY-NC-ND (Attribution – Pas d'Utilisation Commerciale – Pas de Modification)

SANTÉ ET ENVIRONNEMENT
VERS UNE NOUVELLE APPROCHE GLOBALE

Sous la direction de
Nicolas Senn
Marie Gaille
María del Río Carral
Julia Gonzalez Holguera

RMS EDITIONS

MÉDECINE & HYGIÈNE

Remerciements

Nous souhaitons remercier chaleureusement et sincèrement les nombreux auteurs qui ont contribué à cet ouvrage, probablement unique par sa diversité. Nous leur sommes très reconnaissants d'avoir pris le temps d'éclairer, de leur perspective, les enjeux complexes des liens entre santé et environnement. Nous souhaitons également remercier vivement les reviewers qui ont fait le travail essentiel de l'ombre : celui de garantir l'intégrité scientifique des contenus. La qualité de l'ouvrage leur doit beaucoup. Finalement, un grand merci aux Éditions RMS, et notamment à Marina Casselyn, pour nous avoir accompagnés et soutenus dans ce long processus rédactionnel qui fut parfois un vrai parcours dans la jungle.

Sommaire

Remerciements 7

Préface de François Gemenne 15

Introduction 19

Présentation des auteurs 27

Partie 1 : Théorie et concepts de la relation entre santé et environnement

Les fondements de la pensée écologique et environnementale

1 – Du paysage au système Terre : une très brève histoire de la pensée écologique 37
Augustin Fragnière

2 – Petit lexique commenté de la durabilité 45
Augustin Fragnière

Fondements historiques, sociologiques et anthropologiques du lien entre santé humaine et environnement

3 – Anthropologie des zoonoses 58
Frédéric Keck

4 – L'histoire de la relation entre santé, maladie et environnement 64
Marie Gaille

5 – Ville et environnementalisation de la santé : brefs jalons d'une longue histoire 70
Francesco Panese

6 – Santé et environnement : vers des approches intégrées 77
Jakob Zinsstag

Théorie du soin

7 – Soin, santé et environnement 90
Jean-Philippe Pierron

8 – Éthique du *care* élargie à l'environnement 97
Sandra Laugier

Partie 2 : Environnement, santé et société : perspectives multidisciplinaires

Perspective des sciences de l'environnement

9 – Les limites planétaires et la santé 108
Armand Tanner, Mélanie Gretz, Céline Spahr, Nicolas Senn et Augustin Fragnière

10 – Biodiversité et services écosystémiques pour les humains 132
Antoine Guisan, Pierre-Louis Rey, Nathan Külling et Anthony Lehmann

11 – Biodiversité, perte d'habitat et maladies infectieuses émergentes 146
Serge Morand

Perspective des sciences sociales

12 – Changer les comportements en matière de santé et d'environnement : Oui, mais de qui et comment ? Quelques pistes de réflexion sur le besoin d'intégrer les enjeux sociaux 158
Joëlle Schwarz

13 – Éco-anxiété et société 170
Sarah Koller

14 – Savoir environnemental et *Evidence-Based Medicine* 177
Bertrand Kiefer

15 – Les articulations entre le biologique et le social dans l'évaluation des risques toxicologiques : vers une approche ancrée dans le corps et la vie quotidienne 184
Luca Chiapperino et María del Río Carral

16 – Bien vivre à l'intérieur des limites planétaires 196
Julia Steinberger

Perspective de la santé publique

17 – Impact global du dérèglement climatique sur la santé 204
Valérie D'Acremont et Blaise Genton

18 – Géomédecine environnementale pour la mise en relation des données de santé avec les caractéristiques des lieux de résidence 214
Stéphane Joost et Idris Guessous

19 – Requalifier l'urgence environnementale en urgence sanitaire : les enjeux d'un nouveau récit autour du changement climatique 225
Anneliese Depoux

20 – Impact des dégradations environnementales sur la santé mentale des populations 232
Elisa Hyde et Philippe Conus

21 – Impact environnemental du tabagisme 241
Isabelle Jacot Sadowski, Esfandiar Aminian et Jacques Cornuz

22 – Migration forcée, crise climatique et équité en santé : quels enjeux ? 251
Kevin Morisod, Marie Vann, Nicolas Senn et Patrick Bodenmann

Perspective des risques environnementaux pour la santé humaine

23 – Concepts généraux autour de la mesure des risques sanitaires environnementaux 264
Christine Cohidon

24 – Écotoxicologie et santé humaine : du canari au poisson-zèbre 273
David Vernez

25 – Perturbateurs endocriniens et santé 281
Tony Musu

26 – Nuisances atmosphériques : pollution de l'air, bruits et rayonnements 289
Martin Röösli, Alberto Castro, Stefan Dongus, Martina Ragettli, Nino Künzli, Nicole Probst-Hensch et Meltem Kutlar Joss

27 – Pesticides et santé 306
Pierre Lebailly et Isabelle Baldi

28 – De l'usine à la cuisine, l'environnement empoisonné. Le saturnisme en longue durée 322
Judith Rainhorn

29 – Écotoxicologie des médicaments 330
Nathalie Chèvre

30 – Biodiversité et allergie : de l'hypothèse hygiéniste à l'approche exposome 338
Valérie Siroux et Alicia Guillien

Partie 3 : Cobénéfices santé environnement

31 – Une introduction sur les cobénéfices santé-environnement 347
Julia Gonzalez Holguera et Nicolas Senn

32 – Cobénéfices et pratique de la mobilité active 353
Julia Gonzalez Holguera et Nicolas Senn

33 – Cobénéfices : une alimentation saine et durable 361
Julia Gonzalez Holguera et Nicolas Senn

34 – Cobénéfices pour la santé du contact avec la nature 370
Julia Gonzalez Holguera et Nicolas Senn

Partie 4 : Éléments pour la pratique clinique

35 – Personnes âgées et réchauffement climatique 387
Christophe Büla et Marc Humbert

36 – Prescription médicamenteuse durable : la nécessité d'une collaboration interprofessionnelle entre médecins et pharmaciens 400
Marie Schneider, Johanna Sommer et Nicolas Senn

37 – Adaptation aux changements climatiques et impact clinique 413
David Carballo, Sebastian Carballo et Pierre-Yves Martin

Partie 5 :
Enjeux environnementaux : système de santé et politiques publiques

38 – Les objectifs de développement durable (ODD), la santé et le bien-être 431
Nguyen Toan Tran

39 – La science de la durabilité dans les services de santé 441
Matthew Eckelman, Jonathan E. Slutzman et Jodi D. Sherman

40 – Recommandations pour l'écoconception des cabinets de médecine de famille 464
John Nicolet, Julien Boucher, Yolanda Müller et Nicolas Senn

41 – Systèmes de santé, économie et environnement 475
Joachim Marti

42 – Promotion de la santé et durabilité : enjeux, liens et perspectives conjointes (pour le développement de politiques publiques) 483
Andrea Lutz, Julia Gonzalez Holguera, Karin Zürcher, Oriana Villa, Christine Mueller et Myriam Pasche

43 – Vers une resocialisation de la santé : repères historiques et perspectives pour un système de santé plus juste 491
Stéfanie Monod et Francesco Panese

Postface de Claudel Pétrin-Desrosiers 499

Préface

François Gemenne

Professeur à l'Institut d'études politiques de Paris, France
Directeur de l'Observatoire Hugo
dédié aux migrations environnementales
à l'Université de Liège, Belgique

Parmi les principaux obstacles qui obèrent l'action climatique, il y a l'inégale répartition des bénéfices de cette action : on ne peut guère espérer les récolter pour soi-même, tout simplement parce qu'il n'existe aucun lien direct entre les émissions de gaz à effet de serre d'un pays ou d'une génération, et les impacts du changement climatique qui seront subis par ce pays ou cette génération. Ce n'est pas uniquement parce que les plus responsables seront proportionnellement moins touchés : notre futur climatique dépend largement des émissions qui ont été générées par nos aînés, et de celles de l'ensemble des pays du globe. Aucun pays, aucune génération ne peut se prévaloir de posséder la souveraineté climatique : notre avenir dépend des autres. Ce qui signifie que les bénéfices de notre action seront souvent récoltés par d'autres, de même que les conséquences de notre inaction seront subies par d'autres. Agir pour le climat nous oblige à déployer notre action au-delà de nos frontières, que celles-ci soient généralistes ou générationnelles. Et l'altruisme n'est pas vraiment un domaine dans lequel nous excellons collectivement, il faut pouvoir le dire.

Dès lors, si l'on ne veut pas compter uniquement sur l'altruisme pour déclencher l'action climatique, il importe de mobiliser nos intérêts. Et au premier rang de ceux-ci se trouve la santé : il est dans notre intérêt de nous mobiliser pour le climat, parce que c'est aussi notre santé qui est en jeu. On sait que la santé est une préoccupation première, partout sur la planète. Et nous savons aussi que la santé dépend largement de l'état de l'environnement, que cet état concerne le climat, la biodiversité ou d'autres pollutions. Le changement climatique va peser très lourdement sur la santé globale, et potentiellement sur l'espérance de vie de nombreuses populations ; la plupart des virus émergeant ces dernières années étaient liés à des zoonoses, et donc souvent à la dégradation des écosystèmes

de la faune sauvage ; la pollution atmosphérique cause chaque année des dizaines de milliers de décès additionnels, tandis que les taux de cancers sont beaucoup plus élevés dans les zones où les sols sont très pollués. On pourrait multiplier les exemples à foison, et il me semble que la communauté médicale prend chaque jour davantage la mesure des impacts de la dégradation des écosystèmes sur la santé des populations. Ces impacts, pourtant, restent encore largement méconnus du grand public : si nous voulons pousser à agir davantage contre le changement climatique ou l'érosion de la biodiversité, il y a urgence à les faire également connaître davantage. C'est vrai auprès du grand public, mais c'est vrai aussi auprès des décideurs : combien de milliards une meilleure protection du climat, des sols ou de la biodiversité pourrait-elle faire épargner chaque année à la sécurité sociale ?

La question des liens entre santé et environnement nous renvoie au fond à notre propre vulnérabilité : pendant longtemps, nous avons considéré la Terre et le monde comme deux entités différentes. La Terre était l'astre céleste sur lequel nous habitions, gouverné par les lois des sciences naturelles, tandis que le monde en était l'organisation politique et sociale, gouverné par les lois des sciences humaines et sociales. Et nous vivions comme si nulle action posée dans le monde ne pouvait durablement affecter la Terre, et comme si, en retour, les dégradations de la Terre ne nous touchaient pas au plus profond de nous-mêmes. L'espérance de vie, que l'on imaginait en progrès constant et inexorable, se trouve désormais rabotée dans plusieurs pays du monde. Nous prenons peu à peu conscience que les conditions mêmes de notre vie future seront largement déterminées par l'état de l'environnement. Relier la Terre et le monde, prendre conscience que les deux ne font qu'un, nous amène inévitablement à considérer combien santé et environnement sont intrinsèquement liés.

Mais la santé, parce qu'elle touche au plus intime de nous-mêmes, à notre intérêt premier, peut aussi être un formidable levier pour agir pour la préservation de l'environnement. On sait que des modes de mobilité plus doux comme la marche ou le vélo sont immensément bénéfiques pour la santé, ou qu'un régime alimentaire moins carné réduit le risque de cancer. Et l'on sait aussi que la motivation première pour l'adoption de ce type de comportements, c'est la santé. Pourtant, on n'a guère tiré de leçons, jusqu'ici, des enseignements des travaux en santé publique pour le climat. Certains comportements qui étaient encore considérés comme normaux il y a vingt ans sont aujourd'hui considérés comme parfaitement anachroniques : qui se souvient qu'il fut une époque où l'on fumait dans

les restaurants et les cafés, ou sur les lieux de travail, et même dans les avions ? Nous gagnerions énormément à nous inspirer des campagnes qui ont été menées en matière de santé publique pour modifier les comportements individuels : comment les réticences et les oppositions ont-elles été vaincues ? Quelles stratégies de communication étaient les plus efficaces ? Comment la norme sociale a-t-elle évolué ?

Au début de la crise du Covid-19, beaucoup se sont émus que l'on ne semble pas capables de mettre en œuvre contre le changement climatique des mesures aussi radicales que celles qui avaient été imposées pour contenir la pandémie. La question mettait logiquement en regard les politiques de santé publique et les politiques climatiques. Bien sûr, la pandémie appelait des réponses temporaires de nature très différente de celles, pérennes, demandées par le changement climatique. Mais la différence des moyens mis en œuvre reste flagrante, et doit nous questionner davantage sur les liens entre santé et environnement, y compris dans la mise en œuvre des politiques publiques et le rapport aux incertitudes scientifiques.

Cet ouvrage dresse une impressionnante synthèse des interactions, multiples et fécondes, entre les questions d'environnement et de santé. Son grand mérite est de ne pas se limiter à une seule dimension de la relation, mais d'en explorer les différents enchevêtrements. Si nous voulons véritablement agir pour la protection de l'environnement, celle-ci doit devenir davantage qu'une cause : elle doit devenir une affaire d'intérêts. À commencer par la santé.

Introduction

Nicolas Senn, Julia Gonzalez Holguera,
María del Río Carral, Marie Gaille

Skitkomiq sasokiw elakutuwik

(« Un univers en constante relation »
en langue wolastoqiyik,
peuple autochtone du Canada)

« Autrefois, les arbres parlaient aux hommes tout le temps. Même les gens normaux les entendaient. » La vraie question, c'est de savoir s'ils reparleront un jour, avant la fin.

Richard Powers, *L'Arbre Monde*

Pourquoi ce livre ?

S'il y a bien un concept complexe, polysémique, c'est celui d'environnement. Il y a l'environnement que l'on dit « social », « construit », « émotionnel », « économique », « culturel », « toxique » ou « bienfaisant », ou encore « naturel ». C'est notre relation à ce dernier, l'environnement dit « naturel », dans son lien étroit à tous les autres environnements, qui est au cœur de cet ouvrage. Celui qui subit les assauts du changement climatique, qui perd sa richesse en biodiversité, mais aussi celui qui est source de bien-être et de santé, identifié et exploré depuis l'Antiquité dans le monde entier grâce à différents cadres théoriques et scientifiques, faisant l'objet de multiples observations et vécu au travers d'imaginaires variés. La nature fait référence ici au monde naturel qui comprend notamment la biodiversité, les écosystèmes, l'évolution, la biosphère, le patrimoine évolutif commun de l'humanité et la diversité culturelle (adapté de l'Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services [IPBES]).

L'environnement naturel influence notre santé physique et psychique sous des modalités variées selon les individus et les groupes sociaux. Les liens entre environnement et santé sont en effet complexes et multiples. Dans

les sciences biomédicales et de la santé, il est souvent question de « déterminants environnementaux de la santé ». Le terme est peut-être mal choisi, mais dit bien que l'environnement façonne la santé des populations et des individus. La reconnaissance des urgences écologiques et climatiques permet d'insister sur le fait trop longtemps ignoré, ou connu mais négligé, que le bon fonctionnement des écosystèmes est une condition nécessaire à l'existence d'un contexte socio-économique favorable à la santé et au bien-être humain. La relation complexe entre l'environnement naturel et notre santé, accompagnée de ses multiples défis : tel est le sujet de cet ouvrage écrit à de nombreuses mains.

La genèse de l'ouvrage est plurielle. Il y a d'abord la volonté de chercheur·euse·s et d'acteur·rice·s de terrain d'univers aussi différents que la sociologie, les sciences de l'environnement et de la durabilité, la philosophie, la santé publique ou la médecine de travailler ensemble sur cette relation complexe entre santé humaine et environnement. Il y a ensuite la nécessité d'aborder cette question depuis différentes perspectives, d'espérer les croiser et même de les intégrer, quand cela est possible, dans une vision commune et renouvelée. Il y a aussi la volonté d'un éditeur, RMS éditions/Médecine et Hygiène, qui nous a permis de nous lancer dans la réalisation d'un tel ouvrage, sur un sujet dont on parle de plus en plus, mais dont nous ne savons finalement que peu de choses, sur lequel les connaissances sont parfois peu fondées ou alors fragmentées et souvent selon une perspective disciplinaire unique. Il y a, enfin, l'envie et la curiosité de chercheur·euse·s de dialoguer avec d'autres disciplines. Oser, quand on est médecin par exemple, entendre le point de vue des philosophes, des sociologues ou des psychologues de la santé, des sciences de l'environnement ou de la durabilité. Réciproquement, oser entendre, lorsqu'on vient des sciences humaines, sociales et naturelles, ce que les professions de santé ont à nous apprendre sur la vie des corps et sur le soin dédié à conserver la santé de celui-ci, à le guérir quand cela est possible, à l'accompagner quand cela ne l'est plus, lorsque ce corps est resitué dans son environnement, cause ou facteur de santé et de maladie. C'est un enrichissement mutuel que nous avons recherché dans l'entreprise collective qu'est cet ouvrage et que nous souhaitons partager avec les lecteurs et les lectrices. En espérant que cette démarche ouvre des pistes de réflexion et d'action afin d'esquisser, peut-être, une vision commune pour un futur plus durable.

Des sciences humaines et sociales aux sciences de la santé en passant par les sciences naturelles : l'importance d'un regard interdisciplinaire

S'engager dans ce travail d'enrichissement mutuel sur un sujet aussi multidimensionnel et complexe permet au philosophe de repositionner ses questionnements et ses propres ambitions : rappeler quelles sont les grandes « théories » présentes en philosophie sur cette question permet d'appréhender des formes de connaissance dans lesquelles la philosophie, la médecine, l'écologie en un sens large étaient et sont encore intimement entremêlées, et de trouver quelles sont les formes du bon dialogue contemporain, dès lors que la philosophie n'a plus de prétention à apporter des connaissances factuelles sur la relation entre santé et environnement, qu'elles soient issues des sciences de la santé, des sciences naturelles ou des sciences humaines et sociales. En outre, un tel travail contribue à nourrir une réflexion susceptible de déboucher sur une philosophie de la clinique, bien différente d'une philosophie de la santé, ou du normal et du pathologique : une philosophie au chevet du patient, une philosophie qui arpente les couloirs des institutions de soin mais qui entend aussi resituer ce soin dans l'espace de la cité tout entier et donc dans l'environnement dit « naturel ».

La psychologie de la santé, quant à elle, se définit comme un champ nécessairement interdisciplinaire. En raison de ses objectifs de promotion de la santé, de prévention et d'accompagnement dans la maladie, cette discipline siège historiquement au carrefour entre les sciences sociales et humaines d'une part et, d'autre part, la médecine et les sciences de la santé. La psychologie de la santé est plurielle dans ses savoirs psychologiques et ses techniques, s'appuyant sur différents champs de la psychologie, ainsi que la sociologie, l'anthropologie, la philosophie ou encore des sciences du comportement. Toutefois, l'approche biopsychosociale a guidé en filigrane son développement. Dans le contexte actuel, cette approche s'avère toutefois fortement limitée. Les défis contemporains relatifs à la santé sont complexes, d'autant plus qu'on assiste à l'accentuation des inégalités sociales de santé dans une planète en crise (écologique, [post]pandémique, sociopolitique). De ce fait, il est devenu impératif d'intégrer aux savoirs existants une réflexion de fond sur les liens entre santé et environnements sociomatériels.

De leur côté, les chercheur·euse·s en sciences de l'environnement et en durabilité alertent de longue date sur le fait que les activités humaines menacent la stabilité du système Terre et donc les conditions mêmes qui

ont permis le développement des sociétés humaines. Malgré l'urgence soulignée d'agir pour limiter le dérèglement du climat et l'effondrement du vivant, les transformations nécessaires rencontrent d'immenses difficultés. Dans ce contexte de crise, pourquoi la durabilité s'intéresse-t-elle à la santé ? Parce que les problématiques environnementales sont des problématiques de santé. Parce qu'il importe de témoigner de la fragilité de l'humain et des sociétés humaines face à un climat qui se dérègle et une perte de la biodiversité qui s'accélère. L'interdépendance du vivant, l'humain n'y échappe pas. La question de la durabilité s'impose en effet aujourd'hui dans le secteur de la santé. Car les services de santé prennent non seulement conscience de leurs vulnérabilités face à ces enjeux environnementaux, mais également de leur propre responsabilité environnementale. En effet, comment prendre soin et comment soigner dans un monde limité, sans causer du tort aux plus vulnérables et aux générations futures ?

Finalement, les médecins et les soignant·e·s doivent-ils et elles intégrer les questions environnementales dans la pratique clinique ? Et si oui, sont-ils ou sont-elles pour autant des militant·e·s écologiques ? Au vu de l'abondance croissante de preuves scientifiques mettant en lien la santé des humains et celle des écosystèmes ou de la nature anthropisée, la réponse à la première question ne peut qu'être positive. On pourrait même aller plus loin : ne pas considérer l'influence des « déterminants environnementaux » de la santé dans la prise en charge des patient·e·s pourrait être considéré comme un manque de professionnalisme, tant les preuves de leur influence sont abondantes. La réponse à la seconde question – sont-ils ou sont-elles pour autant des militant·e·s ? – est certainement « non ». En effet, pratiquer une médecine ou des soins basés sur les preuves, tout en respectant les valeurs des patient·e·s, permet une approche réellement holistique des patient·e·s. C'est juste faire son travail correctement. Cela implique cependant d'aller chercher dans les connaissances d'autres disciplines scientifiques afin d'avoir une compréhension plus globale de ce qui fait la santé des individus. La médecine et les services de santé contemporains sont certainement à un carrefour : poursuivre sur la voie étroite, cornucopienne et biomédicale actuelle, ou au contraire s'ouvrir à une nouvelle compréhension de la santé et des maladies qui tient compte, notamment, de notre dépendance à des écosystèmes eux-mêmes « en bonne santé ». Les connaissances actuelles tendent à nous faire penser que la première voie est sans issue !

À qui ce livre est-il destiné ?

Cet ouvrage a pour objectif d'explorer, dans une perspective interdisciplinaire, les relations complexes entre environnement et santé des individus et des populations, tout en considérant la manière dont ces liens s'insèrent dans le social, par exemple au travers des inégalités en santé. Ainsi, cet ouvrage vise à tisser des liens entre des concepts, souvent abstraits et globaux, et la pratique clinique ou des soins au quotidien. Il s'adresse à un public d'étudiant·e·s, de professionnel·le·s de santé, de chercheur·euse·s et plus généralement à toutes les personnes intéressées par cette thématique. Selon son propre domaine d'expertise, certains chapitres seront peut-être une évidence, mais d'autres une découverte. C'est là l'intérêt d'une telle démarche : susciter une réflexion, permettre une ouverture pour penser l'humain et sa santé dans un environnement menacé de bouleversements profonds et irréversibles.

Que trouve-t-on dans ce livre ?

L'affirmation « La santé humaine dépend de la santé des écosystèmes » n'a rien d'un slogan militant ou *New Age*. Derrière cette phrase se cache toute la complexité de la relation entre l'environnement naturel et la santé humaine, à la croisée de nombreux savoirs. Ce livre tente de donner un aperçu interdisciplinaire, qui ne saurait être exhaustif, des multiples champs de connaissances qui contribuent à mieux comprendre cette interdépendance et les nombreuses conséquences des perturbations des écosystèmes sur la santé humaine et les services de santé. Ce sont plus de 70 auteur·e·s qui ont contribué à l'écriture de ces 43 chapitres. Bien que les préoccupations environnementales aient aujourd'hui pris une dimension d'urgence globale, au XIXe siècle déjà, des chercheurs et philosophes occidentaux, tels John Muir aux États-Unis ou Alexander von Humboldt lors d'un voyage en Amérique du Sud, s'inquiétaient de l'impact néfaste (notamment pour les sociétés humaines) des dégradations environnementales occasionnées par l'humain. Si le concept de santé planétaire, qui insiste sur l'interdépendance du vivant, trouve aujourd'hui sa place dans la pensée scientifique occidentale, de nombreux peuples autour du globe ont développé de longue date des cosmogonies et des compréhensions du vivant qui intègrent parfaitement notre dépendance à la nature. Cependant, dans cet ouvrage, nous proposons une approche fondée sur une vision de la philosophie et des sciences principalement développées en Occident, qui gagnerait donc à être complétée et enrichie par d'autres travaux, pour une prochaine édition certainement !

D'abord la théorie et l'histoire que l'on retrouve dans la première partie du livre. Les fondements de la pensée écologique ne datent en effet pas d'hier, par exemple dans la volonté affirmée de conserver, voire de préserver, dès le XIXe siècle, une nature sauvage au travers de la création des premiers parcs nationaux. Beaucoup plus loin dans le temps, durant l'Antiquité déjà, le corpus hippocratique considérait que les éléments de l'environnement (par exemple, sol, air, eau) avaient un impact majeur sur la santé des personnes. L'apparition de zoonoses au cours des siècles n'a fait que révéler un peu plus ces liens étroits que nous entretenons avec la nature et les animaux, sauvages ou domestiques, qui nous entourent. Les maladies qui résultent de notre interaction avec notre environnement ont ainsi amené philosophes et éthiciens à élaborer une pensée autour du soin et du *care*. La réalisation de notre dépendance à notre milieu mène par exemple certains philosophes à penser l'éthique du *care* au-delà de l'humain : le *care* de l'environnement dans son ensemble (c'est-à-dire l'attention à porter à l'environnement ordinaire et le bien-être que cet environnement procure aux individus selon Sandra Laugier). Vu d'une autre manière, c'est aussi l'importance de l'environnement naturel pour prodiguer le soin : « L'entente réussie, et heureuse, de l'humain avec son milieu », comme l'écrit Jean-Philippe Pierron dans le chapitre 7. Et si l'on quitte les sciences humaines et sociales, on retrouve de plus en plus de concepts qui décrivent cette interdépendance. Le concept de santé planétaire (*Planetary Health*) ou le mouvement *One health*, construits sur des savoirs anciens et qui s'imposent aujourd'hui, décrivent par exemple ces relations complexes.

Plus proches de la nature et de la santé, et plus concrètement, de nombreuses disciplines académiques se sont attelées à décrire les liens qui existent entre santé et environnement. Ce sera l'objet de la deuxième partie du livre. À commencer par la difficile réalisation que nous pressent de faire les sciences du système Terre. Il ne s'agit plus seulement de reconnaître la finitude des « ressources naturelles ». Il importe de s'assurer que les perturbations anthropiques des écosystèmes ne menacent pas les conditions mêmes d'habitabilités de la planète. Les sciences de l'environnement et la biologie décrivent en parallèle le concept de services écosystémiques, ou autrement dit « la contribution de la nature pour l'humain ». Ce concept, assumé comme anthropocentrique, peut malgré tout servir de levier pour encourager la lutte contre la destruction de la nature et la perte de la biodiversité. Et cela alors que la pandémie de Covid-19 est venue nous rappeler l'importance de lutter contre la déforestation, le changement d'usage des sols et de revoir notre relation aux animaux et notamment aux animaux

d'élevage si l'on ne souhaite pas contribuer à l'émergence d'une « épidémie d'épidémies ». Les dégradations globales et systémiques du fonctionnement du système Terre, auquel on peut ajouter les diverses pollutions des environnements et des corps ont des effets en termes de santé physique et psychique que l'on sait de mieux en mieux caractériser et décrire, mais pas nécessairement prendre en charge. Pour rajouter à l'immense complexité de ces enjeux se pose la question de l'articulation entre ces impératifs environnementaux et les nombreux impératifs sociaux. Comment bien vivre dans cet espace « sûr et juste » décrit par l'économiste K. Raworth, entre limites planétaires à ne pas dépasser et plancher social à préserver ou à atteindre, sans voir s'accroître les inégalités et notamment les inégalités en santé ? Un juste équilibre doit donc être (re)trouvé entre le comblement de nos besoins et le respect des limites planétaires dans tous les secteurs de nos sociétés… et mêmes dans les services de santé.

En outre, comment faire face, dans les services de santé, à ces perturbations majeures de notre environnement ? Il faut bien sûr adapter nos pratiques pour pouvoir continuer de soigner face à de nouveaux risques découlant de vagues de chaleur, de sécheresse, ou à de nouvelles épidémies. De nouvelles pratiques qui intègrent la double perspective de la santé humaine et environnementale pourraient également être développées. L'identification et la promotion de « cobénéfices » santé-environnement, découlant notamment de mesures de stratégies environnementales et de politiques de santé publique, peuvent apporter un cadrage positif pour le développement d'interventions en pratique clinique, visant l'adoption de nouveaux comportements plus sains et durables en matière d'alimentation et de mobilité par exemple. Malgré de nombreux appels pour des actions dans ce sens, sa mise en pratique dans les politiques sanitaires ou en clinique n'est, dans une large mesure, qu'à ses balbutiements et aux premières déclarations d'intentions. Finalement, améliorer l'efficience environnementale des pratiques et la conception durable des structures de soins nécessitera une collaboration interdisciplinaire entre soignant·e·s et ingénieur·e·s afin d'assurer la pertinence, la transparence et le suivi de ces projets et éviter des annonces de *greenwashing*. Ces différents aspects seront abordés dans les parties 3 et 4 de l'ouvrage.

La dernière partie de ce livre questionne le fonctionnement même d'un système de santé occidental productiviste, organisé autour d'une approche biomédicale de la santé, archaïque à bien des égards et héritier d'un XIXe siècle industriel qui avait bien d'autres soucis de santé (c'est-à-dire développé pour lutter contre les maladies infectieuses et non contre les

maladies non transmissibles), de plus en plus inefficace (dans certains pays occidentaux, l'espérance de vie recule) et dont l'empreinte et la vulnérabilité environnementales commencent à être reconnues. Là, des transformations de fond sont indispensables pour rendre nos services de santé plus durables humainement, économiquement et environnementalement. Des pistes se dessinent : repenser les modèles de financement ou renforcer la prévention, la promotion de la santé et les soins primaires.

Un peu de tout cela se retrouve dans ce livre pour une première édition. Nous aurions pu mettre plus, c'est évident. Pour la prochaine fois peut-être. Pour l'heure, nous espérons que les lecteurs et lectrices trouveront autant de plaisir à picorer de nouveaux savoirs dans ce livre afin de réfléchir à la santé sous l'angle de l'environnement que nous en avons pris à le composer.

Présentation des auteurs

AMINIAN Esfandiar – Médecin, assistant de recherche, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Lausanne, Suisse

BALDI Isabelle – Professeure des universités et praticienne hospitalière en santé au travail de l'Université de Bordeaux et directrice de l'équipe INSERM EPICENE, Centre Inserm 1219, France

BODENMANN Patrick – Médecin chef et professeur, Département Vulnérabilités et médecine sociale, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Lausanne, Suisse

BOUCHER Julien – Expert en écoconception, EA – Environmental Action, Lausanne, Suisse

BÜLA Christophe – Professeur et médecin chef du Service de gériatrie et réadaptation gériatrique, Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV), Lausanne, Suisse

CARBALLO David – Médecin adjoint agrégé, Hôpitaux universitaires de Genève (HUG), Suisse

CARBALLO Sebastian – Médecin adjoint agrégé, Hôpitaux universitaires de Genève (HUG), Suisse

CASTRO Alberto – Institut tropical et de santé publique, Université de Bâle, Suisse

CHÈVRE Nathalie – Écotoxicologue, Université de Lausanne, Lausanne, Suisse

CHIAPPERINO Luca – Philosophe et sociologue des sciences et des techniques, Université de Lausanne, Suisse

COHIDON Christine – Maître d'enseignement et de recherche, Médecin spécialiste en santé publique et médecine sociale, Département de médecine de famille, Centre universitaire de médecine générale et de santé publique (Unisanté), Université de Lausanne, Suisse

CONUS Philippe – Professeur et médecin chef du Service de psychiatrie générale, Département de psychiatrie, Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV), Lausanne, Suisse

CORNUZ Jacques – Professeur, Directeur général, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Lausanne, Suisse

D'ACREMONT Valérie – Professeure et médecin adjointe, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Centre de médecins générale et santé publique, Lausanne – Cheffe de projet, Institut tropical et de santé publique suisse, Bâle, Suisse

DEL RÍO CARRAL María – Professeure de psychologie de la santé, approches qualitatives, Institut de psychologie, Faculté des sciences sociales et politiques, Université de Lausanne, Lausanne, Suisse

DEPOUX Anneliese – Directrice du centre Virchow-Villermé de santé publique Paris-Berlin de l'Université Paris Cité, France

DONGUS Stefan – Collaborateur scientifique, Institut tropical et de santé publique, Université de Bâle, Suisse

ECKELMAN Matthew – Professeur agrégé en génie environnemental, Université Northeastern, Boston, États-Unis

FRAGNIÈRE Augustin – Directeur adjoint du Centre de compétences en durabilité, Université de Lausanne, Suisse

GAILLE Marie – Directrice de recherche en philosophie – Directrice de l'Institut des sciences humaines et sociales du CNRS, Paris, France

GENTON Blaise – Professeur et médecin chef, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Centre de médecins générale et santé publique, Lausanne, Suisse

GONZALEZ HOLGUERA Julia – Chargée de projet, Centre de compétences en durabilité, Université de Lausanne, Suisse

GRETZ Mélanie – Docteure en sciences de la terre (UNIGE) et directrice de l'association AniMuse, Genève, Suisse

GUESSOUS Idris – Professeur et médecin chef du Service de médecine de premier recours (SMPR), Hôpitaux universitaires de Genève (HUG) – cofondateur du Groupe de recherche en information géographique et santé populationnelle (GIRAPH), Genève, Suisse

GUILLIEN Alicia – Chercheuse postdoctorante, Institut pour l'avancée des biosciences, Grenoble, France

GUISAN Antoine – Professeur, Département d'écologie et évolution (DEE) et Institut des dynamiques de la surface terrestre (IDYST), Laboratoire ECOSPAT, Université de Lausanne, Suisse

HUMBERT Marc – Médecin associé, Service de gériatrie et réadaptation gériatrique, Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV), Lausanne, Suisse

HYDE Elisa – Étudiante en médecine, Faculté de biologie et médecine, Université de Lausanne, Suisse

JACOT SADOWSKI Isabelle – Médecin, Département Promotion de la santé et préventions, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Lausanne, Suisse

JOOST Stéphane – Maître d'enseignement et de recherche, École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) – cofondateur du Groupe de recherche en information géographique et santé populationnelle (GIRAPH), Lausanne, Suisse

KECK Frédéric – Directeur de recherche CNRS, Laboratoire d'anthropologie sociale, Paris, France

KIEFER Bertrand – Médecin, Rédacteur en chef, Revue médicale suisse

KOLLER Sarah – Chercheuse et praticienne en écopsychologie, Université de Lausanne, Suisse

KÜLLING Nathan – Doctorant, Université de Genève, Laboratoire EnviroSPACE, Genève, Suisse

KÜNZLI Nino – Professeur de santé publique, Institut tropical et de santé publique, Université de Bâle, Suisse

KUTLAR JOSS Meltem – Cheffe de projet, Institut tropical et de santé publique, Université de Bâle, Suisse

LAUGIER Sandra – Professeure de philosophie, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne – Directrice adjointe, Institut des sciences juridique et philosophique de la Sorbonne (ISJPS, UMR CNRS Paris 1), Paris, France

LEBAILLY Pierre – Maître de conférences en santé publique au sein de l'UFR de santé de l'université de Caen-Normandie et chercheur dans l'unité INSERM 1086 Anticipe au Centre de lutte contre le cancer françois baclesse à Caen, France

LEHMANN Anthony – Professeur à l'Université de Genève, Laboratoire EnviroSpace, Genève, Suisse

LUTZ Andrea – Chargé de projet, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Lausanne, Suisse

MARTI Joachim – Professeur, Responsable du secteur Économie de la santé, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté) et Université de Lausanne, Lausanne, Suisse

MARTIN Pierre-Yves – Professeur et médecin chef de service, Hôpitaux universitaires de Genève (HUG), Suisse

MONOD Stéphanie – Professeure, Cocheffe du Département d'épidémiologie et systèmes de santé, Centre universitaire de médecine générale et sante publique (Unisanté), Lausanne, Suisse

MORAND Serge – Professeur et directeur de recherche au CNRS à l'unité MIVEGEC, CNRS – IRD – Montpellier Université, France – Professeur invité à la Faculté de médecine tropicale, Université Mahidol, Bangkok, Thaïlande

MORISOD Kevin – Médecin doctorant MD-PhD, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté) et Université de Lausanne, Lausanne, Suisse

MUELLER Christine – Responsable du secteur Prestations en promotion de la santé, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Lausanne, Suisse

MÜLLER Yolanda – Maître d'enseignement et de recherche, Médecin de santé publique, Département de médecine de famille, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Université de Lausanne, Suisse

MUSU Tony – Chercheur sénior, European Trade Union Institute (ETUI), Bruxelles, Belgique

NICOLET John – Médecin assistant, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Université de Lausanne, Suisse

PANESE Francesco – Sociologue, Professeur en études sociales des sciences et de la médecine à l'université de Lausanne, Suisse

PASCHE Myriam – Cocheffe du département Promotion de la santé et préventions, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Lausanne, Suisse

PIERRON Jean-Philippe – Professeur, Département de philosophie, Université de Bourgogne, Directeur de la chaire Valeurs du soin, France

PROBST-HENSCH Nicole – Professeur, Institut tropical et de santé publique, Université de Bâle, Suisse

RAGETTLI Martina – Cheffe de projet, Institut tropical et de santé publique, Université de Bâle, Suisse

RAINHORN Judith – Professeure, historienne, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Centre d'histoire sociale des mondes contemporains, France/Maison française d'Oxford, Royaume-Uni

REY Pierre-Louis – Doctorant, Université de Lausanne, IDYST, laboratoire ECOSPAT, Lausanne, Suisse

RÖÖSLI Martin – Professeur, chef de groupe, Institut tropical et de santé publique, Université de Bâle, Suisse

SCHNEIDER Marie P. – Professeure, Institut des sciences pharmaceutiques de suisse occidentale, Université de Genève – Directrice scientifique de pharma24, Genève, Suisse

SCHWARZ Joëlle – Sociologue et épidémiologue, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Lausanne, Suisse

SENN Nicolas – Professeur et médecin chef du Département de médecine de famille, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Université de Lausanne, Suisse

SHERMAN Jodi – Médecin anesthésiste, Directeur du Program on Health Care Environmental Sustainability, Hôpital de Yale-New Haven et Yale School of Medicine, New Haven, États-Unis

SIROUX Valérie – Directrice de recherche, Institut pour l'avancée des biosciences, Grenoble, France

SLUTZMAN Jonathan E. – Médecin urgentiste, Directeur du Centre pour l'environnement et la santé, Hôpital général du Massachusetts et Harvard Medical School, Boston, États-Unis

SOMMER Johanna – Professeure, médecin de famille, Directrice de l'Institut universitaire de médecine de famille et de l'enfance, Université de Genève, Suisse

SPAHR Céline – Médecin assistante au Service de médecine interne, Réseau hospitalier neuchâtelois (RHNe), Suisse

STEINBERGER Julia – Professeure, Institut de géographie et durabilité, Faculté de géosciences et environnement, Université de Lausanne, Lausanne, Suisse

TANNER Armand – Médecin chef de clinique au Service de médecine de premier recours, Hôpitaux universitaires de Genève, Suisse

TRAN Nguyen Toan – Professeur, The Australian Centre for Public and Population Health Research, University of Technology Sydney, Sydney, Australie – Privat-Docents, Faculté de médecine, Université de Genève, Suisse

VANN Marie – Étudiante en médecine (6e année), Université de Lausanne, Lausanne, Suisse

VERNEZ David – Professeur et chef du Département Santé, travail et environnement, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Lausanne, Suisse

VILLA Oriana – Responsable unité interventions communautaires, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Lausanne, Suisse

ZINSSTAG Jakob – Professeur, responsable d'unité et chef adjoint du Département d'épidémiologie et de santé publique, Institut tropical et de santé publique suisse, Institut associé à l'Université de Bâle, Suisse

ZÜRCHER Karin – Responsable du secteur information et plaidoyer, Centre universitaire de médecine générale et santé publique (Unisanté), Lausanne, Suisse

Partie 1 :
Théorie et concepts de la relation entre santé et environnement

Les fondements de la pensée écologique et environnementale

1 – Du paysage au système Terre : une très brève histoire de la pensée écologique

Augustin Fragnière

La prise de conscience lente et progressive de l'impact des activités humaines sur l'environnement, dont on peut faire remonter l'origine principale au XIXe siècle, s'appuie sur des préoccupations qui ont évolué au fil du temps et qui sont parfois très différentes les unes des autres. Les mouvements écologistes répondent donc à des problèmes de natures variées, dont les solutions peuvent parfois même se montrer contradictoires. Mais bien loin de montrer le remplacement de certains problèmes environnementaux par d'autres, l'histoire de la prise de conscience environnementale témoigne plutôt d'une logique d'accroissement du nombre et de la diversité des problèmes ainsi que d'une extension de leur portée géographique et temporelle. De préoccupations très locales liées à des causes uniques et bien identifiées, on passe ainsi progressivement au cours du XXe siècle à une prise de conscience liée à des problèmes environnementaux collectifs et transnationaux, pour arriver finalement à une conception globale et intergénérationnelle de l'écologie. L'avènement de la notion d'Anthropocène dès le début du XXIe siècle vient achever cette évolution, mettant l'accent sur le rôle particulier de la civilisation industrielle en tant que premier facteur de perturbation des équilibres écologiques (climatiques, biochimiques, géologiques, etc.) de la planète Terre[a].

Trois préoccupations traditionnelles

Le souci de conservation qui animait les mouvements environnementalistes, depuis le milieu du XIXe siècle jusqu'à la seconde moitié du XXe siècle, se fondait traditionnellement sur trois types de préoccupation : l'épuisement des ressources naturelles, la protection de la nature et des paysages et la lutte contre les pollutions. Ces préoccupations ont joué un rôle moteur dans la prise de conscience écologique et la construction des mouvements de protection de l'environnement. Elles perdurent encore aujourd'hui, mais ont progressivement été intégrées à une vision plus globale et systémique de la question écologique, au risque de se voir parfois

a. Le rapide tour d'horizon qui suit se concentre avant tout, à quelques exceptions près, sur la prise de conscience environnementale dans les pays occidentaux.

supplantées par d'autres enjeux, tels que le changement climatique ou l'érosion de la biodiversité.

La problématique de l'épuisement des ressources naturelles se manifeste très tôt par des problèmes de surexploitation de la forêt, le surpâturage ou l'épuisement des réserves de chasse. On sait aujourd'hui par exemple que des extinctions ciblées de la mégafaune ont accompagné l'occupation de nouveau territoire par des groupes humains dès le paléolithique[1] et certains textes témoignent d'une disparition importante de la couverture forestière dans l'Antiquité[2]. Mais c'est avant tout aux États-Unis durant le XIXe siècle que la prise de conscience prend son essor et devient plus explicite, à mesure du développement économique du pays. Des voix s'élèvent alors dès la première moitié du XIXe siècle pour dénoncer la disparition des populations de bisons ou l'exploitation irraisonnée des ressources forestières[3]. Une controverse extrêmement structurante pour toute l'histoire de la pensée écologique jusqu'à nos jours se développe d'ailleurs au tournant du XXe siècle, entre promoteurs du *conservationnisme* et tenants du *préservationnisme*. Si les deux approches ont en commun une volonté de restreindre l'exploitation de la nature, la première défend une exploitation raisonnée des ressources naturelles, alors que la seconde, incarnée par le célèbre pionnier américain de l'écologie John Muir, consiste bien au contraire à laisser intouchées les plus grandes surfaces possibles de nature sauvage[4].

La question de la surexploitation des ressources naturelles se poursuit ensuite tout au long du XXe siècle avec des préoccupations récurrentes concernant notamment l'épuisement des sols et la baisse des rendements agricoles[5], ainsi que l'épuisement des énergies fossiles, d'abord au sujet du charbon[6], puis du pétrole[7]. Si elles ont pu parfois être marginalisées dans le discours écologiste, ces préoccupations sont encore bien présentes aujourd'hui, notamment au sujet des ressources en eau douce dans certaines parties du monde[8], de l'épuisement des stocks de ressources halieutiques[9] ou au sujet de certains métaux rares très utilisés dans les technologies de l'information[10].

En parallèle, et de manière parfois liée à la question des ressources naturelles, se développe également dès le XIXe siècle une préoccupation pour la protection des paysages et de la nature en tant que telle. Ainsi, l'école de peinture de Barbizon, en France, réussit dès 1853 à faire instituer les premières réserves forestières dans le domaine de Fontainebleau afin de protéger de la destruction leur modèle artistique et source d'inspiration principale[11]. Aux États-Unis, une véritable admiration pour la beauté et la

complexité de la nature sauvage, la *wilderness*, se développe peu à peu à la même époque. Au contraire de l'Europe, l'Amérique du Nord de cette époque comporte encore de très vastes territoires de nature sauvage et intouchée, ou du moins perçue comme telle, qui sont peu à peu anthropisés au gré de la colonisation de l'ouest du continent. La volonté de protéger cette nature sauvage de toute atteinte humaine joue alors un rôle important dans le développement des mouvements environnementalistes et aboutit à la création des premiers parcs naturels du Yosemite en 1864 et du Yellowstone en 1872. C'est également à la même époque que se développe l'écologie en tant que nouvelle discipline scientifique, baptisée ainsi par Ernst Haeckel en 1866, et que sont créées les premières sociétés de protection de la nature : la Société nationale de protection de la nature en France (1854) et le Sierra Club aux États-Unis (1892).

C'est donc à la fois des motifs esthétiques (parfois également spirituels) et scientifiques qui sous-tendent les mouvements préservationnistes de l'époque. Cette tendance se poursuit tout au long du XXe siècle avec la création de nombreux parcs nationaux et de nombreuses réserves naturelles, ainsi que de nouvelles organisations internationales comme l'Union internationale pour la protection de la Nature (aujourd'hui UICN), créée en 1954, ou le WWF en 1961[12]. Au souci de préservation des paysages et de la nature sauvage en tant que tels s'ajouteront la volonté de sauver certaines espèces emblématiques de la disparition et par la suite une importance grandissante accordée à la préservation de la diversité biologique, en raison d'une part de sa valeur intrinsèque, mais aussi et peut-être surtout d'une meilleure compréhension des nombreux services rendus aux sociétés humaines par les écosystèmes[13] (voir les chapitres 10 et 11 sur la biodiversité). La destruction des milieux naturels et la perte alarmante de biodiversité qu'elle occasionne sont aujourd'hui considérées comme l'un des problèmes environnementaux globaux les plus préoccupants.

À cela s'ajoutent encore les problèmes de pollution qui constituent le troisième sujet de préoccupation traditionnel des mouvements environnementaux, et dont la relation directe avec les questions de santé publique a permis de donner un nouvel élan à la prise de conscience écologique. Les nuisances les plus évidentes liées à l'activité économique et au milieu urbain ont de tout temps été un sujet de préoccupation, comme en témoignent par exemple les problèmes de pestilence de la ville médiévale[14], ou les problèmes récurrents de qualité de l'air à Londres dès le XVIIe siècle. C'est d'ailleurs le *Public Health Act* de 1891, un document de santé publique, qui impose pour la première fois des mesures de réduction

des émissions de polluants atmosphériques en Grande-Bretagne[15]. Mais une véritable prise de conscience des effets les plus insidieux des pollutions industrielles ne commence véritablement qu'au milieu du XXe siècle avec l'apparition de divers cas de maladies liées à des intoxications ou à des expositions à des agents chimiques, ainsi qu'une longue série d'accidents industriels, chimiques puis nucléaires, et de marées noires (à commencer par le naufrage du *Torrey Canyon* en 1967). Deux épisodes en particulier ont fortement marqué les esprits et contribué à l'essor de la mobilisation citoyenne au sujet des questions de pollution. Le premier est la catastrophe écologique de Minamata, ville du sud du Japon où les rejets de l'usine pétrochimique Chisso dans la baie voisine ont causé dès 1949 une importante intoxication au mercure parmi la population de la région, donnant son nom à la maladie éponyme de Minamata. Le second est l'affaire de *Love Canal* aux États-Unis, une zone de banlieue dans l'État de New York ayant servi de décharge de produits chimiques avant qu'y soient construits des logements et une école. Ce n'est qu'une vingtaine d'années plus tard, dans les années 1970, qu'une pollution massive du sol et de l'eau sera identifiée, donnant lieu à un mouvement citoyen et des demandes de dédommagement pour les problèmes de santé touchant la population locale (notamment des leucémies). Des livres tels que *Printemps silencieux* de Rachel Carson[16], *Our Synthetic Environment* de Murray Bookchin[17], tous deux publiés en 1962, ou *Avant que nature meure* de Jean Dorst en 1965[18], ont également contribué à diffuser auprès d'un large public la prise de conscience de la nocivité de certains polluants pour la santé des écosystèmes et des populations humaines. Si les normes antipollution se sont depuis fortement renforcées dans les pays occidentaux, les questions de pollution de l'air, du sol et des eaux restent encore très présentes aujourd'hui dans les milieux écologistes. On distingue par ailleurs souvent les problèmes dits de première génération, dont les causes sont connues et bien identifiables, des problèmes de seconde génération moins immédiatement perceptibles et souvent issus de sources multiples et diffuses. De par leur nature, ces derniers sont généralement l'objet de controverses scientifiques et sociales, comme en témoignent les débats actuels au sujet des produits phytosanitaires, des déchets nucléaires ou encore des effets des rayonnements électromagnétiques sur la santé et l'environnement.

Les problèmes environnementaux contemporains et le système Terre : un changement de paradigme

Un certain nombre de problèmes environnementaux contemporains n'entrent toutefois pas clairement dans ces trois catégories. La destruction de la couche d'ozone stratosphérique, le changement climatique, la perturbation du cycle global de l'azote ou la réduction massive de la biodiversité à l'échelle globale ne sont en effet ni des problèmes de ressources, ni vraiment des questions de protection de la nature ou de pollution au sens traditionnel. De dimension d'emblée mondiale, ces problèmes sont le fait de l'accumulation progressive d'une multitude de contraintes imposées aux paramètres écologiques de la planète par l'augmentation des flux de matière et d'énergie qui sous-tendent les activités humaines. De nature différente des préoccupations environnementales traditionnelles, ils participent d'une conception de l'écologie qui émerge dans la seconde moitié du XXe siècle et qui est beaucoup plus centrée sur le fonctionnement l'écosystème planétaire lui-même[b].

Dès les années 1960, les premières images de la Terre vue de l'espace, perdue dans l'immensité intersidérale, ont commencé à diffuser dans la culture populaire l'idée d'une planète isolée et fragile dont les systèmes d'approvisionnement et de régulation devaient absolument être préservés[19]. C'est également à cette époque que commencent les premiers grands programmes de recherche, et les premières inquiétudes sérieuses liées au changement climatique (la mesure systématique de la concentration atmosphérique de CO_2 débute en 1958). Les années 1970 et 1980 voient quant à elles se développer les premières modélisations biophysiques de la planète et l'hypothèse Gaïa comparant la Terre à un organisme unique muni de mécanismes d'autorégulation lui permettant de se maintenir dans un certain état de stabilité[20]. Ces différentes avancées conduiront au développement, dès les années 1990, d'une nouvelle discipline scientifique nommée science du *système Terre*, qui va révolutionner notre appréhension des problèmes environnementaux.

Spécialisée dans l'étude de la planète conçue comme un système complexe et unifié, caractérisé par un certain nombre de cycles et de paramètres biophysiques interconnectés, cette nouvelle discipline permettra de mettre au jour et de quantifier, notamment grâce au programme de recherche international Géosphère-Biosphère, l'influence grandissante

b. L'idée d'un impact des activités humaines sur l'ensemble de la planète avait déjà été explorée par quelques précurseurs, tel George Perkins Marsh dans la seconde moitié du XIXe siècle ou Vladimir Vernadsky au début du XXe siècle.

des activités humaines sur son fonctionnement. Cela débouchera dès le début des années 2000 sur le constat d'une modification suffisamment importante et rapide du système Terre pour le faire sortir de la période de stabilité qu'il a connue durant les dix derniers milliers d'années (Holocène), et sur la proposition, encore parfois controversée dans la communauté scientifique, de la définition d'une nouvelle époque géologique marquée de l'empreinte des activités humaines : l'*Anthropocène*[21]. À cela s'ajoute le développement du cadre conceptuel des *limites planétaires*, identifiant des seuils de dangerosité associés à neuf variables clés gouvernant l'évolution du système, et qui permet donc de définir en creux l'espace au sein duquel les activités humaines pourraient se déployer sans risque de déstabilisation irréversible[22]. À l'heure actuelle, plusieurs de ces limites sont déjà dépassées, notamment celles relatives au changement climatique et à l'érosion de la biodiversité globale (voir le chapitre 9 : Les limites planétaires et la santé).

Cette nouvelle conception systémique et planétaire des questions environnementales ne doit pas être interprétée comme une simple extension à l'échelle globale des problématiques traditionnelles, mais comme un véritable changement de paradigme dans notre manière de penser l'écologie[23]. Avec le changement climatique ou la destruction massive du vivant, ce ne sont plus à des problématiques locales à la causalité relativement directe que nous avons affaire, mais à un dérèglement sans précédent des conditions les plus fondamentales du fonctionnement et de l'habitabilité de la Terre. C'est ici littéralement l'avenir de la planète qui est en jeu et avec lui celui de tous ses habitants, présents et futurs, humains comme non humains.

Pensée écologique et santé planétaire

Les débats autour des grands enjeux exposés dans ce chapitre, ainsi que le corpus de textes, d'analyses et de publications scientifiques qui les ont accompagnés dans leur évolution, ont permis de faire émerger peu à peu une nouvelle manière d'appréhender la relation des humains à leur environnement, à la biosphère et aux autres êtres vivants. Loin de se réduire à une simple prise en compte « à la marge » des problèmes environnementaux dans la gestion des affaires humaines, cette approche, parfois désignée par le terme « pensée écologique[11] », accorde aux conditions écologiques de la planète un rôle premier et central dans la redéfinition des cadres de pensée, des valeurs et des imaginaires traditionnels, mais aussi des savoirs académiques, des institutions et de l'organisation (technique, politique,

économique ou sociale) des sociétés humaines. Bien plus que d'un simple souci de l'environnement, il s'agit donc d'une volonté de reconfiguration des rapports entre les humains et le reste de la planète.

Une telle reconfiguration s'applique également aux questions de santé publique dont le rapport avec les questions environnementales pourrait bien suivre, dans les années qui viennent, un changement de paradigme similaire à celui qui est à l'œuvre dans notre manière de concevoir les questions écologiques. Avec le concept de *santé planétaire* (*planetary health*), largement diffusé en 2015 par un rapport de la Rockefeller Foundation-Lancet Commission on Planetary Health, les déterminants environnementaux de la santé ne sont plus uniquement fonction de la qualité locale de l'air, de l'eau ou du cadre de vie en général, mais sont intimement liés à la santé du fonctionnement écologique de la planète elle-même[24] (voir le chapitre 9 : Les limites planétaires et la santé). Dans la droite ligne de l'évolution de la pensée écologique telle que présentée ici, cette communauté de destin entre santé humaine et santé de la planète doit nous amener à une meilleure prise en compte des fondements écologiques de notre bien-être et à penser de manière renouvelée la place de l'entreprise humaine sur Terre.

Références bibliographiques

1. Wilson EO, La Diversité de la vie, Paris, Odile Jacob, 1993 (éd. Originale : The Diversity of Life, The Belknap Press of Harvard University Press, 1992).
2. Platon C, in Œuvres complètes, Paris, Les Belles Lettres, 1970, 110 d-111 e.
3. Catlin G, Letters and Notes on the Manners, Customs, and Condition of the North American Indians (1841), Philadelphie, J. W. Bradley, 1859 ; Perkins Marsh G, Man and Nature; or, Physical Geography as Modified by Human Action, New York, Charles Scribner, 1864 ; trad. fr. Benedic L, Walter A, L'Homme et la Nature, ou la géographie physique modifiée par l'action humaine, in Écologie & Politique, Paris, Syllepse, 2007-2008.
4. Bourg D, Fragnière A, La Pensée écologique : une anthologie, Paris, Presses universitaires de France, 2014, p. 703.
5. Vogt W, Road to Survival, New York, William Sloane Associates Inc., 1948 ; trad. fr. Rollet I, La Faim du monde, Paris, Hachette, 1950 ; Osborn F, Our Plundered Planet, Boston, Little Brown, 1948 ; trad. fr. Planiol M, La Planète au pillage, Arles, Actes Sud, 2008 ; Hardin G, « The Tragedy of Commons », Science, 1968 ; 162(3859) : 1243-1248.
6. Jevons WS, The Coal Question, Londres, Macmillan & Co., 1865.
7. Hubbert MK, « Nuclear Energy and the Fossil Fuels », Drilling and Production Practice, 1956.
8. Brown L, World on the Edge, New York, Norton & Company, 2011.

9. Cury P, Miserey Y, Une mer sans poissons, Paris, Calmann-Lévy, 2008.
10. de Guillebon B, Bihouix P, Quel futur pour les métaux? Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société, Les Ulis, EDP Sciences, 2010.
11. Bourg D, Fragnière A, La Pensée écologique : une anthologie, Paris, Presses universitaires de France, 2014, p. 3 et 41.
12. Parmi les nombreux livres ayant défendu la nécessité de la préservation des écosystèmes et un changement fondamental de notre rapport à la nature, celui d'Aldo Leopold paru en 1949 fait office de précurseur : Leopold A, Almanach d'un comté des sables, Paris, Flammarion, 2000.
13. Blandin P, De la protection de la nature au pilotage de la biodiversité, Versailles, Éditions Quæ, 2009.
14. Guillerme A, Les Temps de l'eau : la cité, l'eau et les techniques. Nord de la France, fin IIIe – début XIXe siècle, Seyssel, Champ Vallon, 1983.
15. « The History of Urban Air Pollution » www.lordgrey.org.uk/~f014/usefulresources/aric/Resources/Teaching_Packs/Key_Stage_4/Air_Quality/01.html
16. Carson R, Silent Spring, Boston, Houghton Mifflin Company, 1962 ; trad. fr. Gravrand J-F, Printemps silencieux, Marseille, Wildproject, 2009.
17. Bookchin M (Lewis Herber), Our Synthetic Environment, Londres, Jonathan Cape, 1962.
18. Dorst J, Avant que nature meure, Neuchâtel, Delachaux & Niestlé, 1965.
19. Poole R, Earthrise: How Man First Saw the Earth, New Haven, Yale University Press, 2008.
20. Lovelock J, Gaia: A New Look at Life on Earth, Oxford, Oxford University Press, 1979.
21. Crutzen PJ, Stoermer EF, « The "Anthropocene" », Global Change Newsletter, 2000 ; 41 : 17-18.
22. Rockström J, et al., « Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity », Ecology and Society, 2009 ; 14(2) : 32.
23. Hamilton C, Grinevald J, « Was the Anthropocene anticipated? », The Anthropocene Review, 2015 ; 2(1) : 59-72.
24. Whitmee S, et al., « Safeguarding Human Health in the Anthropocene Epoch: Report of the Rockefeller Foundation-Lancet Commission on Planetary Health », The Lancet, 2015 ; 386(10007) : 1973-2028.

2 – Petit lexique commenté de la durabilité

Augustin Fragnière

Des concepts scientifiques ou politiques ?

Plusieurs notions liées aux questions environnementales, à commencer par le terme « écologie », désignent des concepts scientifiques mais ont également un sens beaucoup plus normatif. Il convient donc de faire la part des choses entre ce qui relève de la science ou de disciplines académiques et ce qui relève de mouvements politiques ou militants. On distingue ainsi traditionnellement l'*écologie scientifique*, c'est-à-dire l'étude par des *écologues* de l'interaction des êtres vivants entre eux et avec leur milieu, de *l'écologie politique*, ensemble de mouvements portés par des partis ou des militants *écologistes* visant une transformation des pratiques économiques et sociales et l'intégration des questions environnementales dans la prise de décision publique. On distingue de même les *sciences de l'environnement* de l'*environnementalisme*, ou l'*étude de la durabilité*, en tant que discipline académique, de la *durabilité*, en tant que programme politique.

Les deux niveaux, descriptif et normatif, ne sont clairement pas sans lien l'un avec l'autre et peuvent se recouper partiellement. Les mouvements écologistes sont en effet largement informés par les connaissances produites au sein de l'écologie scientifique ou des sciences de l'environnement, alors que les orientations de recherche de ces dernières (le choix des questions et des problèmes à investiguer) sont influencées par des positions normatives sous-jacentes ou plus directement par des commandes politiques. De nombreux individus interviennent d'ailleurs sur les deux niveaux et certaines disciplines académiques se revendiquent d'une posture « engagée[a] ».

Il n'en reste pas moins que le statut, les objectifs et les méthodes d'une approche scientifique diffèrent fondamentalement de l'action militante, et que les résultats produits par certaines disciplines académiques peuvent parfois entrer en contradiction avec les finalités des politiques écologistes

a. La *political ecology*, par exemple, désigne en anglais un champ de recherche académique qui revendique son caractère engagé et s'intéresse aux jeux d'acteurs et relations de pouvoir présidant aux dégradations environnementales et à la répartition des droits d'accès aux ressources.

(voir certaines controverses au sujet des OGM ou de l'énergie nucléaire). Il reste donc utile de bien garder à l'esprit cette distinction lorsque l'on manipule des termes aussi chargés en signification qu'« écologie », « environnement » ou « durabilité ». Les paragraphes suivants abordent quelques concepts et approches qui structurent les débats actuels autour des questions de durabilité, dont certains possèdent à la fois une dimension proprement scientifique et une dimension plus normative.

Environnement, écologie et système Terre

Les termes « environnement » et « écologie » sont parfois utilisés de manière interchangeable mais recouvrent des réalités sensiblement différentes.

Environnement : Fréquemment associé par abus de langage au seul milieu naturel, le terme désigne à l'origine tout ce qui environne une chose ou un individu. Le terme est attesté en français dès le XVIe siècle, mais disparaît ensuite de la langue française pour être réintroduit au début du XXe siècle par le géographe Vidal de la Blache. Importé de l'anglais, le mot possède alors un sens proche du mot « milieu » et désigne les conditions influençant la vie et le développement du sujet étudié[1]. On parlera ainsi d'environnement urbain, social, naturel, etc., comme c'est encore souvent le cas aujourd'hui. Il n'en reste pas moins qu'en raison de son étymologie (« ce qui environne »), le terme renvoie malgré tout à l'idée d'un cadre de vie passif avec lequel l'individu maintiendrait une certaine forme d'extériorité. À partir des années 1970, notamment lors de la Conférence internationale de Stockholm en 1972, le terme acquiert une connotation plus politique et en vient à désigner spécifiquement les problèmes d'impact des activités humaines sur le milieu naturel[2]. En anglais le terme *environmentalism* désigne ainsi, de manière similaire à l'« écologisme » en français, un mouvement politique et social visant à protéger la nature, limiter les pollutions et conserver les ressources naturelles.

Écologie : Au contraire du terme « environnement », l'écologie met d'emblée l'accent sur la relation et l'interaction. Forgé en 1866 par le naturaliste allemand Ernst Haeckel pour désigner « la science des relations de l'organisme avec l'environnement[3] », il désigne aujourd'hui encore une branche de la biologie qui répond à la même définition et s'intéresse aux mécanismes de coopération et de compétition entre les différentes espèces, au sein d'un milieu donné. De nombreux concepts empruntés à cette discipline scientifique sont passés dans le langage courant tels que[b] :

b. Les trois définitions qui suivent sont adaptées du glossaire de la *British Ecological Society*, www.britishecologicalsociety.org/glossary/

Biodiversité : Contraction de l'expression « diversité biologique », couramment utilisée pour décrire la diversité des espèces dans une zone spatiale donnée. Le concept de diversité biologique est en réalité plus large et peut se référer à la diversité au niveau du génome, du phénotype, de l'espèce, de la communauté, de l'écosystème, ou encore en termes de fonctions écologiques.

Écosystème : Système complexe composé de l'ensemble des organismes et des composants abiotiques présents dans une zone spatiale donnée. Ces éléments interagissent et sont généralement considérés collectivement comme une unité écologique.

Services écosystémiques : Les écosystèmes ont des propriétés émergentes mesurables telles que la productivité, la diversité, la stabilité. Un sous-ensemble de ces propriétés, appelé « services écosystémiques », peut être considéré comme « utile » d'une certaine manière au niveau de vie et au bien-être des êtres humains. Cette expression est couramment utilisée pour aider à quantifier les avantages économiques et sociaux de la conservation des milieux et de la biodiversité. On distingue notamment les services d'approvisionnement, les services de régulation, les services culturels ou récréatifs, et les services de soutien aux autres fonctions écosystémiques.

L'attention centrale accordée par l'écologie scientifique aux interactions et aux processus de coévolution au sein de systèmes complexes a conduit durant le XXe siècle à sa déclinaison, par analogie, dans divers domaines. Cela a donné lieu à des domaines d'études tels que l'*écologie humaine*, soit l'étude des humains et de leurs interactions avec leur environnement naturel et construit, ou l'*écologie industrielle*, soit l'étude des flux de matière et d'énergie dans les systèmes industriels, à des fins d'optimisation et de rationalisation par bouclage circulaire des flux.

Le terme « écologie » prend également dans le même temps, au moins depuis les années 1960, une dimension intellectuelle et plus proprement politique avec l'émergence des différents mouvements de protection de l'environnement et les partis politiques qui les accompagnent. L'*écologie politique* se donne ainsi pour objectif de repenser les conditions matérielles et environnementales de la gouvernance de nos sociétés et des rapports de force qui les traversent, notamment à des fins de transformation[4]. L'*écologie sociale* et l'*écologie profonde*, pour prendre deux autres exemples, constituent quant à elles des doctrines développées dans les années 1970, et parfois considérées comme concurrentes par leurs fondateurs, qui proposent de manière assez détaillée un nouveau mode de vie

en société et de relation au milieu naturel. C'est notamment sur cette base que le terme « écologie », partant d'une discipline scientifique, en vient peu à peu à désigner un programme intellectuel et politique.

Science du système Terre : L'approche systémique déjà présente dans l'écologie scientifique depuis la première moitié du XXe siècle, conjuguée à l'étude des changements globaux provoqués par les activités humaines (changement climatique, perte de biodiversité, changement d'usage des sols, etc.), mène dans les dernières décennies du siècle à un changement d'échelle et à la pleine réalisation que la Terre elle-même est un système complexe. Ce dernier est composé de différentes « sphères » (atmosphère, hydrosphère, cryosphère, biosphère, géosphère) interconnectées par des cycles et processus globaux qui jouent un rôle central dans son fonctionnement[c].

À l'émergence de cette perspective qui considère la planète Terre comme un tout correspond le développement d'une nouvelle discipline scientifique, la science du système Terre, qui vise à mieux comprendre non seulement le fonctionnement de la planète, mais aussi sa perturbation et sa déstabilisation par les activités humaines. Cette nouvelle science cherche d'emblée à transcender les frontières disciplinaires et s'intéresse à des questions qui dépassent l'analyse de phénomènes isolés et nécessitent au contraire une mise en relation. Comme l'expliquent Will Steffen et ses collègues dans un livre qui a marqué l'émergence de cette nouvelle discipline : « L'approche systémique requise pour comprendre les aspects du fonctionnement du système Terre, dont dépendent la survie de l'humanité et la vie en général, doit intégrer des interactions complexes, des synergies entre les composants du système, des réponses non linéaires et des rétroactions multiples. Elle doit également prendre en compte les facteurs de changement biophysiques et anthropiques, non pas comme des influences distinctes, mais comme des processus étroitement imbriqués et interactifs[5]. »

À l'image de l'écologie scientifique, la science du système Terre s'organise autour de concepts qui sont aujourd'hui très structurants dans les débats sur les questions environnementales et la durabilité en général.

Système Terre : L'ensemble composé des processus et interactions physiques, chimiques et biologiques à l'échelle globale (souvent appelés « cycles

c. Il existe des précurseurs de cette approche, notamment en la personne du savant russe Vladimir Vernadsky qui publie en 1926 un ouvrage intitulé *La Biosphère*, dans lequel il défend l'idée que la vie, avec les processus qui lui sont associés, est un facteur prépondérant de transformation de la planète.

biogéochimiques ») ainsi que des flux d'énergie et de matière (y compris le système climatique) qui fournissent les conditions nécessaires à la vie sur la planète. Les humains, leurs sociétés et leurs activités font partie intégrante du système Terre et interagissent avec les autres composantes. Ils ne sont pas considérés comme une force qui viendrait le perturber de l'extérieur[6].

Limites planétaires : Limites en matière de perturbation du système Terre à l'intérieur desquelles l'humanité peut se développer et prospérer de manière sûre pour les générations à venir. Ce cadre d'analyse décrit neuf processus fondamentaux pour la stabilité et la résilience du système Terre, dont huit sont associés à une limite quantitative en matière de modification par les activités humaines. La transgression d'une ou plusieurs de ces limites implique des risques de changements environnementaux abrupts et irréversibles aux échelles continentale et globale[7].

Les neuf limites planétaires sont : le changement climatique, l'intégrité de la biosphère, la transformation des milieux terrestres, la consommation d'eau douce, la perturbation des flux biogéochimiques (phosphore et azote), l'acidification des océans, l'accumulation d'aérosols dans l'atmosphère, la destruction de l'ozone stratosphérique et l'introduction de nouvelles entités (molécules chimiques, polluants, etc.) dans l'environnement (voir le chapitre 9 : Les limites planétaires et la santé).

Anthropocène : Nom proposé pour la définition d'une nouvelle époque géologique, sur la base du constat de l'influence des activités humaines sur les processus fondamentaux du système Terre. L'impact des activités humaines a provoqué le dépassement de cinq des limites planétaires et ce faisant a conduit le système Terre en dehors de l'état de stabilité qui a caractérisé l'époque géologique précédente, nommée holocène, durant plus de dix mille ans. Toute en reconnaissant que les différentes sociétés du monde ont contribué de manière très inégale aux pressions exercées sur le système Terre, le terme « anthropocène » met en exergue le rôle prépondérant des activités humaines en tant que facteur principal de changement dans cette nouvelle époque[8].

À l'instar d'autres concepts vus plus haut, celui d'anthropocène possède également une dimension plus directement politique ou idéologique. Il est notamment l'objet de nombreux débats quant à la pertinence du terme lui-même (qui pour certains ne permet pas de rendre visibles les racines capitalistes et industrialistes du problème) et quant à sa réappropriation par des mouvements promouvant des visions du monde et de l'écologie parfois contradictoires (par exemple, la réduction drastique de l'impact des activités humaines *vs* la gestion active du système Terre par la technique).

Développement durable, durabilité, transition écologique

La notion de développement durable remonte au début des années 1980 et a été popularisée par la publication, en 1987, du rapport « Notre avenir à tous » (ou également rapport Brundtland) de la Commission mondiale pour le développement et l'environnement des Nations unies. On y trouve une définition de cette notion qui deviendra pratiquement canonique.

Développement durable : « Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs[9]. » Intégré d'emblée dans les discussions au sein des Nations unies, le concept sert de fondement à un *agenda politique international* qui vise à réduire les inégalités intra- et intergénérationnelles par la poursuite de la croissance économique, tout en réduisant les impacts des activités humaines sur l'environnement. Cette approche est souvent représentée par le *modèle des trois piliers*, économique, social et environnemental, qui doivent tous trois être pris en compte dans l'élaboration de politiques publiques. L'Agenda international pour le développement durable a débouché sur plusieurs plans d'action et séries d'objectifs plus concrets tels que l'*Agenda 21*, lancé lors du Sommet de la Terre de Rio en 1992, les *Objectifs du millénaire pour le développement*, lancés en 2000, et finalement les *Objectifs du développement durable*, définis en 2015. Ces derniers sont constitués de dix-sept objectifs, pour la plupart socio-économiques, tels que l'éradication de la pauvreté, la lutte contre la faim ou la promotion de la santé et du bien-être, mais aussi environnementaux, comme la lutte contre le changement climatique ou la préservation de la biodiversité.

Durabilité : Souvent confondue avec le programme politique du développement durable, la durabilité est un concept scientifique étudié au sein du champ de recherche des « études de la durabilité » et qui peut être défini comme suit : « Le terme durabilité désigne un fonctionnement des sociétés humaines, notamment dans leur relation à l'environnement naturel, qui assure leur stabilité à long terme et rend possible l'épanouissement humain au travers des générations[d]. » L'étude de la durabilité s'intéresse à la mise en relation des savoirs interdisciplinaires – environnementaux, sociaux, éthiques, économiques ou techniques – qui permettent

d. D'après la définition du Centre de compétences en durabilité de l'Université de Lausanne. www.unil.ch/centre-durabilite/home/menuinst/presentation/concepts.html

d'atteindre ce but. Cette notion et les enjeux qu'elle recèle étant éminemment complexes, il existe un grand nombre d'approches et de théories différentes (le développement durable n'étant que l'une d'entre elles) quant à la manière d'y parvenir. On peut notamment distinguer les deux grandes orientations suivantes :

Durabilité faible : L'approche dite « faible » de la durabilité est issue de la prise en compte des questions environnementales par l'économie néoclassique en visant à intégrer les dégradations infligées à la nature au calcul économique. Toutefois, l'idée centrale est ici que le capital naturel peut être *substitué* par du capital reproductible, c'est-à-dire créé par l'activité économique. Cela suppose donc que l'épuisement des ressources naturelles, la destruction des écosystèmes ou les diverses pollutions peuvent être compensés par un accroissement de la capacité productive, par exemple *via* des technologies de substitution[10]. Cette même logique est généralisable aux trois piliers du développement durable, dans leur représentation traditionnelle, en postulant la possibilité de compenser un déficit au niveau d'un pilier (par exemple environnemental) par un accroissement au niveau des deux autres (économique ou social). Il n'y a dans cette optique ni hiérarchie ni priorité entre les trois piliers.

Durabilité forte : Au contraire de la durabilité faible, l'approche « forte » postule la nécessité de préserver le capital naturel indépendamment des gains économiques ou sociaux que son exploitation permettrait. L'idée est donc que la substituabilité entre les dimensions environnementale, sociale et économique de la durabilité est au mieux partielle, voire inexistante. Ces trois dimensions sont comprises ici comme étant complémentaires et non plus interchangeables. La plupart des théories de la durabilité forte estiment que certains aspects centraux de l'environnement naturel (la stabilité du climat, la biodiversité, les services écosystémiques, etc.) doivent être transmis aussi intacts que possible aux générations futures, soit en raison de l'importance des bénéfices qu'ils apportent aux sociétés humaines, soit en raison de la valeur « non instrumentale » qu'ils possèdent en eux-mêmes. La durabilité forte est donc fondée sur l'existence de limites environnementales, plus ou moins contraignantes en fonction des théories, qui viendraient restreindre la latitude d'action des activités humaines sur la planète[11].

Modèle du « Donut » : Développé par l'économiste Kate Raworth en 2012, le modèle du « Donut » est un cadre conceptuel qui adopte les principes de la durabilité forte et propose une synthèse entre les dernières avancées au sujet des enjeux sociaux et environnementaux. Visuellement,

le modèle est constitué de deux cercles concentriques. Le cercle intérieur représente les acquis sociaux minimaux, inspirés des objectifs du développement durable, au-dessus desquels tout le monde devrait pouvoir vivre, alors que le cercle extérieur représente les limites planétaires à ne pas dépasser. L'espace entre les deux cercles, en forme de « Donut », représente l'espace sûr et juste au sein duquel les activités humaines peuvent se déployer[12]. Dans ce modèle, l'économie n'est plus considérée comme une fin en soi, mais comme un instrument qui est mis au service des objectifs sociaux et environnementaux. Le « Donut » est de plus en plus utilisé comme cadre normatif pour l'élaboration de stratégies de durabilité à des échelles variées, de l'entreprise aux régions en passant par de nombreuses villes.

Transition écologique et sociale : Le terme désigne un processus de changement profond des sociétés humaines actuelles et de leur système économique et productif dominant, pour atteindre la durabilité. Les transitions sont des processus à long terme dans lesquels les structures, les cultures et les pratiques existantes sont transformées et remplacées par un nouveau paradigme[13]. Les objectifs de la transition écologique sont généralement exprimés dans les termes d'une conception particulière de la durabilité, comme le modèle du Donut. Ils comprennent donc *a minima* une dimension sociale et une dimension environnementale mais peuvent varier considérablement en fonction de l'approche considérée, tout comme les moyens mis en œuvre pour y parvenir. Deux stratégies macroéconomiques s'opposent notamment quant à la voie à suivre pour mener à bien cette transition.

Croissance verte : Dans le prolongement du développement durable, l'idée est ici de poursuivre la croissance économique, définie comme une augmentation du PIB, tout en réduisant les impacts des activités économiques sur l'environnement grâce à des gains d'efficience et des substitutions de technologies. Cette stratégie porte le nom de *découplage* puisqu'il s'agit de faire diverger deux tendances, la croissance du PIB et celle des dégradations environnementales, qui ont historiquement évolué de concert. Le découplage est dit *relatif* si l'impact environnemental par point de PIB diminue et *absolu* si l'impact environnemental diminue en chiffres absolus alors que le PIB continue à croître. La croissance verte, considérée par certains économistes comme le seul moyen d'atteindre les objectifs socio-économiques dans les pays les plus pauvres de la planète, reste aujourd'hui l'approche dominante au sein des organisations internationales et de l'agenda des Nations unies pour la durabilité.

Décroissance : La décroissance est une réduction planifiée de la consommation d'énergie et de ressources destinée à ramener l'économie dans les limites du système Terre, tout en réduisant les inégalités et en améliorant le bien-être humain[14]. Elle est donc généralement associée à une vision forte, voire très forte, de la durabilité. La décroissance ne vise pas en soit une réduction du PIB, mais ses défenseurs avancent qu'une réduction suffisante des flux de matière et d'énergie a de fortes chances de causer une telle réduction. Cette approche se fonde donc sur le constat d'échec de la stratégie du découplage à l'échelle mondiale et sur son incapacité à atteindre les objectifs de la transition écologique dans les temps impartis[15]. Selon cette approche, ramener rapidement l'économie mondiale dans les limites planétaires tout en permettant à toutes et à tous de jouir de conditions de vie décentes ne peut être atteint par de simples mesures d'efficience et d'optimisation, mais exige de mettre en place des politiques de réduction de la consommation, en particulier dans les pays développés, ainsi qu'une redistribution de la richesse vers les pays les plus pauvres.

Santé et durabilité

Parmi les enjeux sociaux de la durabilité, la santé occupe souvent une place prépondérante, en particulier lorsqu'elle est comprise de manière très large comme c'est le cas dans la définition de l'OMS : « La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité[16]. » Une définition de la santé qui n'est pas centrée uniquement sur les aspects biophysiques mais inclut également une notion de bien-être social implique naturellement de s'intéresser aux conditions de vie des populations humaines, ainsi qu'aux relations qui les lient à leur environnement au sens large (naturel, urbain, social, etc.). L'étude des liens entre environnement et santé n'est certes pas nouvelle (voir le chapitre 4 : L'histoire de la relation entre santé, maladie et environnement), mais l'évolution des concepts ou domaines d'étude qui s'intéressent à cette relation montre bien une gradation allant de questions très liées à l'impact des conditions de l'environnement physique immédiat sur la santé à des approches beaucoup plus englobantes prenant en compte les conditions écologiques d'apparition de nouveaux pathogènes ou les implications du système socio-économique actuel sur le système Terre. Ces approches se recoupent partiellement, mais sont également toutes sensiblement différentes.

***Environmental Health* (santé environnementale) :** Selon l'OMS, la santé environnementale en tant que discipline vise à prévenir les maladies

et à créer des environnements favorables à la santé. Dans ce cadre l'environnement est défini comme : « L'ensemble des facteurs physiques, chimiques et biologiques externes à une personne, ainsi que tous les comportements qui y sont liés, à l'exclusion des environnements naturels qui ne peuvent être raisonnablement modifiés. Cette définition exclut les comportements non liés à l'environnement, ainsi que les comportements liés à l'environnement social et culturel, à la génétique et à certaines parties de l'environnement naturel[17]. » L'attention est donc portée avant tout aux facteurs environnementaux immédiats tels que la qualité de l'air, la qualité de l'eau, les rayonnements, le bruit ou encore les questions de biosécurité, *via* des disciplines telles que l'épidémiologie environnementale ou la toxicologie.

***One Health* (une seule santé) :** Le concept de *One Health* souligne la nécessité de traiter conjointement des questions de santé humaine, de santé animale et de santé écologique de l'environnement naturel. Il s'agit d'une approche « intégrée et unificatrice qui vise à équilibrer et à optimiser durablement la santé des personnes, des animaux et des écosystèmes. Elle reconnaît que la santé des humains, des animaux domestiques et sauvages, des plantes et de l'environnement au sens large (y compris les écosystèmes) est étroitement liée et interdépendante[18] ». Fondée sur le constat du passage de nombreux pathogènes entre la faune sauvage, les animaux domestiques et les humains (par exemple, grippe aviaire, Ebola, etc.), cette approche vise donc à mieux comprendre et à prévenir l'émergence et la diffusion de nouvelles maladies infectieuses, principalement zoonotiques, par une collaboration rapprochée entre médecine humaine, médecine vétérinaire et écologie scientifique.

***Eco Health* (approche écosystémique de la santé) :** L'approche écosystémique de la santé, ou *Eco Health*, est un domaine d'étude émergent similaire à *One Health* qui vise à assurer durablement la santé des personnes, des animaux et des écosystèmes. Elle se distingue par son approche de recherche-action résolument transdisciplinaire, à travers la participation de toutes les parties prenantes, et son attention particulière portée à la durabilité et à l'équité. Alors que *One Health* trouve son origine dans le contrôle des maladies zoonotiques, l'approche *Eco Health* est née de recherches orientées vers « la compréhension de la santé dans le contexte des écosystèmes, de la dégradation de l'environnement et du développement non durable des sociétés actuelles. Elle présuppose que la survie de l'homme dépend d'écosystèmes sains et diversifiés, et que les deux sont actuellement menacés[19] ».

***Planetary Health* (santé planétaire) :** Franchisant un pas supplémentaire par rapport aux deux approches précédentes, le concept de santé planétaire se situe d'emblée à l'échelle globale pour réaffirmer les liens d'interdépendance entre santé, avenir des civilisations humaines et stabilité des systèmes écologiques de la planète. La santé planétaire est définie comme : « La réalisation du plus haut niveau possible de santé, de bien-être et d'équité dans le monde entier grâce à une attention particulière portée aux systèmes humains – politiques, économiques et sociaux – qui façonnent l'avenir de l'humanité et aux systèmes naturels de la Terre qui définissent les limites environnementales sûres dans lesquelles l'humanité peut s'épanouir. En d'autres termes, la santé planétaire est définie par la santé de la civilisation humaine et l'état des systèmes naturels dont elle dépend[20]. » À l'interface des questions de santé publique et des sciences du système Terre, avec une référence explicite au modèle des limites planétaires, l'approche de la santé planétaire met l'accent sur la nécessité d'une transformation de notre approche de la santé et de la production de connaissance, ainsi que d'une redéfinition de la prospérité et du progrès humain. Dans une perspective de transition, elle en appelle également à des changements profonds des modes de consommation, de notre rapport à la nature et de la gouvernance des sociétés actuelles, afin de protéger la santé des générations présentes et futures[21] (voir le chapitre 9 : Les limites planétaires et la santé).

Références bibliographiques

1. Bourg D, Papaux A, Dictionnaire de la pensée écologique, Paris, PUF, 2015, p. 404.
2. Emelianoff C, « Environnement », in Lévy J, Lussault M, Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés, Paris, Belin, 2013.
3. Haeckel E, Generelle Morphologie der Organismen, Berlin, Von Georg Reimer, 1866.
4. Bourg D, Papaux A, Dictionnaire de la pensée écologique, Paris, PUF, 2015, p. 336.
5. Steffen W, et al., Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure, Heidelberg, Springer, 2004, p. 2.
6. Adapté de : Ibid., p. 7 et Rockström J, et al., « Planetary boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity », Ecology and Society, 2009 ; 14(2) : 23.
7. Rockström J, et al., « Planetary boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity », Ecology and Society, 2009 ; 14(2) : 32 ; Steffen W, et al., « Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet », Science, 2015 ; 347(6223) : 1259855.
8. Steffen W, Grinevald J, Crutzen PJ, McNeill J, « The Anthropocene: Conceptual and Historical Perspectives », Philosophical Transactions

of the Royal Society a: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 2001 ; 369(1938) : 842-867 ; Steffen W, Rockström J, et al., « Trajectories of the Earth System in the Anthropocene », Proceedings of the National Academy of Sciences, 2018 ; 115(33) : 8252-8259.

9. Brundtland G H, « Vers un développement durable », in Notre avenir à tous, 1987, p. 1-19.
10. Bourg D, Fragnière A, La Pensée écologique – Une anthologie, Paris, PUF, 2014, p. 439 ; Bourg D, Papaux A, Dictionnaire de la pensée écologique, Paris, PUF, 2015, p. 304.
11. Bourg D, Fragnière A, La Pensée écologique – Une anthologie, Paris, PUF, 2014, p. 441.
12. Raworth K, La Théorie du donut, Paris, Plon, 2018.
13. Block T, Paredis E, « Four Misunderstandings About Sustainability and Transitions », in Van Poeck K, Östman L, Öhman J (eds.), Sustainable Development Teaching: Ethical and Political Challenges, Londres, Routledge, 2019, p. 7.
14. Hickel J, « What Does Degrowth Mean? A Few Points of Clarification », Globalizations, 2020 ; 18(7) : 1105-1111.
15. Haberl H, et al., « A Systematic Review of the Evidence on Decoupling of GDP, Resource Use and GHG Emissions, Part II: Synthesizing the Insights », Environmental Research Letters, 2020 ; 15(065003).
16. www.who.int/fr/about/governance/constitution
17. Prüss-Ustün A, et al., Preventing Disease Through Healthy Environments, OMS, 2016, www.who.int/publications/i/item/9789241565196
18. www.who.int/news/item/01-12-2021-tripartite-and-unep-support-ohhlep-s-definition-of-one-health
19. Zinsstag J, « Convergence of Ecohealth and One Health », EcoHealth, 2012 ; 9 : 371-373.
20. Whitmee S, Haines A, Beyrer C, Boltz F, « Safeguarding Human Health in the Anthropocene Epoch: Report of the Rockefeller Foundation-Lancet Commission on Planetary Health », The Lancet, 2015 ; 386(10007) : 1973-2028.
21. Ibid. et Horton R, Lo S, « Planetary Health: a New Science for Exceptional Action », The Lancet, 2015 ; 386(10007) : 1921-1922.

Fondements historiques, sociologiques et anthropologiques du lien entre santé humaine et environnement

3 – Anthropologie des zoonoses

Frédéric Keck

Avec la pandémie de Covid-19, le monde entier a découvert l'impact d'une maladie qui se transmet entre différentes espèces animales, ce qu'on appelle une zoonose. Le virus SARS-CoV-2, qui cause des symptômes de pneumonie atypique chez les humains menant à la mort dans 0,5 % des cas, circulait jusque-là chez des chauves-souris en Asie du Sud-Est, ce qui explique les réactions imprévisibles du système immunitaire des organismes humains (dites « tempête de cytokines ») à ce virus venu d'une autre espèce animale. Il s'est probablement transmis dans le centre de la Chine, à Wuhan, à la fin de l'année 2019, selon des modalités qui restent discutées entre l'hypothèse de la transmission par un animal intermédiaire sur un marché et celle de l'échappée d'un virus modifié de chauve-souris dans un laboratoire. Des signes d'infection au SARS-CoV-2 ont été découverts chez les chats, les furets, les tigres, les lions et les cerfs dans des environnements domestiques ou sauvages, le plus souvent sous forme asymptomatique. Des élevages industriels de visons aux Pays-Bas et au Danemark ont fait l'objet d'abattage sanitaire par crainte d'apparition chez cette espèce d'une mutation qui entraverait le succès de la vaccination. Les mutations et les transmissions des pathogènes aux frontières entre les espèces ont recomposé les efforts de la santé publique visant à anticiper les effets d'une épidémie, en intégrant les relations entre humains et animaux parmi l'ensemble des facteurs faisant varier les effets d'une maladie.

Les zoonoses sont au cœur des objets dont s'occupe l'anthropologie sociale puisqu'elles relient des logiques de connaissance et de divination en suivant les mutations des virus pour anticiper l'avenir, et des gestes de soin et d'attention en surveillant les signes des maladies chez les animaux pour réorganiser la solidarité entre les vivants (ce qu'on appelle l'approche One Health ou « Un monde, une santé »). Les zoonoses croisent ainsi des questions biopolitiques posées par l'étude des populations humaines sur des territoires et des questions écologiques posées par l'impact de l'espèce humaine sur son environnement. Elles obligent à relier des savoirs experts formulés dans le langage des risques et les connaissances plus ordinaires formées dans le contact régulier avec les animaux.

Les maladies animales apparaissent chez les fondateurs de l'anthropologie sociale à travers les prises qu'elles offrent au gouvernement des vivants.

Herbert Spencer, dans son *Introduction à la science sociale*, s'étonne du fait que les éleveurs de bovins anglais réclament des compensations pour l'abattage des animaux atteints de fièvre aphteuse qui se répand par flambées dans l'Angleterre de la fin du XIXe siècle. Émile Durkheim, dans *Les Règles de la méthode sociologique*, prend pour modèle de l'action de l'État sur la société la façon dont une maladie animale – la vaccine – a été utilisée pour produire une mémoire immunitaire chez les humains contre la variole. Edward Evans-Pritchard, lorsqu'il voit arriver la peste bovine en Afrique de l'Est dans les années 1930, montre comment des logiques ordinaires de classification du bétail donnent sens à des crises extraordinaires qui le déciment, notamment à travers le vocabulaire du sacrifice. Claude Lévi-Strauss remarque en 1996 que les bovins atteints d'encéphalopathie spongiforme après avoir mangé des farines animales – qualifiées de « vaches folles » – devraient littéralement être considérés comme des « cannibales » ; il propose de libérer la plupart des animaux pour la chasse et de garder certains animaux en élevage pour surveiller l'état de santé des animaux rendus à l'état sauvage.

Entre les maladies animales de la révolution industrielle et celles des quarante dernières années, un changement de conception s'est opéré. La microbiologie a permis d'accompagner la révolution industrielle en produisant un savoir sur les pathogènes qui passent des animaux aux humains, puis en les traitant par la vaccination et les antibiotiques. Mais lorsque la révolution industrielle a concerné la production des animaux elle-même – ce qu'on appelle *livestock revolution* –, de nouveaux pathogènes sont apparus qui défiaient les traitements mis en place par la santé publique. Il a alors fallu inventer de nouvelles techniques de santé dite globale, visant à anticiper les pathogènes qui passent des animaux sauvages aux humains par le facteur amplifiant des animaux domestiques. Il faut alors distinguer la prévention des risques – la maladie animale comme un risque calculable de l'élevage industriel – et la préparation aux catastrophes – la zoonose comme un événement peu probable mais catastrophique résultant des transformations rapides des relations entre humains et animaux.

Andrew Lakoff et Stephen Collier ont montré que les techniques de préparation aux pandémies sont conçues par des experts états-uniens au début de la guerre froide pour anticiper une attaque nucléaire soviétique. Elles consistent à mettre en place des systèmes d'alerte précoce pour limiter les effets de la catastrophe nucléaire, à en simuler le déroulement pour rendre plus réaliste la menace, et à stocker des biens pour les distribuer à des publics prioritaires (équipements de protection, capsules d'iode). Ces

techniques se généralisent à la fin de la guerre froide à un ensemble de « menaces génériques », comme un tremblement de terre, une épidémie ou une attaque terroriste. La zoonose apparaît alors comme une maladie infectieuse émergente dont l'apparition est imprévisible mais dont les effets sont aussi catastrophiques que l'usage intentionnel d'une arme biologique.

La préparation aux pandémies ne distingue donc pas événements naturels et intentionnels, mais elle cherche à anticiper l'événement par la connaissance du milieu qui le conditionne. Elle repose en particulier sur l'usage de populations sentinelles où la catastrophe est perceptible avant d'affecter d'autres populations. Après l'émergence du virus Nipah en 2001, des hôpitaux sentinelles ont été construits au Bangladesh pour repérer les symptômes (fièvre, douleurs musculaires, encéphalite). À Hong Kong, des volailles non vaccinées sont placées à l'entrée des fermes, car elles meurent les premières lorsqu'un virus de grippe aviaire franchit les barrières de biosécurité. En Australie, des coqs sont installés dans des cages à l'entrée des ranchs et testés pour leurs anticorps contre le virus West Nile qui peut affecter les chevaux. Au Cameroun ou au Gabon, des virologues suivent les populations de chasseurs de brousse pour voir s'ils développent des anticorps contre les virus de type Ebola ou Lassa. Les sentinelles sont des collectifs d'humains ou de non-humains placés aux points d'émergence (*hotspots*) afin d'en détecter les signaux faibles. Ils brouillent les frontières entre le sauvage et le domestique en ouvrant une zone de passage où s'effectue une surveillance quotidienne. Les techniques de séquençage génétique et les bases de données numériques donnent sens à ces signaux en les replaçant dans une grande quantité d'informations épidémiologiques. La préparation enrôle donc les animaux dans les collectifs humains en faisant d'eux des porteurs de signaux d'alerte précoce.

Par contraste, la prévention repose sur une forte coupure entre la nature et la société. Les animaux n'entrent dans les collectifs humains que s'ils sont transformés en marchandises dont les risques sont calculables, ou s'ils sont considérés comme des animaux de compagnie relevant des mêmes techniques de soin que les humains. Les zoonoses mettent en crise les techniques de prévention car elles montrent que les animaux peuvent subir des traitements inacceptables pour les humains. Ainsi lors de l'émergence de la grippe aviaire H5N1 à Hong Kong en 1997, un virus qui tuait 2 personnes sur 3 qu'il infectait, toutes les volailles vivantes sur le territoire ont été abattues, soit 1,5 million, afin d'éviter que le virus ne cause une pandémie décimant, selon les prévisions, 60 millions de personnes.

De même, l'abattage de millions de bovins, lors de la crise de la « vache folle » en Europe en 1996, a été justifié par le fait que la transmission du prion aux humains pourrait causer la mort de centaines de milliers de personnes de dégénérescence nerveuse. Ces abattages massifs ressemblent aux sacrifices archaïques à la différence notable que les animaux ainsi tués sont impropres à la consommation et sont plutôt perçus comme des marchandises défectueuses. Le contraste entre des animaux d'élevage réduits à des objets et des animaux de compagnie traités comme des sujets explique les images d'animaux se vengeant contre les humains, comme le poulet transformé en bombe à virus ou la chauve-souris envahissant les villes. L'animal sentinelle, par contraste, est perçu comme un vivant sensible à des maux en fonction de conditions physiologiques et écologiques singulières qui lui permettent de communiquer des signaux d'alerte aux humains. Si les oiseaux et les chauves-souris sont de bonnes sentinelles pour anticiper les virus émergents, c'est parce que leur évolution en tant qu'animaux volants leur a permis de cohabiter de façon asymptomatique avec un grand nombre de virus.

La grippe aviaire a servi de terrain d'expérimentation pour les nouvelles logiques de préparation appliquées aux zoonoses, ce qui explique sa position centrale dans les travaux menés par les anthropologues. J'ai montré comment les mesures de préparation aux pandémies mises en place par les virologues à Hong Kong dans les années 1970 ont été partagées avec les ornithologues après 1997 dans un contexte de démocratisation de la surveillance des zoonoses. Lyle Fearnley a étudié les régions du sud de la Chine où les éleveurs de volailles mélangent canards sauvages et domestiques pour intégrer au risque d'abattage de leur élevage en cas de grippe aviaire des formes d'immunité partagée. Natalie Porter a décrit comment les vétérinaires vietnamiens ont mis en place une vaccination de masse des élevages de volailles, privilégiant les élevages industriels au détriment des élevages traditionnels décrits comme réticents à la santé publique. Selon Alex Blanchette, la réorganisation des élevages de porcs aux États-Unis, dans un contexte de crainte d'une pandémie de grippe porcine, a conduit à renforcer les mesures de biosécurité d'une façon telle que les ouvriers humains sont mis au service de la santé des porcs.

Les travaux historiques ont également permis de replacer la grippe aviaire sur le fond d'autres mesures de gestion des zoonoses. Christos Lynteris a étudié l'histoire de la gestion des zoonoses en Asie à partir des mesures de protection contre la peste en Mandchourie : il rappelle que la perte des savoirs des chasseurs sur les marmottes est considérée par le médecin

chinois Wu Lien-Teh en 1910 comme la cause de la transmission du bacille de la peste aux coolies venus construire les voies de chemin de fer, et décrit des formes d'accusation des humains porteurs de zoonoses – ce qu'on appelle ensuite lors de la crise du SRAS des « super-contaminants ». Tamara Giles-Vernick a montré comment les analyses épidémiologiques sur la transmission d'Ebola par les primates en Afrique centrale s'intègrent dans un ensemble plus large de récits sur les contacts entre primates humains et non humains.

En mettant en scène des conceptions contrastées et parfois contradictoires des relations entre les humains et les animaux domestiques ou sauvages, à travers des pathogènes qui circulent dans la chaîne de consommation qui les relie, les zoonoses permettent donc aux anthropologues d'intégrer dans les formes globales d'expertise sur la santé environnementale les savoirs des chasseurs, des éleveurs, des vétérinaires, des naturalistes qui portent une attention constante aux conditions de vie de ces animaux. La maladie comme événement singulier permet alors de connecter des formes différentes de la santé entre espèces dans une planète de plus en plus impactée par les humains. Si la pandémie est une préoccupation globale pour la santé humaine, elle peut aussi être vue à travers les menaces d'extinction d'autres espèces, dont les zoonoses sont également des signaux d'alerte.

Références bibliographiques

1. Blanchette A, Porkopolis. American Animality, Standardized Life and the Factory Farm, Durham, Duke University Press, 2020.
2. Collier S J, Andrew L, The Government of Emergency. Vital Systems, Expertise, and the Politics of Security, Princeton, Princeton University Press, 2020.
3. Doherty P, Sentinel Chickens. What Birds Tell Us about Our Health and the World, Melbourne, Melbourne University Press, 2012.
4. Durkheim E, Les Règles de la méthode sociologique, Paris, Alcan, 1894.
5. Evans-Pritchard E, Les Nuer. Description des modes de vie et des institutions politiques d'un peuple nilote, Paris, Gallimard, 1968.
6. Fearnley L, Virulent zones: Animal Disease and Global Health at China's Pandemic Epicenter, Durham, Duke University Press, 2020.
7. Haider N, « COVID-19—Zoonosis or Emerging Infectious Disease? », Frontiers of Public Health, 2020. Accessible en ligne : https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.596944.
8. Keck F, Les Sentinelles des pandémies. Chasseurs de virus et observateurs d'oiseaux aux frontières de la Chine, Bruxelles, Zones sensibles, 2020.
9. Lévi-Strauss C, Nous sommes tous des cannibales, Paris, Seuil, 2013.

10. Lynteris C, The Ethnographic Plague. Configuring Disease on the Chinese-Russian Frontier, Londres, Palgrave Macmillan, 2016.
11. Narat V, Alcayna-Stevens L, Rupp S, Giles-Vernick T, « Rethinking Human-Nonhuman Primate Contact and Pathogenic Disease Spillover », EcoHealth, 2017 ; 14(4) : 840-850. Accessible en ligne : DOI: 10.1007/s10393-017-1283-4.
12. Spencer H, Introduction à la science sociale, Paris, Germain Baillière, 1875.

4 – L'histoire de la relation entre santé, maladie et environnement

Marie Gaille

S'intéresser à la relation entre santé, maladie et environnement – son contenu, son sens et sa portée pour la pratique clinique comme pour la recherche biomédicale – peut se faire à travers différentes démarches. Aujourd'hui, les travaux sur l'exposome, les ambitions systémiques et holistes de la médecine 4P (prédictive, préventive, personnalisée et participative), l'écologie de la santé et l'ensemble des approches que l'on peut rattacher à l'idée d'« un monde, une santé » et à celle d'idées planétaires sont autant d'orientations pour la recherche et la médecine. En particulier pour cette dernière, l'on peut aussi s'inscrire dans une approche anthropologique, clinique, architecturale, psychologique, etc., qui considère, comme vecteur de santé ou propagateur de maladie, le milieu de vie des personnes malades et des patient·e·s, qu'il soit l'espace domestique, un lieu de soins, une maison de retraite médicalisée, voire l'espace public, plus ou moins organisé pour faciliter la circulation de corps empêchés ou affaiblis.

Dans cette multiplicité de démarches et d'approches, qui renvoient à des ambitions de connaissance, des méthodes et des projets thérapeutiques divers, la dimension épistémologico-historique recèle une importance particulière. C'est ce que cette brève présentation voudrait montrer en mettant en lumière quatre dimensions auxquelles peut se rattacher cette notion d'histoire : le projet des *Épidémies* hippocratiques ; la constitution d'une histoire de la médecine occidentale en partie fondée sur cet enjeu qu'est la relation entre santé, maladie et environnement ; la perspective d'une histoire mondialisée d'une telle relation ; la conviction qui se fait jour aujourd'hui qu'il convient de renouveler l'approche historique de cette relation en direction d'une histoire du vivant, et plus seulement de l'être humain. L'analyse de ces approches historicisées sera l'opportunité pour évoquer des enjeux épistémologiques tout autant que cliniques.

La connaissance médicale liant l'explication de certaines pathologies à des facteurs que l'on qualifierait aujourd'hui d'environnementaux semble s'être constituée sur la base d'observations récurrentes et consignées, par exemple, dans des textes qui nous sont parvenus à ce jour sous le titre

d'*Épidémies* et qui font partie du corpus hippocratique. Si l'on revient à l'étymologie du terme « histoire », qui vient d'un terme grec signifiant « enquête » ou « connaissance acquise par l'enquête » et que l'on renvoie au texte écrit de l'*Enquête* (*Historíai*) d'Hérodote, l'on peut affirmer que la démarche historienne est au cœur de la constitution de connaissances médicales sur la relation entre maladie et environnement.

Ainsi, les *Épidémies* constituent aujourd'hui un ensemble conservé de sept livres que nous connaissons grâce à leur transmission *via* des manuscrits médiévaux[1]. Ils développent un modèle d'explication de la maladie sous forme de « tableau climato-nosologique ». Ces traités recueillent des descriptions de malades résidant dans diverses cités. Si nous entendons à travers le terme « épidémie » aujourd'hui la propagation subite d'une affection infectieuse, par distinction avec une maladie endémique, il renvoie, dans ces textes, à quelque chose de différent. Il s'agit, comme l'indique déjà Émile Littré au sujet des *Épidémies*, I et III, de « la description de la constitution atmosphérique de quatre années et des maladies qui régnèrent sous l'influence de ces constitutions ».

La documentation réunie dans ces traités porte donc sur un type de pathologies qui s'installent et « séjournent » dans un territoire donné et sont explicables par des causes générales, en l'occurrence relatives à des saisons (par différence à une maladie particulière aux individus, dont on rend compte par le régime individuel du malade[2]). Ces textes ont vraisemblablement été rédigés par plusieurs médecins hippocratiques, et sans doute Hippocrate lui-même, des médecins voyageurs ou « périodeutes ».

L'idée de rendre compte d'une relation causale entre tel ou tel phénomène pathologique et des conditions climatiques, et plus largement des conditions de vie, est présente dans d'autres recueils du corpus hippocratique. Elle nourrit la vision d'une médecine à la recherche de la cause des maladies et dont la recherche ne doit jamais négliger les éléments externes au corps humain. Or, si le corpus hippocratique n'est pas l'unique ensemble de textes qui rapporte l'état de santé des êtres humains à un ensemble d'éléments externes au corps et qui exercent un effet sur celui-ci, il est l'une des sources majeures de la pensée médicale ultérieurement développée en Europe. Jusqu'à la fin du XVIIIe siècle au moins, l'ensemble des textes réunis sous l'appellation du corpus hippocratique constitue une référence clé pour aborder la prise en compte d'éléments extérieurs au corps humain afin de rendre compte d'états pathologiques. De ce fait, l'histoire même de la médecine occidentale issue du corpus hippocratique se structure ainsi autour de cette enquête

sur la relation entre telle ou telle pathologie et l'environnement de vie des personnes – une enquête qui s'appuie sur des compétences médicales, mais aussi sur le regard des géographes et des voyageurs et sur de premières approches quantitatives et fondées sur des mesures, même si la recherche de la preuve et d'une forme quantifiée de celle-ci se développe significativement à partir de la fin du XVIIIe siècle, comme l'illustre par exemple le travail mené par John Snow sur les raisons de la propagation du choléra, publié en 1855[3], et que l'on ne peut à proprement parler d'une relation étroite entre la « discipline mathématique statistique » et la médecine avant les années 1930[4].

La mise de côté de la conception humorale du corps humain qui caractérise la médecine hippocratique n'a pas impliqué que l'examen des causes externes au corps humain susceptibles de rendre compte des maladies soit abandonné. Sans tracer une ligne continue d'Hippocrate à la santé publique telle que nous la connaissons, on peut souligner que le discours hygiéniste et la santé publique ne constituent pas une rupture par rapport à Hippocrate ni une innovation absolue dans l'histoire de la pensée médicale. L'hygiénisme et la santé publique émergente au XIXe siècle dans différents États envisagent ainsi une pluralité hétérogène de facteurs, par exemple rendue à travers la notion de « circumfusa », que l'on peut traduire par « choses environnantes ». Elle désigne, dans la pensée hygiéniste, « toutes les choses naturelles et artificielles (du climat aux fumées artisanales) qui déterminaient la santé et même la forme des corps[5] ». Au-delà de ce terme, on peut reprendre à notre compte la description foucaldienne de la médecine associée à la pensée hygiéniste : « La médecine urbaine n'est pas réellement une médecine de l'homme, du corps et de l'organisme, mais une médecine des choses : de l'air, de l'eau, des décompositions, des fermentations ; c'est une médecine des conditions de vie du milieu d'existence[6] ».

Une caractéristique novatrice de cette médecine des choses par rapport à la filiation hippocratique réside dans l'émergence et le développement, à partir de la fin du XVIIIe siècle, d'une attention à la dimension socio-économique du milieu d'existence. Désormais, l'ensemble pluriel et hétérogène des causes externes de la maladie intègre la pauvreté comme facteur pathogène ou aggravant l'état pathologique d'une population, comme en attestent les enquêtes de Louis Villermé[7]. L'on peut donc dire que l'enjeu de la relation entre maladie et environnement est l'une des clés d'entrée majeures de compréhension jusqu'à nos jours. Au fil des siècles, elle s'est encore enrichie d'un intérêt de plus en plus nourri sur l'architecture et

l'organisation spatiale des hôpitaux en tant que facteurs favorisant la santé ou aggravant les maladies, voire source de contagion entre les malades.

En tant que démarche, l'approche épistémologico-historique de la relation entre santé, maladie et environnement a encore ceci d'essentiel qu'elle peut également être le vecteur d'une connaissance élargie des manières dont cette relation a été abordée dans le monde[8]. Comme nous avons pu le mettre en évidence dans une enquête historique et conceptuelle multispatiale, dans un cadre ouvert à la Chine ancienne, tardive impériale et moderne, au monde médiéval arabo-islamique, à l'Europe moderne et à l'Amérique du Sud et du Nord à l'époque contemporaine, il existe des convergences entre différentes cultures, langues et histoires de la médecine[9]. Le premier point de convergence est la question même du sens à donner à la santé et à l'environnement, qui semble avoir été communément partagée dans les différents domaines étudiés. De plus, ce que montre cette recherche, c'est souvent la similitude des questions posées, les idées souvent partagées de ce qui rend un environnement naturel sain ou malsain pour les humains, des méthodes d'approche faisant place, dans tous ces contextes, aux observations personnelles, au discours des autorités, à l'utilisation des sens et à la rationalité. Parmi ces éléments de convergence, l'on relève notamment une focalisation commune sur la question de l'organisation de l'espace, certaines préoccupations récurrentes comme celle de la qualité de l'air que l'on respire ainsi qu'une méfiance à l'égard de certains milieux et éléments particuliers (lieux humides, eaux dormantes, odeurs nauséabondes, espaces confinés et non ventilés). Sur un plan plus théorique, lorsque la connaissance est en jeu, les discours convergent pour souligner la complexité et les nombreuses spécificités de l'environnement observé. Ils se rejoignent aussi souvent sur des questions épistémologiques : comment définir les termes utilisés pour caractériser cette relation entre environnement, santé et maladie ? Doit-on concevoir cette relation en termes d'effet, d'influence, de résonance, d'interaction ou d'impression ? Enfin, sommes-nous réellement en mesure d'en rendre compte, et de manière à comprendre la dimension à la fois politique et épistémologique du problème ?

Enfin, force est de constater que ce paradigme d'une histoire élargie – mondialisée, globale ou connectée, déjà complexe à mettre en œuvre – n'est aujourd'hui sans doute plus suffisant pour rendre compte de la relation entre santé, maladie et environnement. Les différents modèles épistémologiques disponibles, par exemple celui qui distingue le « modèle configurationniste » et le « modèle contaminationiste », comme archétypes

expliquant les épidémies dans l'histoire de l'Occident, s'intéressent aux déterminants environnementaux au regard de la santé humaine[10]. Or, c'est peut-être plutôt en direction d'une histoire dont l'acteur principal est le vivant (l'humain certes, mais comme un vivant parmi d'autres) qu'il faut maintenant travailler, afin de comprendre et pouvoir agir sur la relation entre santé, maladie et environnement. Ainsi, dans le cas de la présente pandémie comme dans celui du SARS-CoV-2 en 2002, la cause fondamentale de la maladie, même si l'on ignore précisément la chaîne de transmission, est sans doute à rechercher dans la « modification des habitats », « l'empiétement de l'agriculture intensive sur des habitats diversifiés », les « contacts accrus entre un élevage en trop grande croissance et les habitats de la faune sauvage[11] », et la « mondialisation effrénée des échanges[11] ». Selon l'écologue de la santé Serge Morand, il convient dans cette perspective de faire en premier lieu l'histoire des comportements humains qui conduisent à polluer la planète, la déforester, industrialiser abusivement l'agriculture et l'élevage à l'échelle du monde : « la plupart du temps, on s'aperçoit que le nœud du problème et de la transmission revient toujours à questionner les liens entre les animaux sauvages, les animaux d'élevage, les animaux de compagnie et les humains[11] ». Le paradigme de la « santé planétaire » est sans doute, pour un certain nombre de phénomènes pathologiques, la nouvelle clé de compréhension de la relation entre santé, maladie et environnement.

Références bibliographiques

1. Hippocrate, Épidémies, I, voir « Émile Littré », in Hippocrate, Œuvres complètes, t. 2, Paris, J.-B. Baillières, 1840. Accessible en ligne : www.biusante.parisdescartes.fr/histmed/medica/cote?34859 ; Épidémies, II, IV, V, VI et VII, voir « Émile Littré », in Hippocrate, Œuvres complètes, t. 2, Paris, J.-B. Baillières, t. 5, 1846. Accessible en ligne : www.biusante.parisdescartes.fr/histmed/medica/cote?34859x05 ; Épidémies, III, voir « Émile Littré », in Hippocrate, Œuvres complètes, t. 2, Paris, J.-B. Baillières, 1841. Accessible en ligne : www.biusante.parisdescartes.fr/histmed/medica/cote?34859x03. Pour une édition critique récente de certains de ces sept livres, voir Hippocrate, Épidémies, I et III, édité et traduit par Jacques Jouanna avec la collaboration de Anargyros Anastassiou et Alessia Gardassole, Paris, Les Belles Lettres, 2016 ; Hippocrate, Épidémies, V et VII, édité et traduit par Jacques Jouanna, annoté par Jacques Jouanna et Mirko Grmek, Paris, Les Belles Lettres, 2000.
2. « Émile Littré », in Hippocrate, Œuvres complètes, t. 2, Paris, J.-B. Baillières, 1840, Argument, p. 530. Accessible en ligne : www.biusante.parisdescartes.fr/histmed/medica/cote?34859.

3. Snow J, Report on the Cholera Outbreak in the Parish of St. James, Westminster During the Autumn of 1854, by the Cholera Inquiry Committee, Londres, 1855. Accessible en ligne : « John Snow – Archive and Research Compagnon » : http://johnsnow.matrix.msu.edu/work.php?id=15-78-AA.
4. Leplège A, Bizouarn P, Coste J, De Galton à Rothman – Les grands textes de l'épidémiologie au XXe siècle, Paris, Hermann, 2011, p. 11.
5. Fressoz JB, L'Apocalypse joyeuse – Une histoire du risque technologique, Paris, Seuil, 2012, p. 21.
6. Foucault M, « La naissance de la médecine sociale », 1977, in Dits et écrits, II, 1976-1988, Paris, Gallimard, Quarto, 2001, p. 222.
7. Villermé LR, « Mémoire sur la mortalité dans les prisons », Annales d'hygiène publique et de médecine légale, n° 1, 1829, p. 1-100 ; du même auteur, Tableau de l'état physique et moral des ouvriers employés dans les manufactures de coton, de laine et de soie, Paris, Jules Renouard, 1840, réédité en 2007 par EMCC, Paris.
8. Chartier R, « La conscience de la globalité (commentaire) », Annales, Histoire, sciences sociales, 2001 ; 56(1) : 119-123.
9. Bretelle Establet F, Gaille M, Katouzian M, Making Sense of Health, Disease and the Environment in Cross-Cultural History – The Arabic-Islamic World, China, Europe and North America, Springer, Boston Studies in the Philosophy and History of Science, vol. 333, 2019.
10. Rosenberg CE, Explaining Epidemics and Other Studies in the History of Medicine, Cambridge-New York-Victoria, Cambridge University Press, 1992.
11. Morand S, L'Homme, la faune sauvage et la peste, Paris, Fayard, 2020, p. 54 et 77.

5 – Ville et environnementalisation de la santé Brefs jalons d'une longue histoire

Francesco Panese

La ville comme témoin de l'environnementalisation de la santé

Les recherches menées au croisement de la géographie, de l'épidémiologie et de la santé publique montrent depuis longtemps que les lieux de vie ont des incidences importantes sur les états de santé, en termes d'espérance de vie, de prévalences variables des maladies infectieuses ou chroniques, d'exposition à des risques industriels environnementaux, ou encore des états mentaux de celles et ceux qui y habitent.[a] Et l'enjeu de la modulation urbaine de la santé est de taille quand on sait que selon une étude de l'ONU, d'ici 2050, 68% de la population mondiale vivra dans des villes contre 55% aujourd'hui, et que les villes géantes se multiplieront à l'avenir.[b] Et c'est d'ailleurs pour contrer cette évolution que l'ONU a lancé en 2021 son « Initiative de santé urbaine »[c] afin de contrer l'augmentation de l'impact des maladies non transmissibles – comme les cardiopathies, l'asthme, le cancer ou encore le diabète – liées à des mauvaises conditions de vie et de travail sur le plan physique et environnemental ; les traumatismes accidentels et ceux liés à la violence interpersonnelle touchant particulièrement les personnes et les groupes les plus marginalisés et vulnérables ; les maladies infectieuses qui se développent de manière plus rapide dans des environnements densifiés où la pauvreté et la surpopulation sont étroitement associées à des situations d'insalubrité ; ou encore les inégalités en matière de santé qui se creusent dans des zones urbaines à la croissance mal ou pas planifiée.

Les rapports évidents entre ville et santé ne se limitent toutefois pas à leurs dimensions spatiales, populationnelles et strictement sanitaires. En tant que lieu privilégié du « tissage du commun », pour reprendre la

a. Tunstall H. V., Shaw M., Dorling D. « Places and health ». *J Epidemiol Community Health*, 2004 Jan; 58(1) :6-10.
b. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018). *The World's Cities in 2018—Data Booklet* (ST/ESA/ SER.A/417).
c. www.who.int/UrbanHealthInitiative.

belle expression de Constantin Petcou[d], la ville est un observatoire privilégié des manières dont la santé a été « envionnementalisée ». Comme l'explique Lopes[e], le terme « environnementalisation » est un néologisme – semblable à d'autres utilisés dans les sciences sociales, comme « industrialisation » par exemple – qui désigne le phénomène par lequel la question environnementale est mobilisée et intériorisée dans les perceptions, les pratiques ou les discours portant sur des objets dont la définition, la nature et la situation sont modulées par des éléments ou des enjeux environnementaux. Bruno Latour, Cécile Schwarz et Florian Charvolin ont bien saisi l'intérêt à la fois méthodologique et politique de cette notion :

« Il n'y a pas d'environnement, il y a un travail d'environnementalisation que le sociologue doit suivre. [...] L'environnementalisation – définition du contexte, de l'intérieur comme de l'extérieur, du naturel comme de l'artificiel, de l'humain comme du non-humain – fait l'objet d'une controverse dont le résultat décide des objets et des faits. »[f]

L'histoire de l'environnementalisation de la santé, dont la ville peut servir de témoin, devient dès lors celle des manières dont les états de santé des individus et des populations ont été modulées par des actions consistant à mobiliser des faits pour modifier des contextes d'existence matériels (naturels et artificiels) et sociaux (incluant humains et non-humains), instituant la « santé » comme un « commun », soit une construction politique toujours située oscillant dans le temps et dans l'espace entre démarche collectivement partagée et gouvernance publique. Nous évoquerons dans ce qui suit quelques jalons de cette longue histoire.

Un souci aussi ancien que les villes elles-mêmes

La question des relations entre ville et santé remonte très vraisemblablement aux débuts mêmes de l'urbanisation. Les assyriologues ont en effet mis en évidence l'ancienneté de la présence d'un souci de santé dans des textes parlant notamment d'un « Rituel de la ville, la maison, le champ, le verger et le canal » visant à les protéger « contre toutes sortes

d. Petcou C. « La ville – construction du commun », *Rue Descartes*, vol. 63, no. 1, 2009, pp. 113-121.

e. Lopes J. L., « Sobre os processos de 'ambientalização' dos conflitos e sobre dilemas da participação », *Horizontes Antropológicos*, 25, 2006, pp. 31-64.

f. Latour B., Schwartz C., Charvolin F., « Crise des environnements, défis aux sciences humaines », *Futur antérieur*, 1991, pp. 28-56, pp. 43 et 49.

de catastrophes naturelles, et donc au-delà de l'expertise du médecin ».[g] Pourtant, le moment et le document qui va marquer pour longtemps la question est sans doute le traité hippocratique « Des airs, des eaux et des lieux » qui, s'écartant de la ritualité religieuse, recueille les recommandations hippocratiques pour maîtriser l'influence des choses sur les corps. On y trouve notamment ce conseil aux médecins qui vaut la peine d'être cité un peu longuement :

« Celui qui veut s'appliquer convenablement à la médecine doit faire ce qui suit : considérer, premièrement, par rapport aux saisons de l'année les effets que chacune d'elles peut produire, car elles ne se ressemblent pas, mais elles diffèrent les unes des autres [...]. Il doit également considérer les qualités des eaux, car, autant elles diffèrent par leur saveur et par leur poids, autant elles diffèrent par leurs propriétés. Ainsi, lorsqu'un médecin arrive dans une ville dont il n'a pas encore l'expérience, il doit examiner sa position et ses rapports avec les vents et avec le lever du soleil ; car celle qui est exposée au nord, celle qui l'est au midi, celle qui l'est au levant, celle qui l'est au couchant, n'exercent pas la même influence. Il considérera très bien toutes ces choses, s'enquerra de la nature des eaux, saura si celles dont on fait usage sont marécageuses et molles, ou dures et sortant de l'intérieur des terres et de rochers, ou si elles sont salines et réfractaires. Il examinera si le sol est nu et sec, ou boisé et humide ; s'il est enfoncé et brûlé par des chaleurs étouffantes, ou s'il est élevé et froid. Enfin il connaîtra le genre de vie auquel les habitants se plaisent davantage, et saura s'ils sont amis du vin, grands mangeurs et paresseux, ou s'ils sont amis de la fatigue et des exercices gymnastiques, mangeant beaucoup et buvant peu.»[h]

Dans ce texte célèbre, se noue l'intimité de la chair et de la pierre[i], les interactions entre les humains et les choses que le médecin doit savoir maitriser pour, idéalement, prévenir la maladie et le malheur de ses patients. Pourtant, le souci hippocratique de la santé n'est pas encore politique. Il le deviendra.

---

g. Geller M. « The exorcist's manual (KAR 44) », in Steinert, U. (ed.) *Assyrian and Babylonian scholarly text catalogues: medicine, magic and divination*, Berlin/Boston, De Gruyter, pp. 292-312, p. 294 ; Glassner, J.-J. « Système de pensée en Mésopotamie », *Archiv für Orientforschung,* vol. 53, 2015, pp. 1-8.

h. Hippocrate, *Des Airs, des eaux et des lieux*, éd. de Ch. V. Daremberg, Paris, Lefèvre, 1843, livre 1, §1.

i. Sennett R. *La chair et la pierre : le corps et la ville dans la civilisation occidentale*, Paris, Éditions de la passion, 1994.

Politisation du souci de santé

Comme nous l'apprennent les médiévistes, le souci de santé deviendra politique lorsque les autorités des cités et les législateurs – et non plus seulement les médecins – feront de la santé un enjeu de gouvernance. Cette apparente lapalissade marque un moment charnière : dès la fin du Moyen Âge marqué par les épidémies « se dessinent les prémisses d'un réseau d'assistance sanitaire dont les autorités communales sont les principaux promoteurs et [...] s'élaborent les premiers concepts de santé publique [bien que] le discours que tiennent les médecins sur la santé et la maladie semble encore, à la fin du Moyen Âge, peu engagé dans la voie d'une réflexion sociale »[j]. Marilyn Nicoud pointe ici un élément essentiel : la politisation pleine du souci de santé a pour condition de possibilité la problématisation de la « question sociale ». Celle-ci ne s'affirmera comme objet de connaissances et d'interventions qu'à partir de la fin du XVIIIe siècle à la croisée des profondes transformations induites par les révolutions manufacturières puis industrielles, et des révolutions démocratiques, intégrant l'hippocratisme dans une « réflexion morale et politique ».[k]

Au moment où la nouvelle médecine anatomo-clinique soigne peu malgré ses progrès dans la compréhension des maladies, le « milieu » – que l'on appellera bientôt « environnement » – devient la cible privilégiée des interventions de santé. Comme l'a montré il y a longtemps Michel Foucault, celui-ci devient un « système de raisonnement permettant d'identifier les secteurs malades, sensibles, malsains sur lesquels agir en priorité [et] articuler les conditions d'une population (niveau de santé, taux de criminalité, alcoolisme, etc.) à des données naturelles et physiques »[l]. Trois exemples contrastés peuvent servir ici d'illustration. Du côté des matérialités pathogènes, rappelons l'implication, dès 1791, du chimiste Lavoisier dans le *Comité de salubrité de l'Assemblée Constituante* créée à l'initiative de Joseph Ignace Guillotin et qui pose les bases de l'hygiène publique, rassemblant non seulement de spécialistes en médecine humaine et vétérinaire, mais aussi en pharmacie, chimie, statistique, agronomie, économie

j. Nicoud M. « Hygiène, pathologies et médicalisation du "petit peuple": discours et pratiques médicales à la fin du Moyen Âge », in *Le petit peuple dans l'Occident médiéval : Terminologies, perceptions, réalités* [en ligne], Paris, Éditions de la Sorbonne, 2002.

k. Fournier P., « Les médecins et la médiatisation de la "théorie des climats" dans la France des Lumières », *Le Temps des médias*, vol. 25, no. 2, 2015, pp. 18-33.

l. Foucault M. (1989) « De la gouvernementalité. Introduction aux cours des années 1978 et 1979 », Paris, Seuil [cassette audio].

politique ou encore en génie civil[m]. Et c'est dans la même veine, mais avec des outils plus affinés, que John Snow établira un demi-siècle plus tard le lien entre la distribution urbaine des cas de choléra à Londres de 1854 et la répartition spatiale de pompes à eau contaminées. Et un nouveau demi-siècle plus tard, le périmètre des seules matérialités pathogènes s'étendra aux conditions socioéconomiques, comme dans la géographie ethnographique de Charles Booth qui, en 1889, cartographie le « travail et la vie du peuple de Londres » établissant une corrélation fine et spatialisée entre pauvreté et criminalité.[n] Ces trois exemples célèbres scandent à leur manière le long phénomène d'environnementalisation de la santé visant à gouverner les humains par leurs milieux de vie.

La santé des humains modulée par leurs environnements

Cette importante transformation historique du gouvernement du/des vivant(s) a eu pour condition de possibilité la réaffirmation hippocratique selon laquelle les corps sont « perméables » à leurs environnements qui contribuent à les façonner, et donc aussi à les différencier en fonction de leurs contextes d'existence. Pour l'hygiénisme qui s'affirme dès le début du XIXe siècle, « le corps de l'homme, placé au milieu de l'atmosphère, ne doit pas être seulement envisagé comme une masse sur laquelle les influences atmosphériques n'agissent que physiquement ; il doit être encore considéré comme un composé, dans l'intérieur duquel il se fait de véritables combinaisons chimiques de ses principes entre eux et avec ceux de l'air ».[o] La santé et la maladie seront ainsi progressivement conçues en termes de mouvement et de circulation des humains et des choses.

Si la santé du corps a occupé prioritairement les premiers réformateurs sanitaires dans leur projet d'améliorer les conditions de vie des gens les plus exposés, la question de la perméabilité des esprits aux « influences perturbatrices » de leurs environnements émerge également comme une urgence dans ce même siècle aux milieux bouleversés. Dès la fin de ce siècle, des médecins comme Paul Garnier pointe et analyse ce qu'il appelle les « folies urbaines » causées par « *l'alcoolisme* sans cesse grandissant, et

m. Jorland G. *Une société à soigner. Hygiène et salubrité publiques en France au XIXe siècle*, Paris, Gallimard, 2010.

n. Booth Ch. (ed.), *Labour and Life of the People in London*, 9 vol., London, Macmillan, 1889-1897.

o. Hallé J.-N., Tourtelle E. *Éléments d'hygiène*, Paris, Au bureau de l'Encyclopédie, 1837, p. 137.

aussi cette suractivité fonctionnelle, ce *surmenage* de l'organisation intellectuelle et physique, cette tension exagérée de toutes les forces vives qu'engendre l'ardeur de la *lutte pour l'existence* ». Laissant ici de côté le discours moral bourgeois sur les villes et son lot de stigmatisations contestables qui anime le « Médecin en chef de l'infirmerie spéciale du Dépôt de la Préfecture de police [de Paris] », reste qu'il contribue à sa manière à problématiser les liens entre santé psychique et environnements matériels et sociaux :

« Qu'il s'agisse de la perte de la raison, au lieu de la perte de la vie, explique-il en comparant sa démarche aux statistiques relatives à la mortalité, les procédés d'enquête restent les mêmes ; il est indispensable d'aller au-delà d'une notion synthétique et de s'informer, en matière de folie, des conditions plus particulièrement nocives qui agissent sur le développement des troubles intellectuels, sur la prédominance de telle ou telle variété morbide, dans des circonstances et des milieux déterminés. »[p]

Et c'est dans cette filiation que se développeront de très récents travaux sur les relations entre ville et psychose, tels ceux de Ola Söderström et collègues qui rappellent que « [c]ertaines questions de recherche peuvent rester en sommeil pendant de nombreuses années puis être soudainement réveillées par une foule d'universitaires très actifs et variés. C'est ce qui s'est produit récemment pour la question des origines urbaines de la psychose ».[q]

L'influence des milieux dont la médecine hippocratique avait l'intuition s'est ainsi progressivement révélée comme une irréductible cohabitation des êtres et des choses dans des œkoumènes partagés. La ville, de plus en plus ville-monde, est devenue un espace-temps social et matériel de circulation d'êtres humains et non humains plus ou moins visibles[r] et de densité variable qui interagissent, s'ignorent, ou parfois s'opposent les uns aux autres, partageant un vivre ensemble peu ou prou harmonieux.

---

p. Garnier P., *La folie à Paris : étude statistique, clinique et médico-légale*, Paris, JB. Baillière, 1890 p. 4 et pp. 2-3 [réédition : Éditions Jérôme Million, 2018].

q. Winz, M., Söderström, O., « How environments get to the skin: biosensory ethnography as a method for investigating the relation between psychosis and the city », *BioSocieties*, 16, 157–176, 2021, p. 158.

r. Latour B., Hermant E., *Paris ville invisible*, Paris, Les Empêcheurs de penser en rond & Le Seuil, 2009.

Vers une conception biosociale de la santé

Ces repères brièvement évoqués à partir du cas de la ville témoignent de l'élargissement et de la diversification des territoires de l'intervention « mésopolitique » en santé, un terme remis au goût du jour par Ferhat Taylan qui le définit comme un « ensemble de connaissances et de techniques qui visent à altérer, améliorer ou transformer les humains par l'aménagement de leur milieu de vie ».[s] Si l'on y retrouve aujourd'hui encore les traces plus ou moins explicites de l'ancienne hygiène publique, un fait nouveau est peut-être en passe de redistribuer les cartes des relations entre santé et environnement : depuis longtemps posée comme hypothèse réaliste, nous l'avons vu, l'évidence de la plasticité des corps et des esprits soumis aux influences matérielles et sociales s'inscrit désormais dans des marques épigénétiques qui modulent ce que nous pourrions appeler les « phénotypes environnementaux » des individus et des communautés partageant des conditions d'existence comparables. L'évidence de cette « plasticité phénotypique », qui semble aujourd'hui en mesure d'expliquer l'étiologie d'un grand nombre de maladies courantes, permet de réaffirmer la pertinence à la fois scientifique et politique d'une approche « écologique » de la santé « prenant en compte des facteurs environnementaux (géographiques, physicochimiques), biologiques (tous les hôtes de tous les parasites) ou sociaux (notamment comportementaux) »[t], auxquels on pourra ajouter les expériences vécues au cours de la vie. Si cette approche engendre aujourd'hui sur le plan scientifique une renégociation des frontières traditionnelles entre modulations matérielles et modulations sociales de la santé, il devient possible sur le plan politique d'imaginer – ou même d'espérer – le développement à terme d'une manière renouvelée de « faire de la santé publique »[u] consistant en des faisceaux d'interventions participatives et intégratives sur les multiples voies de la modulation biosociale de nos existences.[v]

---

s. Taylan F., *Mésopolitique. Connaître, théoriser et gouverner les milieux de vie (1750-1900)*, Paris, Éditions de la Sorbonne, 2018, p. 10.

t. Sur les différentes approches actuelles en épigénétique, cf. Odorico A., *Modéliser l'évolution de la relation génotype-phénotypes dans des réseaux de régulation*, Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay préparée à Université Paris-Sud, 2019 [online sur theses.fr].

u. Fassin, D. *Faire de la santé publique*, Rennes, Presses de l'EHESP, 2008.

v. Chiapperino L., Panese F., « On the traces of the biosocial : Historicizing "plasticity" in contemporary epigenetics », *History of Science*, 59(1), 2021, pp. 3-44.

6 – Santé et environnement : vers des approches intégrées

Jakob Zinsstag

Une nouvelle théorie de la santé

La pandémie de Covid-19, le changement climatique, l'épuisement de nos ressources naturelles, la surpêche des océans, la perte de la biodiversité – notamment de la diversité des insectes –, la pollution par les déchets, les produits chimiques et les gaz d'échappement : tout cela nous montre que notre mode de vie atteint des limites qui peuvent également affecter notre santé. Il est de plus en plus évident que nous devons nous adapter aux ressources limitées de notre planète afin de préserver la santé et la vie humaine à long terme. La santé humaine ne peut plus être envisagée sans prendre en compte l'environnement, l'air, l'eau, les plantes et les animaux qui nous entourent. La médecine actuelle, fortement axée sur des soins individuels aux patients, exerce une pression trop forte sur l'environnement. La médecine doit désormais inclure l'environnement social, culturel, spirituel et écologique dans le diagnostic et la thérapie, et réduire son empreinte écologique. Les futurs médecins, infirmiers et autres professionnels de la santé devront passer d'un mode de pensée centré sur le patient à un mode de pensée plus systémique, afin de garantir la santé des personnes, des animaux et de l'environnement comme un tout.

Pour cela, nous avons besoin d'une nouvelle approche de la santé. Une approche qui s'affranchit d'un mode de pensée réductionniste et inclut de manière intégrative les personnes et leur environnement. Des idées intégratives ne sont pas nouvelles[1], mais, étonnamment, elles ont été largement ignorées jusqu'à présent. Le rapport « Notre avenir commun », présidé par Gro Harlem Brundtland, ancienne directrice de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), a pointé du doigt dès 1987 les menaces que représente la surexploitation des ressources naturelles[2]. Ces avertissements n'étaient et ne sont toujours pas pris au sérieux et sont ignorés par la plupart des gens. Nous, y compris l'auteur, continuons à vivre comme si nos ressources naturelles étaient illimitées.

Dans ce chapitre, nous ne nous concentrons pas sur le développement historique de la pensée intégrative en médecine, mais donnons un bref

aperçu des approches intégratives de la santé. Tout d'abord, nous discutons de l'approche *One Health*[3,4], qui est le focus de nos recherches scientifiques. Nous étendons l'approche *One Health* aux approches écosystémiques de la santé, également appelées « écosanté[5] », puis nous passons à la « santé dans les systèmes socio-écologiques[6] » et mentionnons enfin le concept de *santé planétaire*. Enfin, nous donnons des recommandations sur la façon dont la pensée intégrative et systémique peut être mise en œuvre dans la pratique clinique.

One Health

La condition nécessaire, mais non suffisante, d'une approche *One Health* ou « Une seule santé » en français est que nous reconnaissions que les personnes, les animaux et leur environnement sont interconnectés. Pour cela, nous devons développer une connaissance systémique détaillée, qui est très dépendante du contexte. Une condition suffisante pour une approche *One Health* est que nous puissions démontrer la valeur ajoutée

Figure 1. Réunion participative de la population, des autorités et des chercheurs au nord de Tombouctou, dans le nord du Mali, pour discuter de l'amélioration des soins de santé

d'une collaboration plus étroite entre la médecine humaine et la médecine animale à parts égales avec les sciences humaines, sociales et économiques, écologiques et toute autre science connexe. Cette valeur ajoutée peut inclure une meilleure santé humaine et animale, des économies financières ou des services environnementaux qui ne pourraient être obtenus sans cette collaboration plus étroite[3]. À cette fin, nous développons des méthodes qui relient les différentes sciences sans faire de concessions à l'excellence de chacune d'entre elles.

Dans les approches *One Health*, nous ne travaillons pas seulement entre la médecine humaine et vétérinaire et les sciences humaines, sociales et économiques et écologiques : nous impliquons également la population, les autorités et d'autres acteurs dans un processus participatif et transdisciplinaire de coproduction de connaissances académiques et pratiques, à la recherche d'un consensus pour une solution aux problèmes qui soit acceptable pour l'ensemble de la société (Figure 1). Ce type de recherche est encouragé en Suisse par le Réseau de transdisciplinarité (td-net, www.transdisciplinarity.ch) des Académies suisses des sciences (a+).

Les programmes de vaccination humaine et animale partagés pour les pasteurs mobiles au Tchad, par exemple, permettent de donner accès aux soins de santé à des populations qui en seraient autrement exclues, et d'économiser des ressources financières en partageant la chaîne du froid et les coûts de transport entre les services de santé humaine et animale[8]. À titre d'exemple d'une approche unique de la lutte contre les zoonoses, nous pouvons montrer que les bénéfices de santé publique de la lutte contre la brucellose (Encadré 1) en Mongolie ne justifieraient pas à eux seuls le coût de la vaccination massive du bétail pour prévenir la brucellose chez les humains. Cependant, si l'on prend en compte tous les avantages de la vaccination du bétail contre la brucellose dans les secteurs de la santé et de l'agriculture, les avantages sociétaux globaux de la vaccination massive du bétail sont trois fois supérieurs à ses coûts[9].

Encadré 1. Exemples de deux zoonoses : brucellose et rage

La brucellose est une maladie bactérienne qui provoque des avortements tardifs chez les bovins, les chèvres, les moutons et autres animaux d'élevage. Les brucelles peuvent également être excrétées par le lait. Les humains sont infectés par une exposition professionnelle (propriétaires d'animaux, vétérinaires) ou en tant que consommateur de lait ou de produits laitiers non pasteurisés. Chez les humains, la brucellose provoque une maladie fébrile chronique avec une localisation possible dans un grand nombre d'organes. Les principales espèces de *Brucella*, qui sont des bactéries

intracellulaires, sont *Brucella melitensis* (fièvre de Malte) ou *Brucella abortus* (maladie de Bang). Le traitement nécessite des antibiotiques qui traversent la paroi cellulaire, comme la tétracycline ou la rifampicine. La brucellose peut être éradiquée par une vaccination massive des animaux réservoirs. Dans la phase finale, cela nécessite une stratégie de « test et abattage » dans laquelle les quelques animaux infectés restants après la vaccination sont abattus pour parvenir à une éradication totale.

La rage est l'une des plus anciennes maladies connues. Elle est le plus souvent causée par la morsure d'un mammifère. Les principaux hôtes réservoirs sont le renard (Europe) et le raton laveur (Amérique du Nord) dans le cycle dit « sylvatique », et le chien dans le cycle urbain. Après une morsure par un animal enragé, le virus neurotrope se déplace le long de la gaine axonale des nerfs jusqu'à la moelle épinière et au cerveau où se déclenche une infection cérébrale mortelle à presque 100 %. Les humains peuvent acquérir une immunité active après une morsure grâce à la prophylaxie post-exposition (PPE), qui les protège de la rage mortelle. Cependant, cela doit réussir avant que le virus n'atteigne le cerveau. La rage peut être éradiquée par la vaccination de masse des chiens et, comme en Suisse et en Europe, par la vaccination orale des renards.

Le coût annuel de la prophylaxie post-exposition (PPE) à la rage canine chez les humains est inférieur au coût de la vaccination de masse des chiens. Cependant, après dix ans, le coût cumulé de la vaccination de masse des chiens avec PPE est inférieur au coût cumulé de la PPE seule, tant que la rage ne réapparaît pas. Sur une période de dix ans, la vaccination massive des chiens contre la rage coûte donc nettement moins cher que la PPE des humains et la rage peut être éradiquée[10,11]. Des résultats comparables ont été obtenus pour la lutte contre la rage chez le raton laveur au Canada[12].

Des économies peuvent également être réalisées grâce au partage des infrastructures. La Banque mondiale estime que le Centre scientifique canadien de santé humaine et animale de Winnipeg, qui regroupe sous un même toit des laboratoires spécialisés dans les maladies hautement contagieuses pour les humains et les animaux, économise 26 % de ses coûts de fonctionnement[13]. En Suisse, un nouveau laboratoire de haute sécurité pour les maladies animales est en cours de planification. Ce serait l'occasion de prévoir un laboratoire commun avec les autorités sanitaires.

L'épidémie récente de fièvre Q aux Pays-Bas (2007-2009), avec plusieurs milliers de cas humains, aurait probablement pu être largement évitée si les autorités vétérinaires et sanitaires avaient communiqué de manière continue[14]. À l'inverse, la surveillance intégrée des animaux et des humains pour le virus du Nil occidental (VNO) en Émilie-Romagne, en Italie, a

permis d'économiser plus d'un million d'euros par rapport à une surveillance sectorielle distincte de la maladie[15]. Une approche *One Health* peut donc réellement apporter une valeur ajoutée à la santé humaine et animale, ainsi que des économies financières, lorsque la médecine humaine et la médecine vétérinaire fonctionnent réellement ensemble.

EcoHealth

Les « approches écosystémiques à la santé » ou « écosanté » prolongent l'approche *One Health* par la dimension de l'écosystème dans son ensemble, mais sont encore plus anciennes dans le temps que *One Health*. L'écosanté suppose un lien indissociable entre les écosystèmes, la société et la santé animale et humaine[5,16]. Par exemple, une compréhension plus approfondie des processus écologiques a permis de montrer que la contamination des poissons par le mercure et les risques associés pour la santé humaine dans le bassin de l'Amazone ne sont pas dus à l'exploitation aurifère en amont, mais à l'érosion des sols consécutive à la déforestation[17]. De même, les changements dans la transmission du paludisme en Amérique centrale et l'incidence des infections à *Cyclospora* en Amérique du Nord ont été liés aux initiatives de politique étrangère des États-Unis dans les années 1980, visant plutôt des objectifs politiques et économiques[18]. Ces exemples montrent que les problèmes complexes de santé d'aujourd'hui ne peuvent être résolus par des approches réductionnistes et qu'ils nécessitent une réflexion systémique, comme le préconise l'Association internationale pour l'écologie et la santé (www.ecohealthinternational.org).

La santé dans les systèmes socio-écologiques

La pensée systémique actuelle considère les sociétés humaines et les écosystèmes comme des systèmes humains-environnementaux ou des systèmes socio-écologiques (SES)[19]. Les exemples ci-dessus de *One Health* et d'*EcoHealth* nous permettent d'illustrer concrètement les liens entre la santé et les systèmes socio-écologiques[6] (HSES). On peut citer comme exemple la surveillance intégrée humain-animal-environnement des souches bactériennes résistantes aux antibiotiques, telle qu'elle est mise en œuvre par le Système canadien intégré de surveillance de la résistance aux antibiotiques (Figure 2).

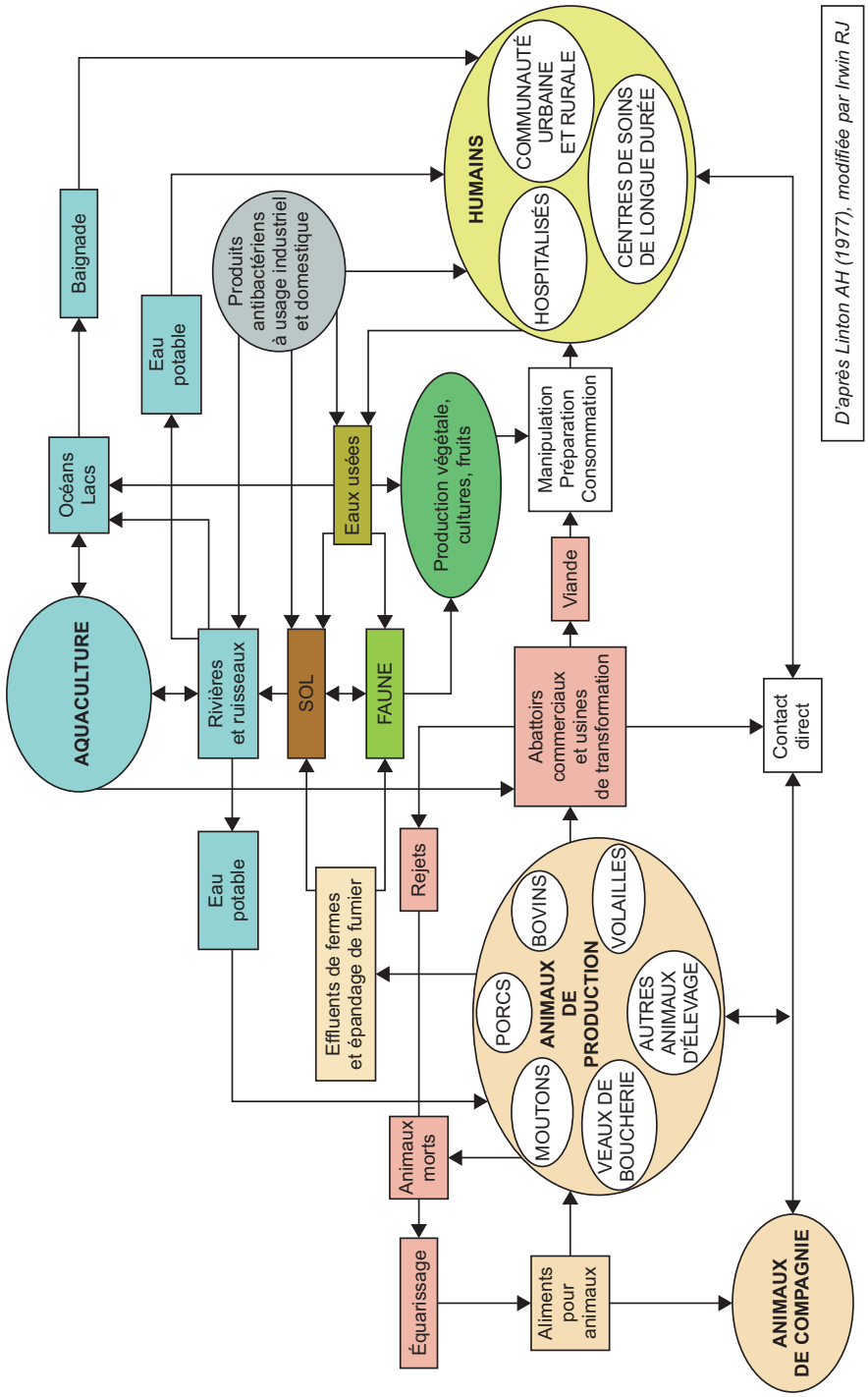


Figure 2. Schéma socio-écologique du Programme intégré canadien de surveillance de la résistance aux antimicrobiens[6] (PICRA) www.phac-aspc.gc.ca/cipars-picra/index-eng.php

Dès 2012, la Banque mondiale a recommandé d'adopter une approche systémique du contrôle des zoonoses[20], avec une surveillance et un contrôle intégrés des maladies humaines et animales, principalement pour des raisons économiques[13] : (i) plus un agent zoonotique est détecté tôt dans l'environnement, la faune sauvage ou les animaux domestiques, et (ii) plus la surveillance humaine, animale et environnementale communiquent pour prévenir une épidémie, plus les coûts cumulés sont faibles (Figure 3). La pandémie actuelle de Covid-19 en est un parfait exemple. Par conséquent, il est urgent d'approfondir la compréhension de l'interface ou de la transmission des agents pathogènes entre l'environnement, la faune sauvage, les animaux domestiques et les humains dans le cadre d'un système socio-écologique (SES) complexe ainsi que de renforcer la coopération et la communication entre les trois sphères.

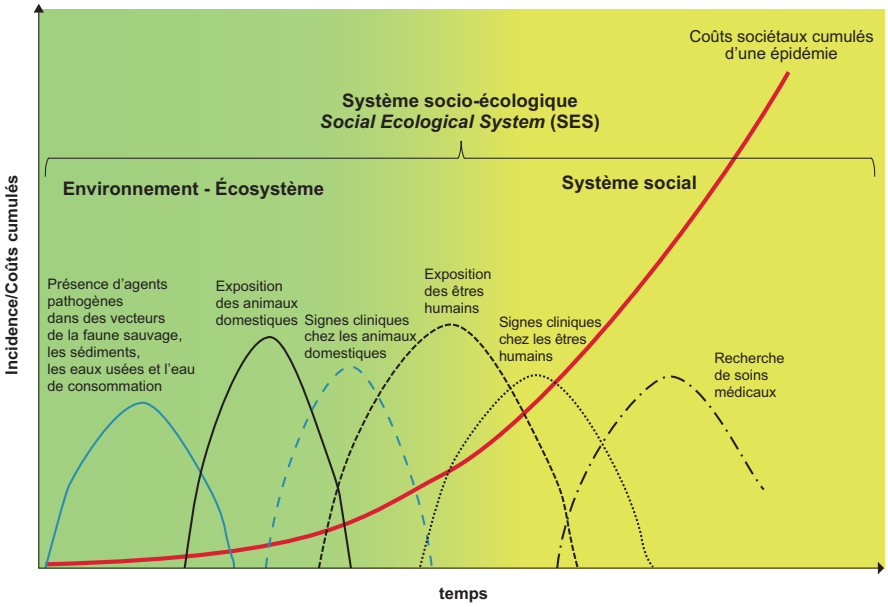


Figure 3. Représentation schématique de la relation entre le temps de découverte d'une maladie émergente et le coût cumulé pour la contrôler[21]

Planetary Health

La santé planétaire, ou *Planetary Health*, a pour ambition de comprendre les relations dynamiques et systémiques entre les changements environnementaux mondiaux et la santé, notamment le changement climatique, les incendies transfrontaliers, les polluants organiques persistants[7]. Toutefois, le concept de santé planétaire reste axé sur la santé humaine et

n'inclut pas explicitement la santé animale. Dans une analyse comparative entre les concepts de *One Health*, *EcoHealth* et *Planetary Health*, ce dernier est parfois pointé du doigt pour son anthropocentrisme[22]. Certains auteurs critiquent même une vision de *Planetary Health* empreinte de colonialisme, qui ignore les épistémologies et ontologies périphériques à la pensée occidentale. Cependant, de nouveaux travaux élaborent une perspective consensuelle du savoir local et indigène à la santé planétaire qui est aussi beaucoup moins anthropocentrique et tient compte de la dimension spirituelle de la santé[23]. Selon nous, l'initiative *One Health* reste cruciale parce qu'elle est la plus adoptée dans la politique des organisations internationales à travers la soi-disant « quadripartite » composée de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), de l'Organisation mondiale de la santé animale (OMSA), de l'Organisation de l'alimentation et de l'agriculture des Nations unies (FAO) et du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), tout comme dans l'opérationnalisation des États. La collaboration intersectorielle se développant de l'intérieur et s'élargissant progressivement pour faire face aux problèmes et menaces plus complexes en matière de sécurité sanitaire dans l'ensemble du SES. L'initiative *One Health* est par conséquent le concept le plus opérationnel de tous les concepts de santé intégrés ci-dessus. En Suisse, il existe un sous-organisme appelé *One Health* qui oblige les offices fédéraux de la santé, de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires, de l'agriculture et de l'environnement à coopérer.

Recommandations pour la pratique clinique

De ce qui précède, il ressort des recommandations concrètes pour la pratique clinique, qui ne sont pas toutes nouvelles mais qui peuvent certainement être complétées par une approche *One Health*.

1. **Élargir l'examen clinique du patient à un examen systémique du patient dans son environnement socio-écologique :**

   Lors de l'examen clinique, l'accent est mis, bien entendu, sur la santé du patient. Une approche systémique, qui implique activement l'environnement social (familial) du patient, en tenant compte des questions écologiques comme la pollution de l'air, le bruit, la pression sociale mais aussi l'exposition possible à des maladies animales.

2. **Tenir compte des sources animales de maladies résistantes aux antibiotiques.**

3. **Réduction des déchets dans les hôpitaux et des cabinets privés :**

   Actuellement, les soins de santé nécessitent beaucoup d'énergie et génèrent beaucoup de déchets. Tous les professionnels de santé devraient prêter attention à la manière dont on peut utiliser moins d'énergie et produire moins de déchets dans le secteur de la santé. C'est l'écosanté et *One Health* en action. Divers documents et initiatives en Suisse donnent des recommandations à cet égard (exemple : Association des médecins en faveur de l'environnement).

4. **Réduire les émissions de gaz à effet de serre associés aux systèmes de santé :**

   Comme tout autre secteur, le système de santé doit s'engager activement vers une transition à l'objectif zéro émission de carbone. Une analyse systématique des activités incluant le transport, les équipements, les consommables permet de réduire la consommation de l'énergie directe et de l'énergie dite « grise », qui est utilisée dans la production de tout produit (voir le chapitre 39 : La science de la durabilité dans les services de santé).

5. **Échange entre médecins et vétérinaires :**

   Un dialogue informel sur les sujets de maladies infectieuses et zoonoses, parasitaires et de l'utilisation d'antibiotiques entre médecins et vétérinaires a un grand potentiel de formation. Par exemple, les sociétés médicales et vétérinaires des cantons de Bâle, en Suisse, ont organisé des séances de formation en commun.

6. **Éducation des patients :**

   Le patient fait partie d'un système de résilience socialement stratifié[24] dans lequel le ménage, la communauté ainsi que le gouvernement national jouent un rôle spécifique. Le médecin joue un rôle central dans l'éducation et l'explication de la meilleure façon de combattre les maladies à dimension sociale.

   La pandémie du Covid-19 nous montre un profond fossé entre les connaissances médicales et l'acceptation sociale des mesures de contrôle. Les médecins dotés d'une meilleure compétence transdisciplinaire sont capables d'écouter dans les réunions publiques et les conversations personnelles, et ainsi d'élaborer des solutions socialement acceptables aux problèmes de santé avec toutes les personnes concernées. Sur le thème de *One Health* et de la transdisciplinarité, il existe des cours en ligne en anglais et en français : *One Health* en anglais : www.futurelearn.com/

courses/one-health et en français : https://tales.nmc.unibas.ch/en/one-health-connecter-les-humains-les-animaux-et-l-environnement-13/, transdisciplinarité en anglais : www.futurelearn.com/courses/partnering-for-change.

Références bibliographiques

1. Woods A, Bresalier M, Cassidy A, Mason Dentinger R, Animals and the Shaping of Modern Medicine: One Health and Its Histories, Cham, Springer Nature, 2017.
2. World Commission on the Environment and Development, Our Common Future, Oxford, Oxford University Press, 1990.
3. Zinsstag J, Schelling E, Crump L, Whittaker M, Tanner M, Stephen C (Eds.), One Health. The Theory and Practice of Integrated Health Approaches, 2e éd., Wallingford, CABI, 2020.
4. Zinsstag J, Schelling E, Wyss K, Bechir M, « Potential of Cooperation between Human and Animal Health to Strengthen Health Systems », The Lancet, 2005 ; 366(9503) : 2142-2145.
5. Rapport D, Costanza R, Epstein PR, Gaudet C, Levins R, Ecosystem Health, Oxford, UK, Blackwell, 1998.
6. Zinsstag J, Schelling E, Waltner-Toews D, Tanner M, « From “One Medicine” to “One Health” and Systemic Approaches to Health and Well-Being », Preventive Veterinary Medicine, 2011 ; 101(3-4) : 148-156.
7. Pongsiri MJ, Bickersteth S, Colon C, et al., « Planetary Health: From Concept to Decisive Action », The Lancet. Planetary Health, 2019 ; 3(10) : e402-e404.
8. Schelling E, Wyss K, Bechir M, Daugla D, Zinsstag J, « Synergy between Public Health and Veterinary Services to Deliver Human and Animal Health Interventions in Rural Low Income Settings », British Medical Journal, 2005 ; 331(7527) : 1264-1267.
9. Roth F, Zinsstag J, Orkhon D, et al., « Human Health Benefits from Livestock Vaccination for Brucellosis: Case Study », Bulletin of the World Health Organization, 2003 ; 81(12) : 867-876.
10. Zinsstag J, Dürr S, Penny MA, et al., « Transmission Dynamics and Economics of Rabies Control in Dogs and Humans in an African City », Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2009 ; 106(35) : 14996-15001.
11. 11. Mindekem R, Lechenne MS, Naissengar KS, et al., « Cost Description and Comparative Cost Efficiency of Post-Exposure Prophylaxis and Canine Mass Vaccination against Rabies in N’Djamena, Chad », Frontiers in Veterinary Science 2017 ; 4 : 38.
12. Shwiff S, Aenishaenslin C, Ludwig A, et al., « Bioeconomic Modelling of Raccoon Rabies Spread Management Impacts in Quebec, Canada », Transboundary and Emerging Diseases, 2013 ; 60(4) : 330-337.

13. World Bank, « People, Pathogens and Our Planet. Volume 2. The Economics of One Health », Report No. 69145-GLB, 2010. https://wellcomecollection.org/works/cpabucxg/items.
14. Enserink M, « Infectious Diseases. Humans, Animals--It's one health. Or is it? Science, 2010 ; 327(5963) : 266-267.
15. Paternoster G, Babo Martins S, Mattivi A, et al., « Economics of One Health: Costs and Benefits of Integrated West Nile Virus Surveillance in Emilia-Romagna », PLoS One, 2017 ; 12(11) : e0188156.
16. Rapport DJ, Böhm G, Buckingham D, et al., « Ecosystem Health: The Concept, the ISEH, and the Important Tasks Ahead », Ecosystem Health, 1999 ; 5(2) : 82-90.
17. Forget G, Lebel J, « An Ecosystem Approach to Human Health », International Journal of Occupational and Environmental Health, 2001 ; 7(2 Suppl) : S3-S38.
18. Waltner-Toews D, « Mad Cows and Bad Berries: Unintended Consequences of Solving Agricultural Problems », Alternatives 1999 ; 25(1) : 38-44.
19. Ostrom E, « A Diagnostic Approach for Going beyond Panaceas », Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2007 ; 104(39) : 15181-15187.
20. World Bank, « People, Pathogens and Our Planet. Volume 1. Towards a One Health Approach for Controlling Zoonotic Diseases », Report No. 50833-GLB, 2010. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/2844/508330ESW0whit1410B01PUBLIC1PPP1Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
21. Zinsstag J, Utzinger J, Probst-Hensch N, Shan L, Zhou XN, « Towards Integrated Surveillance-Response Systems for the Prevention of Future Pandemics », Infectious Disease of Poverty, 2020 ; 9(1) : 140.
22. Lerner H, Berg C, « A Comparison of Three Holistic Approaches to Health: One Health, EcoHealth, and Planetary Health », Frontiers in Veterinary Science, 2017 ; 4 : 163.
23. Redvers N, Celidwen Y, Schultz C, et al., « The Determinants of Planetary Health: An Indigenous Consensus Perspective », The Lancet. Planetary Health, 2022 ; 6(2) : e156-e163.
24. Obrist B, Pfeiffer C, Henley R, « Multi-Layered Social Resilience: A New Approach in Mitigation Research », Progress in Development Studies, 2010 ; 10(4) : 283-293.

Théorie du soin

7 – Soin, santé et environnement

Jean-Philippe Pierron

Les liens entre santé, soin et environnement vont-ils de soi ? Certes ils sont instruits par une longue histoire[1], faite de métamorphoses, liant progressivement humanités médicales et environnementales : d'Hippocrate à son traité sur les vents en passant par la géographie de la santé qui parle aujourd'hui de ménagement du territoire et de milieu en d'autres termes que la mécaniste géographie physique, jusqu'à la bioéthique qui apprend à penser ensemble éthique médicale et environnementale. Mais la réponse à trois questions explicitera l'intérêt d'une philosophie du soin pour éclairer les relations entre santé et environnement, et contribuer à en renouveler la compréhension.

Éléments pour une compréhension renouvelée du milieu de soin

Pour quelle conception de l'humain malade la question de ses relations à l'environnement est-elle un problème ? On pourrait répondre : pour un sujet humain conscient de sa vulnérabilité partagée avec tous les autres vivants, ne s'envisageant pas, malade, comme un atome dans cette abstraction que constitue l'entité « patient ». Le patient est un concept et un dispositif. Le terme « patient » est construit pour qu'on y cherche et ne retienne que la maladie dans le malade. Il est ainsi pris isolément, indépendamment des milieux desquels, par ailleurs, il dépend. Ceux-ci sont exclus des « nomenclatures » comme autant d'obstacles épistémologiques pour la science médicale ou pour les sciences des organisations du système de soin, le milieu étant tout au plus réduit au rang de « facteur environnemental ». En effet, dans quelle nomenclature ou quel indicateur de pilotage du soin installer la référence à un paysage, un arbre, un animal ou une qualité du souffle du vent qui font aussi la vie d'un malade ? Comment *a contrario* le métaparadigme infirmier considère-t-il le milieu de soins et ne le réduit-il pas à un facteur environnemental, en étudiant les interactions de la personne avec son environnement ? Il suffit de penser, par exemple, aux GIR (groupes Iso-Ressources) qui servent à classer les malades dépendants. Que mesure-t-on ? On mesure des dépendances fonctionnelles et biologiques mais en enlevant et arrachant ces dépendances relationnelles biographiques, qui font qu'une vie est une vie, dans

le chez-soi de la maison et de son monde. « Le vivant et le milieu ne sont pas normaux pris séparément, mais c'est leur relation qui les rend tels l'un et l'autre[2] ». Ces approches d'un patient sans milieu sont la traduction, dans le monde administré de la santé, de l'abstraction qu'opère une épistémologie de type hobbesienne qui a fini par se fixer dans l'*Homo œconomicus*. Elle envisage la santé comme une industrie, l'environnement comme une variable, et installe l'économie de la santé, celle de la patientèle et des files actives, dans des cohortes à gouverner par des nombres. La prise en compte des relations entre santé et environnement, pour une philosophie du soin ou *care*, suppose de rompre avec ce modèle économique extractiviste qui s'est déployé, après les industries classiques, dans tous les champs du soin : éducation, loisir et santé.

Dans quelle mesure, lorsque nous disons « je suis malade », ce « je » intègre-t-il la référence à l'environnement, non seulement comme ce qui le détruit par intrusion de l'extérieur dans l'intérieur (le microbe), mais aussi comme ce qui le construit et le singularise dans la multiplicité d'interactions internes/externes poreuses ou liminales (par exemple, le microbiote, les plasticités cérébrales, l'écopsychologie, etc.) ? On pourrait répondre : en repensant une phénoménologie du corps vécu redéployée dans sa dimension relationnelle. Le corps, non seulement le corps connu de la science biomédicale qui assure une continuité des physicalités entre tous les vivants sur fond d'ontologie naturaliste[3], mais aussi le corps vécu de la clinique, déploie un « je » comme une identité en relations. Il est moins une identité substantielle et statique qu'une identité relationnelle. Lorsqu'elle dit « je », elle intègre à sa réponse les savoirs expérientiels et les narrations de toutes ces histoires qui lui donnent texture, en relations dynamiques avec son milieu. Un tel « je » vit des relations interstitielles. Il investit les espaces d'incertitudes que fournissent les contingences des milieux, et qui échappent à la volonté d'organisation sociale du soin par le triage, la sélection et la rééducation. Cette dernière met ainsi en place, de façon systématique, soucieuse pourtant d'être un correctif, le modèle bio-psycho-social pour lequel la maladie serait, selon les expertises, *disease* pour les médecins, *illness* pour les psychologues et psychiatres, et *sickness* pour les travailleurs sociaux. Mais où est l'environnement dans ce cas ? Est-il un facteur externe relevant de l'analyse biologique ou est-il le lien entre ces trois dimensions, le milieu ou « environnement » les tissant de manière systémique dans une triple écologie psychique, sociale et écologique, dirait Felix Guattari[4] ? La dimension éco-relationnelle du « je », celle du soigné comme du soignant, ne se trouve-t-elle pas de ce

fait soit invisibilisée, au risque de souffrances, soit en résistance pour faire entendre sa singularité et son milieu ?

Faut-il garder et maintenir l'idée d'environnement ? N'est-elle pas une catégorie problématique en ce qu'elle laisse penser que la nature est autour de nous comme un paysage alentour, dans une perspective panoramique, alors que nous sommes tissés (la texture du contexte) de et par les relations entretenues avec ce dernier ? Ne convient-il pas de soigner les mots du soin, substituant à la catégorie d'« environnement[5] » celle, plus technique, d'« écoumène », ou plus simple celle de « milieu », comprenant ce dernier de manière beaucoup plus relationnelle ? Dans l'histoire des relations entre santé et environnement, les catégories de l'entendement écologique qui invitent à quitter le concept d'environnement ou de nature au profit de celui d'*environment*, d'*Umwelt*, de Terre, d'écoumène ou de Milieu suggèrent de ne plus penser le soin uniquement dans le cadre galiléo-newtonien. Ce dernier, qui émerge avec la naissance de la clinique moderne, repose sur une ontologie naturaliste qui modélise la nature (et, avec elle, le corps), sur fond des dualismes nature/culture, animal/homme, corps/âme comme une machine. Il suggère qu'il y aurait un « facteur environnemental » comme il y a un facteur « démographique » « génétique » ou « glycogénique ». *A contrario*, l'attention portée au « milieu », qui nous porte, abandonne le dualisme culture/nature (médecine scientifique *versus* médecine naturelle), le dualisme âme/corps (la médecine comme une physique du vivant) au profit d'une écologie de l'attention se rendant disponible à tous ces liens – la force des liens faibles[6] – soignants et qui nous font être. Elle pense le sujet malade moins à partir de l'idée d'autonomie conçue comme émancipée des nécessités naturelles et considérées comme des aliénations que dans une autonomie relationnelle, qui envisage le sujet malade conscient de ses dépendances, non comme aliéné mais comme relié. La psychiatrie, qu'elle soit phénoménologique, psychiatrie sociale avec le courant du « rétablissement », ou écopsychologie, mais aussi les soins infirmiers, puis l'ergothérapie ont depuis longtemps reconnu cette humanité qui approfondit le sens de ces liens qui libèrent.

On le voit, la réponse à ces trois questions met au jour la dimension non seulement descriptive et fondamentalement paradigmatique d'une philosophie du soin s'envisageant au prisme des enjeux écologiques. Devenue scolaire, la distinction que fait l'anglais entre *cure* (activité du soin thérapeutique) et *care* (dimension relationnelle et thérapeutique de l'attention) pourrait n'être comprise que comme une forme de division des tâches (les médecins *versus* les soignants ou les « aidants ») ou comme

une dichotomie délétère : un *care* sans *cure* est impuissant ; une *cure* sans *care* est aveugle. Mais faisant ce contresens, on perd alors la dimension critique attachée à ce concept de soin ou de *care*, d'où une extension possible au concept de *healing*. Ce dernier révèle que le soin n'est pas toujours là où il s'exhibe le plus, comme un rapide examen des relations entre santé et environnement le manifeste.

En parlant de soin ou de *care*, pour ne pas dire « santé », s'est inventée une manière de dire qui rend visible ce que d'ordinaire l'on invisibilise par le langage. Cette impertinence sémantique fait du soin un concept critique. Il opère soit en déplaçant le curseur du moyen curatif vers la fin relationnelle ; soit par la non-traduction de l'anglais, réveillant/révélant nos manières de parler. Soin ou *care* discutent le dispositif organisationnel et épistémologique d'une culture extractiviste (à laquelle n'échappe pas la santé depuis qu'elle s'est vue pilotée par des dispositifs empruntés au monde industriel pour lesquels le soin qui ne se compte pas ne compte pas). Du point de vue de celle-ci, santé et environnement sont d'ailleurs envisagés extérieurement et sur un mode instrumental. L'environnement, dévisagé comme une carrière à exploiter, n'est alors qu'un moyen extérieur, dont on extrait les substances actives si l'on pense au passage de la pharmacopée à la pharmacie ; ou dont on met au jour les lois, si on considère le passage de la logique du vivant au service de la maîtrise du vivant dans la biomédecine. L'environnement n'est ainsi dévisagé que comme notre autre radical – la nature –, un ensemble de moyens mis au service de la santé qui en serait la fin.

Mais, en opposition à ces manières de dire et de faire, parler de soin ou de *care*, c'est démédicaliser le soin, mettant au jour qu'il y a du soin ailleurs qu'en médecine (soin parental, éducatif, culturel, relationnel ou environnemental), mais aussi en médecine. C'est aussi dégenrer le soin qui n'est pas qu'une affaire de femmes, exigeant de le sortir des logiques de dominations masculines qui se déploient sur elles et les assignent au soin pour mieux les exploiter (l'écoféminisme a mis en série l'étrange continuité entre domination des femmes dans le monde social dont les activités de *nursing* ; domination des femelles en élevage et des semences en agriculture ; et exploitation des juvéniles *via* la gestation, du lait, des œufs et des semences), revisitant les relations thérapeutiques/soins dans cette perspective. C'est enfin travailler à faire en sorte que le soin puisse être dénaturalisé. Il ne serait pas affaire que d'une bonne nature comme s'il était naturel d'aider (on pense au concept d'« aidant naturel ») alors qu'il mobilise des compétences et des capacités que le qualificatif « naturel »

contribue à déconsidérer ou à ne pas reconnaître, tout un chacun étant susceptible de « savoir » le faire…

Lire le monde en clé de soin ?

Dans cette perspective, lire le monde en clé de soin change alors les mots et le regard que nous pouvons porter sur ce dernier. Il devient moins un environnement (ce qui est à l'environ de ce dont nous serions le centre) qu'un milieu, que ce soit au niveau personnel, interpersonnel et organisationnel.

Sur le plan personnel, la biomédecine cultive une culture de l'asepsie, de l'hygiène et de la maîtrise du vivant tenu à distance par une volonté de contrôle mettant en valeur le primat du biologique sur le biographique – la maladie dans le malade. Ce faisant, elle occulte comme n'étant pas au cœur du soin (curatif) ce qui en fait pourtant la chair sensible (l'attention). Pourtant, cette discipline biomédicale est vite débordée par ce retour du refoulé. Elle l'est par les visiteurs de malades n'ayant de cesse de faire rentrer des végétaux lors des leurs visites. Elle est questionnée, avant même de parler des zoothérapies, par la présence délibérée et désirée des animaux dans les unités de soins palliatifs, en pédiatrie, en oncologie ou en gérontologie. Elle est même contestée lorsque l'on se rend attentif à la microrythmique des biographies de patients et des soignants, découvrant qu'il est une force des liens faibles qui les font se tenir vivants parmi les vivants. Ils sont autant d'occasions de surprises qui font que les informations deviennent des événements intériorisés et individuants : les feuilles des arbres vues depuis le lit d'hôpital ; la course d'un oiseau dans le ciel ; la qualité d'un son ou la texture d'une lumière.

Sur le plan interpersonnel, le milieu est moins un décor sur le fond indifférent duquel nous développons nos interactions qu'un support, expression d'une portance donnant une assise à nos interactions comme un fond d'être partagé. Là ou un géométrisme objectivant appréhende l'espace métriquement localisé, le milieu le retrouve comme expression d'un espace vécu, investi de partialités, géopoétique. Ainsi, pour la relation de soin, soigner le jour ou la nuit, en début ou fin de journée, n'est pas indifférent, n'est pas affaire de subjectivisme ou de partialité incontrôlée. Cela parce que précisément le soin investit et habite la contingence de ce qui se donne dans ces situations subtiles d'ambiances porteuses.

Sur le plan organisationnel, enfin, puisque le soin est rendu possible par des relations dans des institutions qui constituent des « milieux dans le

Milieu », la médecine paraît, à première vue seulement, construire des machines à guérir imposant leurs normes et leur hypertélie, créant un monde abstrait. Il en irait ainsi d'un temps et un espace isonormés, que ce soit sur le modèle du *planning* plutôt que de l'almanach pour le temps de travail de soin ou que ce soit la géométrique substance étendue élaborant le modèle de l'espace sans qualité du bloc opératoire, quoique.

Or le travail sur le soin des espaces, moins aménagés que ménagés ; ou sur celui des temps, moins pensés dans le cadre du paradigme de l'accélération que rendus à leur polyrythmie, modifie la donne d'un milieu soignant, d'un soin par le milieu. Fait de conditions déterminées le sécurisant, il est investi également de circonstances aléatoires, qui changent et que l'on peut changer, pour cela sécurisantes. En voici des exemples qui contribuent à ne pas donner du milieu une figure trop abstraite ou inaccessible. Ainsi le soin de l'espace architectural ou urbanistique. Il construit des ouvertures de fenêtres plus grandes pour permettre au malade alité de voir le monde des vivants depuis son lit et de rêver, ou permet des ambulations, envisageant les longs couloirs d'hôpitaux comme des rues offertes à la contingence de l'événement (meubles non standards, espace de discussion, *design* des lumières, des sons ou des odeurs). Il ne cesse de redire que l'espace où l'on se tient est un espace qui nous tient, sécurisé mais sécurisant. Cela s'impose *a priori* plus évidemment en psychiatrie pour laquelle, éminemment, c'est la relation qui est soignante. Mais cela vaut également en médecine dite somatique. L'espace homogène dominé par le paradigme scopique propre à la culture biomédicale (voir pour savoir pour pouvoir) s'y trouve dialectisé avec le jardin thérapeutique pour malades cérébrolésés ou maladies neuro-évolutives qui relance la dimension individuante de la polysensorialité stimulante et soutenante pour les subjectivités travaillées par la maladie. Silencieusement, sans grandiloquence, la constance des arbres, le rythme de la course du soleil au fil des travaux et des jours du soin, l'inscription d'une structure hospitalière nouée à son territoire dans un asile terrestre portent une relation au cœur de la production de soin, et en soutiennent ainsi la finalité longue : l'entente réussie, et heureuse, de l'humain avec son/ses milieu(x).

Références bibliographiques

1. Gaille M, Santé et environnement, Paris, PUF, 2018.
2. Canguilhem G, Le Normal et le Pathologique, Paris, PUF, 1979, p. 90.
3. Descola P, Par-delà nature et culture, Paris, Gallimard, 2005.
4. Guattari F, Les Trois Écologies, Paris, Galilée, 1989.

5. Feuerhahn W, « Chapitre 1. Les catégories de l'entendement écologique : milieu, Umwelt, environment, nature… », in Blanc G, Demeleunaere E, Feuerhahn W (dir.), Humanités environnementales. Enquêtes et contre-enquêtes, Paris, Publications de la Sorbonne, 2017, p. 19-42.
6. Gefen A, Laugier S, Le Pouvoir des liens faibles, Paris, CNRS Éditions, 2020.

8 – Éthique du *care* élargie à l'environnement

Sandra Laugier

Care et vulnérabilité

L'éthique du *care*[1], d'abord envisagée comme une éthique du proche et de la vie privée, s'est révélée ces dernières décennies comme un outil indispensable pour penser et renouveler la pensée de l'environnement. Le développement actuel de la réflexion sur le travail de care engage en effet des modifications profondes dans la réflexion éthique et politique. Il ne s'agit pas seulement d'un élargissement, ou d'un nouveau terrain, de l'éthique du *care* – dont on connaît la pluralité et la diversité des formes, des activités, des lieux. L'éthique féministe du *care*, en proposant de valoriser des caractéristiques morales, d'abord identifiées comme féminines – l'attention à autrui, la sollicitude, le souci des autres –, a contribué à modifier une conception dominante de l'éthique en plaçant la vulnérabilité au cœur de la morale. C'est ce changement de focale qui rend possible un déplacement du domaine du *care*, la vulnérabilité n'étant pas propre à l'humain[2]. Joan Tronto, une de ses théoriciennes les plus influentes, auteure d'*Un monde vulnérable*, envisage l'extension du care au-delà de l'humain : « Nous y incluons la possibilité que le *care* s'applique non seulement aux autres personnes, mais aussi à des objets et à l'environnement[3]. »

L'éthique du *care* n'a certes pas découvert la vulnérabilité ou la fragilité, thèmes déjà développés dans des réflexions morales historiques ; mais elle inscrit la vulnérabilité au cœur même de la morale – en lieu et place de ses valeurs tenues jusqu'ici essentielles comme l'autonomie, l'impartialité, l'équité. Par la place centrale qu'elle accorde à la vulnérabilité des personnes, de toutes les personnes, la perspective du *care* comporte une visée éthique qui ne se résume pas à une bienveillance active pour les proches ou au soin d'autrui, mais constitue un changement radical dans la perception et la valorisation des activités humaines. Le *care* est d'abord le *souci des autres*, l'attention à la vie humaine et à toute vie, et en général aux activités qui rendent la vie possible.

L'éthique du care appelle ainsi notre attention sur ce qui est juste sous nos yeux mais que nous ne voyons pas, par manque d'attention. C'est ainsi que l'éthique du *care* peut aussi se définir, si l'on veut traduire le terme, comme éthique de l'*attention*, au sens à la fois de faire attention

et d'attirer l'attention sur une réalité ordinaire : le fait que des gens s'occupent d'autres, et veillent au fonctionnement ordinaire du monde. Le fait aussi que sans ce travail, c'est l'ensemble de la vie ordinaire qui est fragilisé, comme cela est apparu à tous durant la pandémie de Covid-19.

L'éthique du *care* situe les sources de l'éthique dans l'ordinaire des vies, comprises sous le chef du lien et de l'interdépendance d'êtres humains vulnérables, et pas dans l'application de principes généraux et abstraits. Tout en étant ancrée dans l'*agency* humaine, elle est à contre-courant des modèles tant d'une éthique de l'obligation d'un côté, que des éthiques conséquentialistes de l'autre. Le calcul impartial et l'abstraction rationaliste mettent en dehors de ce qui est *moral* l'ensemble des relations et actions de proximité où la vulnérabilité est prise en charge.

L'éthique du care a pu s'étendre à l'environnement parce qu'elle s'est révélée un projet de société. La dépendance et la vulnérabilité sont des réalités difficiles à reconnaître et à traiter, toujours reléguées au second plan des agendas politiques. La fragmentation du *care*, mise en évidence par Tronto (*care* domestique privé, *care* affectif, travail des professions de *care*, *care* assuré par d'autres professions) rend invisibles les fondements réels de l'autonomie des individu·e·s, largement supportée par le travail d'autrui. Ce déni de la masse de travail mobilisée pour garantir l'indépendance et le bien-être de certain·e·s est un déni des activités de *care*.

Les perspectives du *care* se sont révélées porteuses d'une revendication fondamentale concernant l'importance du *care* pour la vie humaine, des relations qui l'organisent ainsi que la position sociale et morale des pourvoyeurs de soin (*caregivers*.) C'est donc bien la théorie de la justice telle qu'elle s'est installée en position dominante dans le champ de la réflexion non seulement politique, mais morale, qui est dans la mire des approches par le *care* : le centre de gravité de l'éthique est ainsi déplacé, du « juste » à l'« important », ce qui compte, comme l'exprime clairement Amy, 11 ans, dans l'ouvrage classique de Carol Gilligan, *Une voix différente*[4].

Politiques du *care*

Le *care* est prise de conscience de ce qui importe, ce qui compte pour nous – à la fois de ce dont nous nous soucions, et de ce dont nous dépendons. Du coup, la vulnérabilité ne renvoie plus étroitement à une catégorie de « vulnérables » – des humains à qui nous devrions une attention spécifique. Elle peut alors être étendue au non-humain : la vulnérabilité animale, mais aussi celle de tout ce qui dans la nature est fragile, à protéger

– la biodiversité, la qualité de l'eau, le climat, etc. La découverte de la vulnérabilité conduit à analyser concrètement les modifications dans la perception des relations qu'implique la prise en compte d'une telle vulnérabilité partagée.

Contre l'idée de développement durable, articulée à l'indispensabilité du maintien du niveau de vie des sociétés développées, le *care* fournit une tout autre conception de l'indispensabilité, associée à une vision plus complète de l'être humain vulnérable et dépendant. L'éthique environnementale, souvent centrée sur la question de la valeur des entités naturelles, pourrait se réorienter vers les activités et pratiques écologiques ordinaires, privées et publiques, une piste, comme le montre Catherine Larrère[5], certainement plus féconde que celle d'une fragilité de la nature à protéger coûte que coûte au même titre que les « modes de vie » privilégiés.

L'articulation entre *care* et environnement pourrait se faire de façon pragmatique dans la reconnaissance ordinaire de nos dépendances et de nos responsabilités. La notion d'attention, de prendre soin de, peut s'appliquer à des attitudes et aux pratiques de prise en compte de l'environnement très diverses : comportements individuels ou collectifs « respectueux » de l'environnement (tri des déchets, calcul et limitation de son empreinte carbone, consommation d'énergie, de matériaux, de biens de consommation, etc.). Et comme le *care* se comprend aussi négativement sous la forme de l'indifférence ou de la négligence, d'un *I don't care* bien plus présent que le *care*, ces pratiques ont leur négatif sous la forme des attitudes identifiées comme négligeant ou maltraitant l'environnement. L'insouciance par rapport aux conséquences et effets de nos actions quotidiennes sur l'environnement proche est à voir plutôt en termes de *carelessness* qu'en termes légaux.

Le *care* environnemental articule les deux sens de l'attention, perceptif et actif, et est une manière d'envisager des pratiques techniques et professionnelles fondées sur l'attention aux situations singulières et aux pratiques spécifiques. Les itinéraires techniques et l'acquisition des savoirs de l'agroécologie ou de l'agriculture biologique peuvent être vus en ces termes. L'observation attentive des phénomènes, l'attention portée aux arrangements des cultures dans l'espace et dans le temps, l'aménagement écologique de l'espace (urbanisme, architecture, paysagisme, etc.) relèvent du *care*. La thématique du *care* permet un traitement pragmatique des questions environnementales.

Sont invisibles, négligées, dans la vie ordinaire, un ensemble d'activités très diverses, qui la rendent simplement *possible* : le ménage domestique,

le ramassage et le traitement des déchets, la transformation d'animaux vivants en nourriture, et bien d'autres dont nous préférons ne pas entendre parler trop en détail. Le *care* permet de percevoir, dans la dispersion de ces activités, un « monde vulnérable ». Il apparaît que c'est tout un domaine de la vie et de l'activité humaine, qui comprend les animaux (destinés à l'alimentation) et la terre (en tant que ressource pour l'entretien humain), qui est négligé et dévalué. L'éthique du *care* vise alors à faire reconnaître tout un pan de la vie commune systématiquement oublié dans le discours et l'analyse morale et politique.

Care et désastre

Une transformation, à la fois individuelle et collective, des pratiques et une réelle prise en compte des activités de *care* pourraient à la fois combattre les inégalités de genre et les dégradations de l'environnement. Des spécialistes de l'éthique de l'environnement ont mis à jour des systèmes d'exploitation et de dépendance inaperçus jusqu'ici qui croisent le patriarcat et le capitalisme, la domination des hommes sur les femmes et l'exploitation des ressources naturelles[6]. Particulièrement, dans les pays du Sud, les activités agricoles ordinaires sont le fait des femmes (semences, gestion des ressources ou de la biodiversité, etc.) alors même que des multinationales mettent en danger tous ces savoir-faire et déstabilisent les formes de vie collectives. C'est ce qui conduit les organismes internationaux à encourager constamment des politiques d'*empowerment* (« empuissancement ») des femmes, étant donné leur rôle dans la résilience des environnements de proximité.

De nombreux rapports se sont orientés ces dernières années vers la prise en considération des inégalités socio-environnementales, notamment de genre. Ainsi, l'invisibilité du *care* dans la théorie morale dominante d'inspiration rationaliste condamne une société à méconnaître la source de sa propre conservation, et donc renforce ou justifie l'indifférence ordinaire au travail de *care* dans nos sociétés. Ce qu'on appelle « changement global » ne doit pas cacher que les interdépendances entre humains et environnement se jouent à toutes les échelles, révélant une spatialisation des inégalités qui est une donnée première de la réflexion sur le genre. Le « nous » qui transforme ou dégrade l'environnement n'est pas le même que le « nous » qui en subit les conséquences. Combien d'humains sont victimes de conditions environnementales qu'ils n'ont pas créées ? L'affichage d'un « nous » abstrait et collectif relève, par un dispositif que plusieurs formes de critique sociale et notamment l'éthique politique du *care*

ont très classiquement mis en évidence, de la protection d'une catégorie d'humains bien spécifiques. L'essai radical de Tronto, *L'indifférence des privilégiés*[7], affronte ainsi la dimension globale et politique du *care*, inséparable de sa version environnementale et d'une critique de l'indifférence des privilégiés à ce qui soutient leur vie au quotidien.

Un environnementalisme ordinaire

Il est désormais admis que l'essentiel de la crise écologique est associé à des modes de vie surconsommateurs des ressources et des environnements naturels. Le constat est fait, dès les années 2000, d'un manque de visibilité des préoccupations environnementalistes liées à la protection des environnements du quotidien et au travail « reproductif » (l'ensemble des activités liées à la reproduction de l'espèce, à l'éducation des enfants, au travail domestique ainsi qu'aux soins des personnes[8]). L'environnementalisme ordinaire, *grassroots*, composé de mobilisations individuelles et collectives qui structurent la production de l'environnement, est d'abord le fait des femmes dont le rôle est crucial dans cette sphère domestique étendue à l'environnement[9].

De nombreux rapports (Seager) sont orientés ces dernières années vers la construction d'une prise en considération des inégalités socio-environnementales, notamment de genre[10]. Politiques publiques et mobilisations sont invitées à promouvoir l'égalité des droits d'accès ainsi que le partage des bénéfices et usages des écosystèmes et des ressources naturelles. L'approche par les capabilitésa,[11] vise à intégrer les populations discriminées, liant capacités individuelles et collectives et possibilités d'accès (par exemple, droits d'accès à la propriété des ressources naturelles).

D'après le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les femmes sont celles qui paient le prix fort en matière d'adaptation au changement climatique[12]. Le 8 août 2019, le GIEC publie en ce sens un rapport spécial sur « le changement climatique, la désertification, la dégradation des terres, la gestion durable des terres, la sécurité alimentaire et les flux de gaz à effet de serre (GES) dans les écosystèmes terrestres[12] ». Même s'il existe de très grandes incertitudes en matière d'adaptation, largement dépendantes des choix politiques, c'est en Asie et en Afrique que se trouvera le plus grand nombre de personnes susceptibles d'être dépossédées par la désertification et les changements environnementaux, et parmi elles, les femmes sont celles sur qui cette

a. L'approche par les capabilités a été développée par Amartya Sen et Martha Nussbaum.

catastrophe du quotidien pèsera le plus lourd. C'est en ce sens que les organismes internationaux plaident pour des politiques d'*empowerment* des femmes, étant donné leur rôle dans la résilience des environnements de proximité et des communautés locales. Les femmes sont souvent plus pauvres et plus vulnérables en période de crise. Par exemple, l'ouragan Katrina, qui a ravagé La Nouvelle-Orléans en 2005, a touché en priorité les femmes afro-américaines et leurs enfants. Au Sri Lanka, il a été plus facile pour les hommes de survivre au tsunami de 2004 parce qu'ils avaient l'avantage de savoir nager et grimper aux arbres, compétences qui ne sont enseignées qu'aux garçons. L'augmentation des épidémies liées au climat, le SARS-CoV-2 n'étant qu'une parmi d'autres à venir, impactera principalement les femmes qui, aujourd'hui, consacrent beaucoup de leur temps à s'occuper des malades et du soin et de l'éducation des enfants – donc au travail de *care*.

Conclusion. *Care* et justice globale

Il n'est pas anecdotique qu'un ouvrage séminal du *care* environnemental soit l'œuvre d'une femme, à savoir *Silent Spring* de Rachel Carson qui, dès 1962, mit en évidence les effets délétères des pesticides sur l'environnement et la vie, demandant des réponses politiques immédiates. Les années 1970 ont permis de voir l'éclosion de mouvements et travaux écoféministes partout dans le monde, qui ont mis en évidence l'importance de l'environnement dans la préservation de la vie en général[13]. Le *care* de l'environnement a été un processus déclencheur de nombreuses luttes féministes. Réciproquement, ce sont les écoféministes du Sud qui ont relancé la pensée environnementale, en montrant comment, dans des pays qui souffrent de l'héritage d'une domination coloniale qui a atteint leurs potentialités économiques et a dégradé leur environnement, les conséquences environnementales du développement atteignent plus lourdement les femmes. En Inde, le mouvement Chipko en 1973 contre la déforestation et le travail de Vandana Shiva sont désormais largement salués[14]. Il apparaît enfin que rendre *durable* un système injuste ne peut être une visée pour l'humanité.

Ainsi, le *care* environnemental n'est pas une sous-espèce ou une extension du *care* au non-humain. Le *care de* l'environnement (aux deux sens : l'attention à porter à l'environnement ordinaire et le bien-être que cet environnement procure aux individus) est emblématique du *care* ; l'attention à ce qui rend notre vie possible, et que *pour cela même* nous ne voyons pas et négligeons. Une vision radicale du *care* contraint à voir l'ensemble de

la forme de vie des privilégiés comme maintenue par une activité de *care*, autant que par le siphonnage des ressources des pays du Sud. L'éthique du *care* conduit en effet à faire un parallèle entre l'exploitation séculaire des ressources « naturelles », et celle des ressources humaines des pays du Sud, qu'un nombre toujours croissant d'habitants quitte pour assurer les métiers de prise en charge et de lien dans les pays du Nord, où les besoins sont en explosion. Tronto a ainsi dénoncé cette façon d'invisibiliser les ressources qui font vivre, au sens littéral, les sociétés des privilégiés.

Les débats sur le changement climatique et les nations qui en sont prioritairement et historiquement responsables, qui font porter à l'ensemble des populations du monde le poids et la responsabilité des transformations apportées par leur propre développement, sont caractéristiques d'une conception éthico-politique indifférente au *care*[15]. C'est en tout cas avec le *care* environnemental qu'apparaît l'inanité de l'opposition initiale entre « *care* » et « justice, » puisqu'il apparaît que seule l'éthique du *care* permet de prendre en compte les enjeux les plus vitaux de justice globale.

Références bibliographiques

1a. Paperman P, Laugier S (dir.), Le Souci des autres. Éthique et politique du care, Paris, Éditions de l'EHESS, 2005, 2nde édition augmentée, 2011.
1b. Molinier P, Laugier S, Paperman P (dir.), Qu'est-ce que le care ? Souci des autres, sensibilité, responsabilité, Paris, Payot, 2009.
2a. Gaille M, Laugier S (dir.), « Grammaires de la vulnérabilité », Raison politique, 2009 ; 14.
2b. Laugier S (dir.), Tous vulnérables ? Paris, Payot, 2012.
2c. Gaille M, En soutien à la vie – éthique du care et médecine, Paris, Vrin, à paraître en 2022.
3. Tronto J, Moral Boundaries. A Political Argument for an Ethic of Care, Londres, Routledge, 1993, trad. fr. Un monde vulnérable. Pour une politique du care, Paris, La Découverte, 2009, p. 144.
4a. Gilligan C, Une voix différente, 1986, Paris, Flammarion Champs, nouvelle édition 2008, Paris, Flammarion [1982].
4b. Nurock V (dir.), Carol Gilligan et l'éthique du care, Paris, PUF, 2011.
5. Larrère C, in Laugier S (dir.), Tous vulnérables ?, Paris, Payot, 2012.
6a. Laugier S, Molinier P, Falquet J, « Genre et environnement : nouvelles menaces, nouvelles analyses au Nord au Sud », Cahiers du Genre, 2015 ; 59.
6b. Blanc N, Laugier S, Molinier P, « Le prix de l'invisible », La Vie des idées, 2020.
7a. Gilligan C, Tronto J, Hoschchild A. Contre l'indifférence des privilégiés, Paris, Payot & Rivages, 2013.

7b. Lovell A, Pandolfo S, Das V, Laugier S, Face aux désastres. Une conversation à quatre voix sur la folie, le care et les grandes détresses collectives, Les Éditions d'Ithaque, 2013.
7c. Raïd L, « De la Land ethic aux éthiques du care », in Laugier S (dir.), Tous vulnérables ?, Paris, Payot, 2012.
8. Seager J, Gender Global Environmental Outlook. United Nations Environment Programme, 2016.
9. Blanc N, Paddeu F, « L'environnementalisme ordinaire. Transformer l'espace public métropolitain à bas bruit », EspacesTemps.net, 2018.
10a. Seager J, « Disasters Are Gendered: What's New? », in Zommers Z, Singh A (eds), Reducing Disaster: Early Warning Systems for Climate Change Springer, 2014.
10b. Seager J, Gender Global Environmental Outlook. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2016.
10c. Seager, New Visions for Nature and Nature's Contributions to People for the 21st Century. New Visions for Nature and Nature's Contributions to People for the 21st Century. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2019.
11a. Sen A, The Idea of Justice, Penguin Books, 2010.
11b. Nussbaum M, Women and Human Development. The Capability Approach, Cambridge University Press, 2000, trad. fr. Capabilités. Comment créer les conditions d'un monde plus juste ?, Climats.
12. www.ipcc.ch/report/srccl
13a. Gaille M, En soutien à la vie – éthique du care et médecine, Paris, Vrin, à paraître en 2022.
13b. Ferrarese E, LaugierS (eds.), Formes de vie, CNRS Éditions, 2018.
14. Hache E , Reclaim, recueil de textes écoféministes, textes choisis et présentés par Émilie Hache, postface de Catherine Larrère, Éditions Cambourakis, 2016.
15. Blanc N, Laigle L, « Narratives, Capabilities and Climate Change: Towards a Sustainable Culture », in Birkeland I, Burton R, Parra C, Siivonen K (eds), Cultural Sustainability and the Nature-Culture Interface. Livelihoods, Policies, and Methodologies, Routledge, 2018.

Partie 2 : Environnement, santé et société : perspectives multidisciplinaires

Perspective
des sciences de l’environnement

9 – Les limites planétaires et la santé

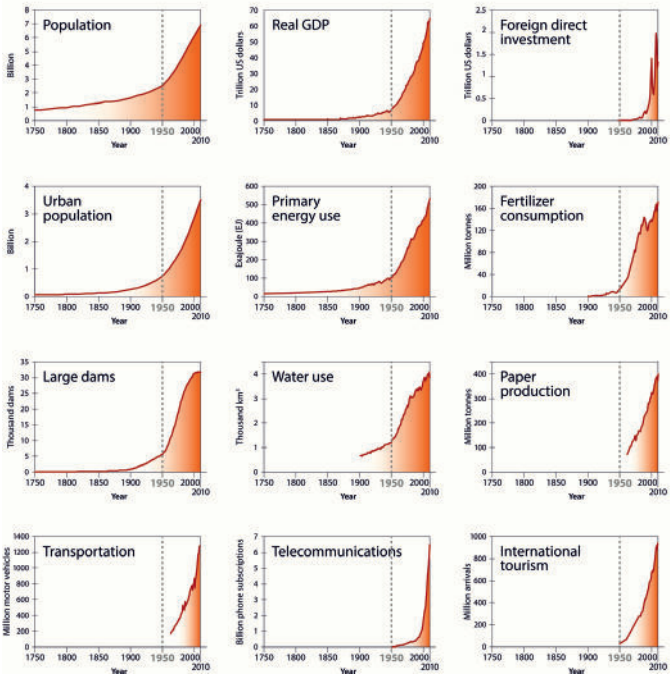
Armand Tanner, Mélanie Gretz, Céline Spahr,
Nicolas Senn et Augustin Fragnière

Introduction

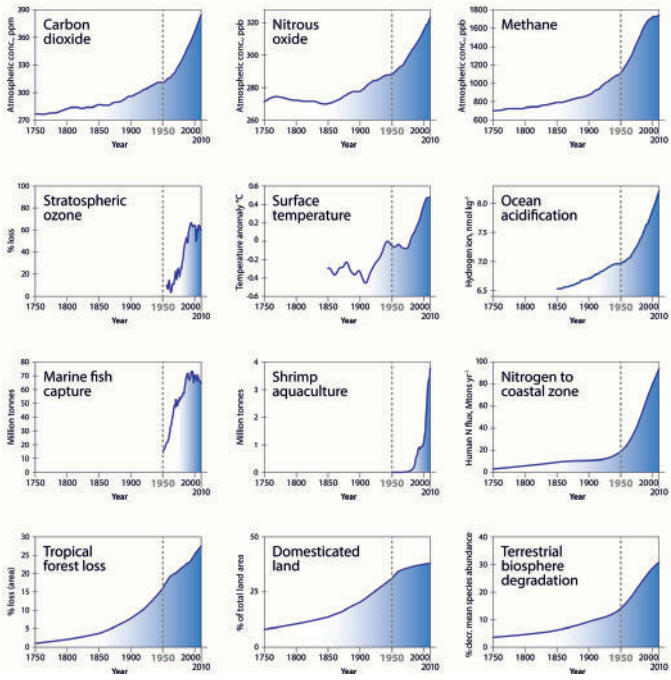
Les activités humaines, telles que les systèmes de production industriels et agricoles, mais aussi le chauffage, la mobilité, ainsi que les modes de vie et de consommation en général, exercent une pression grandissante sur la planète Terre[1,2]. Notre modèle de société, fondé sur une croissance économique perpétuelle et une augmentation massive de la consommation de matière et d'énergie, a connu un développement particulièrement rapide depuis les années 1950, connu sous le nom de *Grande Accélération* (Figures 1A et 1B[3,4]). La profondeur de ces changements est telle que les activités humaines sont aujourd'hui la première force de modification du fonctionnement du système Terre, c'est-à-dire de l'interaction des processus physiques, chimiques et biologiques de la planète. Ces transformations profondes donnent lieu à une nouvelle époque géologique appelée *Anthropocène*[5]. Celle-ci succède à l'*Holocène*, dernière époque interglaciaire débutée il y a douze mille ans, qui est marquée par une importante stabilité climatique, ayant permis le développement de l'agriculture, de la sédentarisation et des grandes civilisations humaines[2]. L'essor et la transformation des activités humaines depuis la révolution industrielle ont été synonymes d'accélération du développement humain et d'une élévation du niveau de vie matériel pour une partie croissante de l'humanité[3]. Cela est associé à une augmentation vertigineuse de la population mondiale passant de près de 1 milliard en 1800 apr. J.-C. à 7,9 milliards en 2022[7]. Aujourd'hui, les dégradations écologiques et la transformation du système Terre vers un nouvel état marqué par l'instabilité et l'incertitude menacent de remettre en cause ces acquis, en particulier en matière de santé humaine. Ces dégradations sont lisibles à travers le concept de *limites planétaires*.

Figure 1A. La Grande Accélération. Figure extraite de la réf. [3]. En orange : indicateurs de développement socio-économique, en bleu : indicateurs de changement de la structure et du fonctionnement des systèmes naturels (reproduction autorisée par SAGE Publications)

Socio-economic trends



Earth system trends



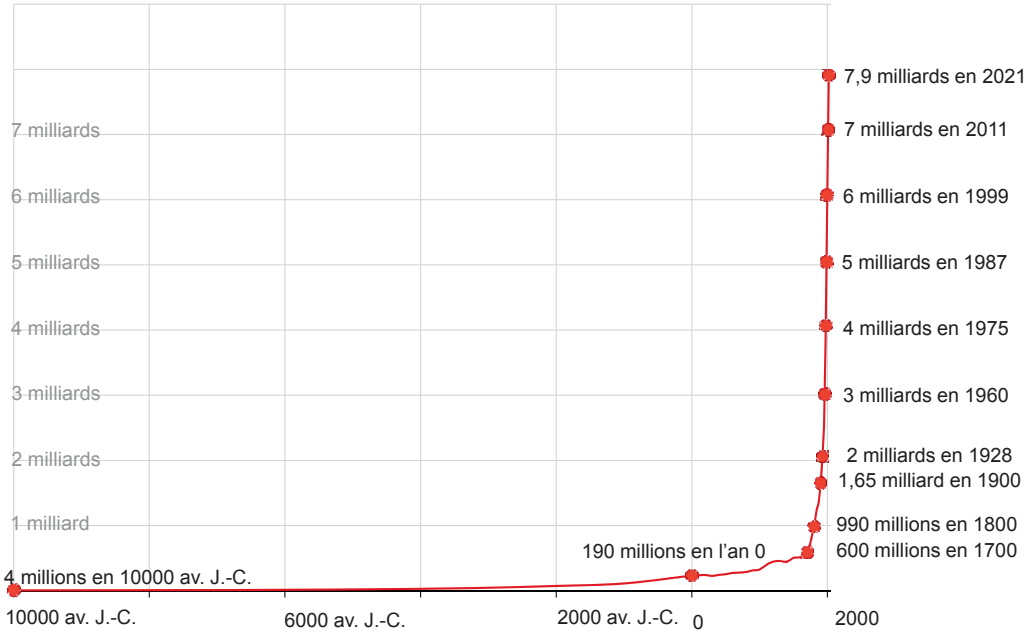


Figure 1B. Zoom sur l'évolution de la population mondiale au cours des douze derniers milliers d'années[7] (Données extraites de https://ourworldindata.org/world-population-growth – CC BY 4.0)

Les limites planétaires

Les connaissances développées par plusieurs décennies de recherche en sciences de l'environnement ont permis d'identifier neuf domaines indispensables à la stabilité du système Terre, pour lesquels un seuil limite de perturbation a été défini, en dessous duquel les conditions de l'*Holocène* seraient préservées (Figure 2, zone verte[8-9]). Parmi ces neuf limites inextensibles, six sont déjà dépassées : en zone d'incertitude (zone orange) ou à haut risque (zone rouge), et menacent la pérennité des écosystèmes et de l'humanité : la dégradation de l'*intégrité de la biosphère*, la perturbation des *cycles biogéochimiques du phosphore et de l'azote*, l'accumulation de *nouvelles entités*, le *changement climatique*, la *transformation des milieux terrestres*, ainsi que *l'eau verte*[8,10,11]. L'*eau bleue* (consommation d'eau douce), l'*acidification des océans* et la *destruction de l'ozone stratosphérique* sont considérées comme étant encore sous la limite. À ce jour, aucune limite n'a pu être quantifiée concernant le rôle fonctionnel de la *diversité biologique* et l'*accumulation d'aérosols atmosphériques*[8].

Les limites planétaires sont interconnectées et interdépendantes et le dépassement de l'une peut contribuer au dépassement d'autres[8]. Dans ce qui suit, nous développons les six limites considérées comme déjà franchies.

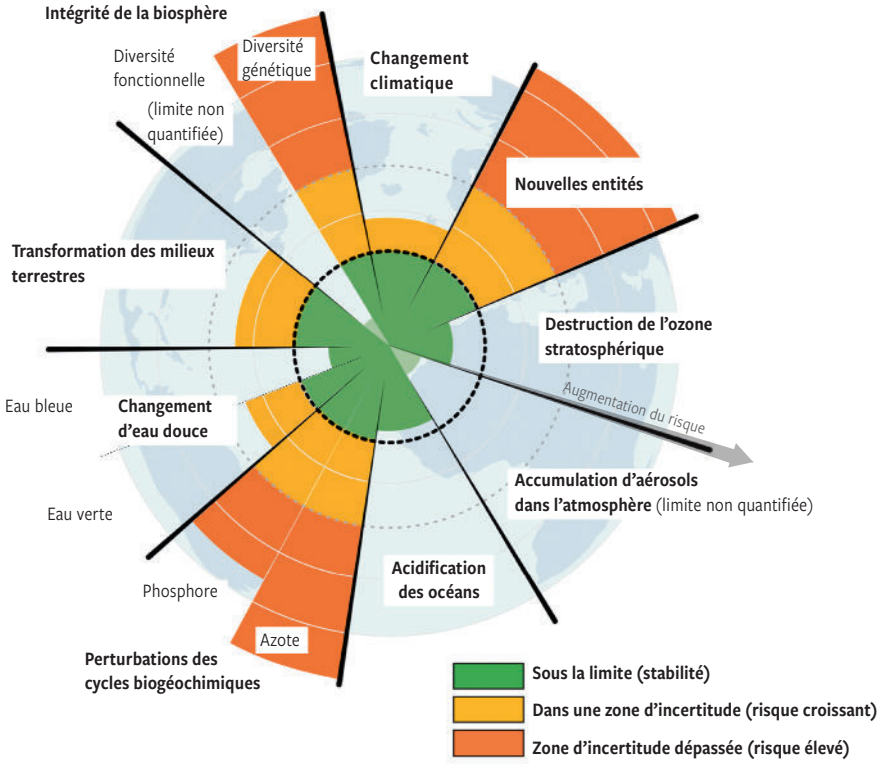


Figure 2. Les limites planétaires, adaptée des réf. [8,10, 11]

La perturbation des cycles biogéochimiques du phosphore et de l'azote

Une des limites planétaires les plus dépassées est celle des cycles biogéochimiques du phosphore et de l'azote, perturbés principalement par l'épandage d'engrais pour l'agriculture intensive. La conséquence de ce dépassement est une dégradation à l'échelle globale des milieux aquatiques (eau douce, mers et océans) par un phénomène d'*eutrophisation*. Cela survient lorsqu'un apport trop important en nutriments, favorable à la croissance rapide d'algues envahissantes puis de bactéries aérobies qui épuisent l'oxygène dissout dans l'eau, conduit à l'asphyxie et à la formation

de *zones mortes* dans les milieux aquatiques[12]. Ces dernières se sont répandues de façon exponentielle à travers le globe entre 1960 et 2008[13]. Au niveau océanique, ce phénomène, aussi appelé *événements anoxiques océaniques* (EAO), a joué un rôle important dans les précédentes *extinctions biologiques de masse* et constitue actuellement une menace majeure pour les écosystèmes[12,14].

L'intégrité de la biosphère

Cette limite planétaire représente la biodiversité à l'échelle globale et est définie par deux sous-limites : la *diversité génétique* et la *diversité fonctionnelle*[8].

La première représente la variété d'espèces biologiques, en chute libre depuis l'entrée dans la *Grande Accélération*, avec un taux de disparition des espèces de dizaines à un millier[15-16] de fois supérieur au taux estimé des 10 derniers millions d'années[17]. Cela place cette sous-limite planétaire dans la zone de risque élevé, au-delà de la zone d'incertitude (Figure 2[8]). Actuellement, 25 % des espèces d'animaux et de végétaux recensées sont menacées d'extinction[17]. Non seulement des espèces disparaissent à un rythme possiblement sans précédent, mais le nombre d'individus par espèce diminue lui aussi massivement. Ce phénomène est exacerbé par une cascade de *co-extinctions* due à l'interdépendance des espèces[18]. La perte de populations biologiques et des écosystèmes menacent directement l'équilibre du système Terre. Ces phénomènes sont liés à la seconde sous-limite planétaire de l'intégrité de la biosphère : la *diversité fonctionnelle*. Elle représente la diversité des fonctions que différents groupes animaux ou végétaux remplissent au sein des écosystèmes et la manière dont ils influencent notamment leur stabilité et leur productivité. À ce jour celle-ci reste non quantifiée à l'échelle globale[8]. Pourtant, l'*Indice planète vivante 2020* indique une réduction moyenne de 68 % des populations d'animaux vertébrés entre 1970 et 2016 au niveau mondial et la biomasse (quantité de matière biologique) des mammifères sauvages a chuté de 82 % depuis la préhistoire[17,19]. Une étude menée en Allemagne conclut également à une diminution de la biomasse des insectes volants en zones protégées de 76 % entre 1989 et 2016[20]. Au niveau global, le taux de perte de biomasse des insectes est de 2,5 % par an et 41 % des espèces d'insectes sont actuellement en déclin[21].

Nous sommes entrés dans une *6e extinction biologique de masse*, dont le seuil de 75 % d'espèces vivantes perdues pourrait être atteint d'ici 250 ans[15,22]. Elle fait suite à celle du *Crétacé-Paléogène*, qui a mené à la

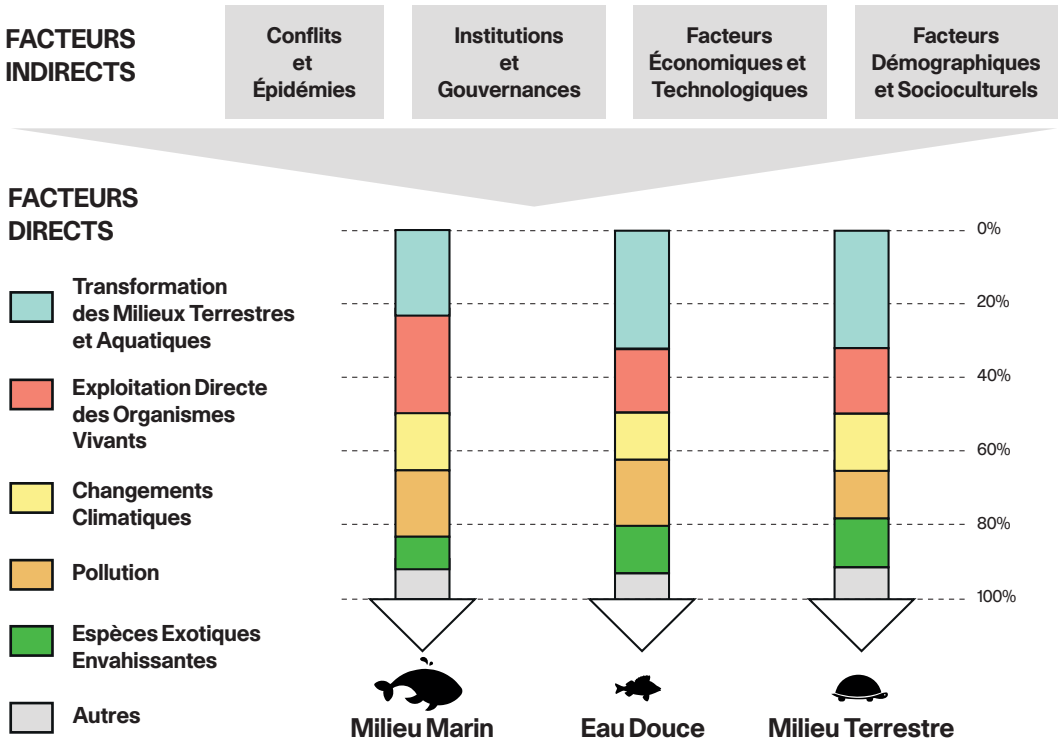


Figure 3. Facteurs directs (dégâts sur la nature) et indirects (activités humaines) responsables du recul global de la biodiversité. Les barres de couleur indiquent l'impact relatif de chaque facteur de dégradation de la biodiversité globale (en pourcentage), adaptée de la réf. [17]

disparition des dinosaures il y a 65 millions d'années[15]. À titre de comparaison, la plus importante *extinction biologique de masse*, il y a 252 millions d'années (*Permien-Trias*), a causé la disparition de 96 % des espèces sur une période allant de 60 000 ans à 2,8 millions d'années, probablement à un rythme de l'ordre de *10 extinctions par million d'espèces par année* (E/MSY en anglais), sous réserve de l'imprécision des données géologiques. Le rythme actuel est de 10 à 1 000 E/MSY, et possiblement supérieur selon les méthodes utilisées et les espèces étudiées[15]. Il serait même possible que l'extinction actuelle soit plus rapide que les cinq précédentes[15,23]. Le phénomène est tel que certains auteurs le décrivent comme une *annihilation biologique globale*[24]. Cette chute drastique de la biodiversité, qui s'accélère avec le temps, est la conséquence directe des activités humaines. Ses causes principales sont la destruction des habitats naturels et l'exploitation directe des organismes vivants sauvages, suivies par le changement

climatique, la pollution et la prolifération d'espèces exotiques envahissantes (Figure 3[17]).

L'érosion de la biodiversité a notamment un impact important sur les *services écosystémiques* (voir le chapitre 10 : Biodiversité et services écosystémiques pour les humains), dont l'efficacité diminue à mesure que la biodiversité et la santé des écosystèmes déclinent. Les écosystèmes nous fournissent en effet gratuitement une multitude de services qui sont indispensables à la vie humaine, comme la diversité et l'abondance alimentaire, la pollinisation des végétaux, une eau potable propre, la régulation du climat et des inondations, et parmi d'autres, une grande diversité de plantes médicinales et de molécules utiles au développement de la pharmacopée[17,25]. La valeur économique de ces services indispensables était estimée en 2011 à 125 trillions de dollars, soit près du double du PIB mondial[26]. La richesse de la biodiversité est par ailleurs un facteur de résilience important de ces écosystèmes face au changement climatique[27,28].

Les nouvelles entités

Cette limite planétaire traite de l'accumulation, à l'échelle globale, de nouvelles entités qui ont le potentiel de perturber les équilibres géophysiques et biologiques de la planète. Cela comprend les molécules n'existant pas à l'état naturel, les formes nouvelles de substances existant à l'état naturel, les formes de vie modifiées, ainsi que les entités présentes à l'état naturel mais dont la répartition géographique est modifiée par les activités humaines[8]. Il s'agit de molécules chimiques telles que les plastiques, les additifs, les médicaments issus de l'industrie pharmaceutique, les pesticides, les *polluants organiques persistants* (POP), les *perturbateurs endocriniens* (PE) (voir le chapitre 25), mais aussi des *organismes génétiquement modifiés* (OGM), les métaux lourds ou encore les déchets nucléaires, en tenant compte des effets durant tout le cycle de vie (de l'extraction à l'élimination) de ces substances et en incluant leurs coproduits et sous-produits[2,10].

L'industrie chimique est la seconde industrie manufacturière la plus productrice à l'échelle globale, avec une production annuelle multipliée par 50 depuis 1950, atteignant 92 milliards de tonnes de matières premières utilisées en 2017. On estime à 350 000 le nombre de substances chimiques échangées sur le marché global, dont seulement une fraction a fait l'objet d'analyse de risque[10].

La tendance est à une rapide augmentation de production des molécules existantes mais également du nombre de nouvelles molécules (70 000 nouvelles substances enregistrées depuis 2010)[10].

Cette limite planétaire est considérée comme franchie dès lors que la production et la diffusion annuelles de ces substances dans l'environnement dépassent les capacités d'évaluation des risques et de surveillance à l'échelle globale[10].

Actuellement, cette limite est largement dépassée, comme l'indique l'actuelle omniprésence des particules de plastiques dans tous les milieux terrestres et aquatiques, jusque dans les zones les plus reculées, comme les fonds marins[10].

L'accumulation des nouvelles entités menace l'équilibre global par sa contribution au rapprochement ou dépassement des autres limites planétaires. À titre d'exemple, l'usage massif de chlorofluorocarbones (CFC), notamment dans l'industrie de la réfrigération, a été responsable de la rapide dégradation de la couche d'ozone stratosphérique dans les années 1980[8]. L'utilisation toujours croissante de pesticides est une menace pour la biodiversité, tout comme l'accumulation de particules de plastiques, de PE ou de POP[8,29]. Les nouvelles entités issues notamment du secteur électronique, allant des déchets miniers jusqu'aux produits usagés mis en décharge, modifient quant à elles durablement les milieux terrestres, empoisonnent l'eau et détruisent les écosystèmes[30,31].

Compte tenu du caractère inédit des *nouvelles entités*, les effets de certaines substances ne peuvent être mesurés qu'une fois que celles-ci se sont accumulées à large échelle, alors qu'une partie importante d'entre elles aura des effets qui se poursuivront bien au-delà de l'arrêt de leur production. Compte tenu de la durée de vie très longue de certaines de ces substances (par exemple : métaux lourds, éléments radioactifs, plastiques), de l'accroissement constant des volumes produits et de l'ampleur du problème, le seul moyen tangible d'infléchir l'accélération des dégradations reste de restreindre drastiquement la production de ces nouvelles entités[10].

La transformation des milieux terrestres

La *transformation des milieux terrestres*, comme les forêts, les prairies, les zones humides, la toundra, la savane et autres, s'accélère avec les usages *anthropiques* (par l'humain) des terres et se rapproche de la zone à haut risque (Figure 1). Les causes principales en sont l'agriculture, l'exploitation des ressources et l'urbanisation. Le rapport sur la biodiversité de l'IPBES publié en 2019 note que 75 % de la surface terrestre est altérée de manière significative, que la superficie mondiale forestière n'est plus qu'à 68 % de son niveau préindustriel et que seuls 13 % des zones humides recensées en 1700 existaient encore en l'an 2000[17]. La déforestation et la perte de

forêt primaire jouent un rôle important dans la *transformation des milieux terrestres*. Elles ont par ailleurs des interactions particulièrement importantes avec le *changement climatique* et avec le déclin de la biodiversité, puisque la déforestation participe de manière significative aux émissions de *gaz à effet de serre* (GES) et à la destruction des habitats.

Le changement climatique

Le *changement climatique* se caractérise notamment par une hausse de la température moyenne mondiale de surface du globe depuis les premières mesures en 1870, comptée en degré Celsius (°C) au-dessus de cette référence[32]. En décembre 2020, nous avions atteint une hausse de 1,2 °C par rapport à la température moyenne entre 1850 et 1900[33].

Le réchauffement climatique mesuré depuis la révolution industrielle est engendré par la libération de *gaz à effet de serre* (GES) dans l'atmosphère. Il est imputable sans équivoque aux activités humaines. Sa cause principale est la combustion d'énergies fossiles, suivie des émissions liées à

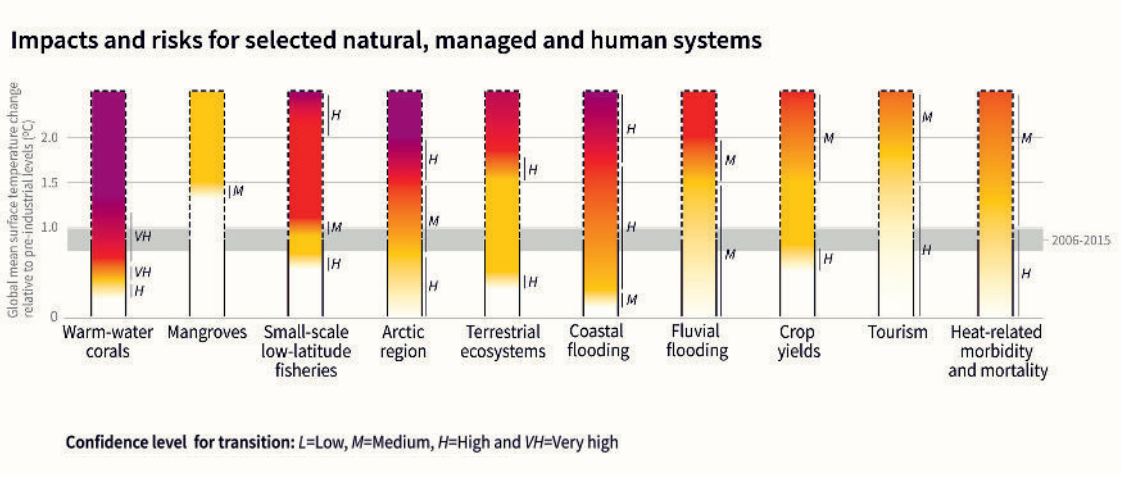


Figure 4. Exemples d'impacts et de risques associés aux systèmes naturels, gérés ou humains, en fonction de l'augmentation de la température globale. Extrait de la réf. [37] : *Figure RID.2, « Incidences et risques pour un certain nombre de systèmes naturels, gérés et humains », GIEC, 2018, résumé à l'intention des décideurs, Réchauffement planétaire de 1,5 °C, rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté*[38]. © IPCC

l'agriculture, à la déforestation et aux processus industriels (production de ciment, etc.[34]). Afin de limiter au maximum les risques liés au réchauffement climatique, l'accord de Paris, signé en 2015, fixe comme objectif de contenir l'élévation de la température bien en dessous de 2 °C et de faire le maximum pour la limiter à 1,5 °C[35]. Les conséquences d'un tel réchauffement seraient déjà très lourdes sur de nombreux milieux naturels, comme les écosystèmes marins, la région arctique, les montagnes, les régions côtières, mais également sur les sociétés humaines, avec entre autres une recrudescence des événements météorologiques extrêmes, une baisse des rendements agricoles et économiques, une augmentation des inégalités sociales et un impact majeur sur la santé[36]. La différence entre +1,5 °C et +2 °C sur les systèmes naturels et les sociétés humaines est majeure et non linéaire, et cela vaut également pour des niveaux de réchauffement plus élevés (Figure 4[37]).

Afin de limiter le réchauffement à 1,5 °C, le *Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* (GIEC/IPCC en anglais), organe scientifique sous l'égide des Nations unies, estime qu'il faudrait réduire drastiquement les émissions mondiales de CO_2 de 47 % d'ici 2030, par rapport aux émissions de 2010, et de 95 % d'ici 2050, pour atteindre zéro émission nette à cette date ou peu après[37].

Environ 56 % du CO_2 émis est réabsorbé assez rapidement par les écosystèmes terrestres et les océans, causant par ailleurs leur acidification, mais la fraction restante n'est éliminée de l'atmosphère que sur des durées allant de plusieurs centaines à plusieurs dizaines de milliers d'années[39]. C'est la raison pour laquelle tous les scénarios d'émissions analysés par les travaux du GIEC incluent la mise en place de systèmes de recapture et de stockage du CO_2 déjà émis. Ils montrent que plus nous tardons à réduire nos émissions, plus nous devrons investir dans ces moyens de recapture dans le but de ramener la hausse de température en dessous de 1,5 °C après dépassement[37]. Actuellement, l'efficacité et le potentiel de ces technologies sont loin d'être établis[40]. Le GIEC avertit d'autre part qu'un dépassement de 0,2 °C au-dessus de 1,5 °C de réchauffement avant 2100 serait potentiellement impossible à rattraper en raison de la difficulté à mettre en œuvre des technologies de recapture à une échelle suffisante[41].

Les chances de maintenir le réchauffement au-dessous de 1,5 °C s'amenuisent rapidement. Les émissions de GES cumulées jusqu'en 2020 correspondent au scénario le plus pessimiste utilisé par le GIEC (SSP5-8.5) et les politiques climatiques existantes à ce jour semblent mettre la planète sur une trajectoire située entre le scénario médian (SSP2-4.5) et l'un des scénarios à

hautes, voire très hautes, émissions (SSP3-7 et SSP5-8.5[42]). Selon le sixième rapport du GIEC, même le scénario le plus sobre (SSP1-1.9) dépasserait temporairement la limite des 1,5 °C de réchauffement mondial aux environs de 2030, avant de redescendre en dessous à la fin du siècle (Figure 5[43]).

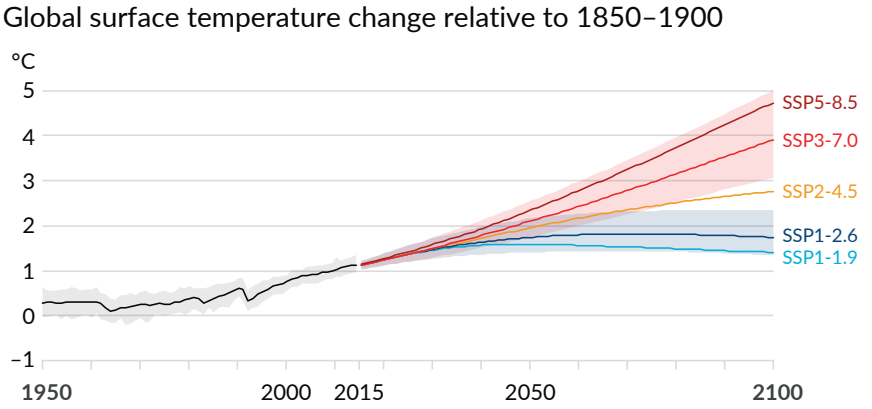


Figure 5. Augmentation projetée de la température globale de surface en fonction de différents scénarios socio-économiques, extraite de la réf. [43] : *Figure SPM.8 (a) from IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* © IPCC

De plus, le système climatique comprend un certain nombre de *boucles de rétroactions positives biogéophysiques*, caractérisées par un phénomène d'autoamplification[44]. Par exemple, la fonte des surfaces neigeuses entraîne une diminution de l'*albédo* (pouvoir réfléchissant des surfaces claires) qui augmente le réchauffement et accélère la fonte des glaces. Dépassé un certain seuil, appelé *points de bascule*, des phénomènes d'emballement irréversible se mettent en place et ne peuvent plus être arrêtés[44]. Ils auraient alors un impact extrêmement important sur l'évolution du climat planétaire[44,45]. Par exemple, une fonte abrupte des calottes glaciaires du Groenland (point de bascule probable autour de 1,5 °C de réchauffement global) entraînerait une modification rapide de la *circulation océanique méridienne de retournement atlantique* (AMOC en anglais), qui à son tour mènerait à une fonte de la *calotte glaciaire de l'Antarctique de l'Ouest* et un dépérissement rapide de la *forêt tropicale amazonienne*. Ce dernier, par le relargage de CO_2 dans l'atmosphère, augmenterait à son tour le réchauffement climatique et ainsi le déclin de la *forêt boréale*. Cette situation pourrait conduire à un dégel massif du *pergélisol* (sols gelés de façon permanente) qui libérerait de grandes quantités de GES, renforçant ainsi à nouveau le réchauffement

Figure 6. Les principaux points de bascule du système climatique, avec leur intervalle probable de franchissement, leurs interconnexions (non exhaustifs) et le risque d'*effet domino*, adaptés des réf. [44,45,47]

climatique, ainsi que tous les phénomènes précédents[44,45]. Cette réaction en chaîne, appelée *effet domino* (Figure 6), serait susceptible d'entraîner un emballement climatique incontrôlable, ce qui pourrait mener au scénario de *planète-étuve* (augmentation rapide et forte de la température mondiale) rendant la Terre inhabitable pour l'espèce humaine (Figure 7[44]).

Chaque *boucle de rétroaction* est déjà renforcée par le réchauffement actuel. Selon le sixième rapport d'évaluation du GIEC, ces *phénomènes à faible probabilité et haut impact* ne peuvent pas être exclus et doivent faire partie de l'évaluation des risques[43]. Si celui-ci note qu'il existe aujourd'hui peu de preuves que cela puisse arriver à l'échelle globale au cours de ce siècle, certaines publications font état de signes avant-coureurs tangibles de tels changements abrupts et considèrent que le risque d'atteindre certains *points de bascule* est déjà présent à +1 °C de réchauffement mondial et devient élevé autour de +2 °C[44]. Dans ce sens, une récente étude fait état

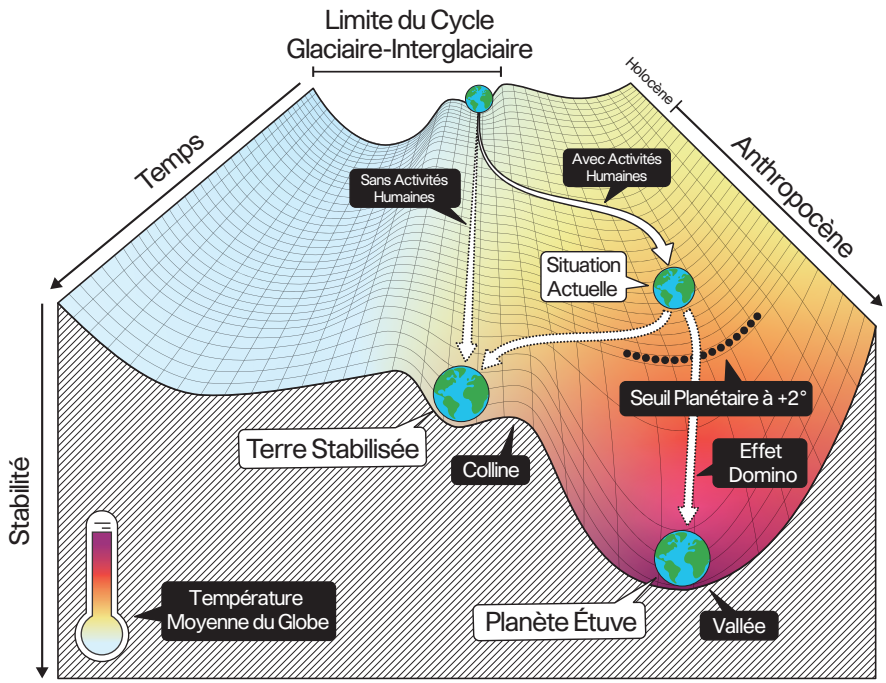


Figure 7. « Paysage de stabilité » montrant la trajectoire du système Terre hors de l'*Holocène*, et donc hors du cycle glaciaire-interglaciaire, jusqu'à sa position actuelle dans l'*Anthropocène*, au climat plus chaud. *Une bifurcation est représentée ici entre deux trajectoires possibles et divergentes du système Terre dans le futur (flèches pointillées). À l'heure actuelle, le système Terre suit une trajectoire menant à la* planète-étuve, *déterminée par les émissions humaines de gaz à effet de serre et la dégradation de la biosphère. Il se dirige vers le seuil d'environ 2 °C au-delà duquel cette trajectoire sera essentiellement irréversible et déterminée par des boucles de rétroactions biogéophysiques et l'*effet domino. *L'autre trajectoire est caractérisée par l'intendance humaine du système Terre pour le faire revenir et le maintenir dans un état stable aussi proche que possible des conditions de l'*Holocène. *Dans cette représentation, les systèmes dans un état hautement stable (vallée profonde) ont une faible énergie potentielle. Une énergie considérable est donc nécessaire pour les faire basculer vers un nouvel état de stabilité (autre vallée). Les systèmes dans un état instable (sommet d'une colline) ont une énergie potentielle élevée et il suffit d'un peu d'énergie supplémentaire pour les pousser hors de la colline et les faire descendre vers une vallée de stabilité. Adaptée de la réf.* [44]**.**

d'une perte quasi complète de stabilité de l'AMOC durant le xxe siècle et que celle-ci serait proche de son point de bascule[46].

L'eau verte

La limite planétaire de l'eau douce est scindée en deux sous-limites : l'*eau bleue* et l'*eau verte*.

La première représente la quantité maximale d'eau douce des cours d'eau, des lacs et des eaux souterraines que l'humanité peut consommer sans menacer l'état de stabilité que le système Terre a connu durant l'époque de l'*Holocène*. L'usage anthropique actuel d'*eau bleue* est de 2 600 km^3/an pour une limite estimée à 4 000 km^3/an. Cela signifie que nous nous situons encore sous le seuil de la zone d'incertitude à l'échelle globale, bien que cette sous-limite soit franchie dans de nombreux cas à l'échelle régionale[8,59].

La seconde, l'*eau verte*, représente les précipitations terrestres, l'évapotranspiration ainsi que l'humidité des sols nécessaires à la santé des écosystèmes, et plus largement celle de la biosphère, ainsi qu'au maintien d'un climat stable. La couverture végétale, et en premier lieu la forêt tropicale, joue un rôle central dans la régulation de l'eau verte, puisqu'elle permet de maintenir un certain niveau d'humidité des sols et de l'air, et contribue directement à la formation des précipitations. En raison de l'influence des activités humaines modernes industrialisées, la sous-limite associée à l'eau verte est considérée comme dépassée à l'échelle planétaire, avec environ 18 % des terres dépassant leur niveau de sécheresse ou d'humidité usuel (la limite étant fixée à 10 %). (Figure 2[11]). Elle est particulièrement affectée par trois phénomènes liés aux activités anthropiques.

La déforestation, pour commencer, entraîne une modification considérable de l'évapotranspiration par les végétaux et les sols, ainsi que la capture d'humidité par la canopée, ce qui réduit la quantité de précipitations et l'humidité des sols à petite et à grande échelle[11,60,61,62]. L'agriculture et les pâturages, ensuite, recouvrent près de la moitié des terres non gelées du globe. L'irrigation massive des cultures augmente l'évaporation et influence le cycle de l'eau jusqu'à perturber le régime des moussons. Par ailleurs, l'augmentation de l'humidité de l'air induite par l'irrigation peut, lors de fortes vagues de chaleurs, menacer la survie des populations humaines par dépassement des limites physiologiques de thermorégulation du corps humain[11,63,64]. Enfin, le *changement climatique* modifie la répartition spacio-temporelle des précipitations, notamment par un allongement des périodes sèches et une intensification des précipitations sur de courtes durées. Cela engendre une diminution de l'humidité des sols, ponctuée de dégradations directes (érosion des sols, glissements de terrains) et de ruissellement de surface lors de fortes précipitations. Ainsi, la

réduction d'eau disponible dans les sols entrave l'hydratation des végétaux par leur système racinaire. Elle menace directement la survie des végétaux et augmente leur vulnérabilité aux incendies, ce qui précipite la transformation des étendues de végétation en zones arides découvertes. Cette perte de couverture végétale contribue ensuite à son tour à la *transformation des milieux terrestres*, à la *dégradation de la biosphère* et au *changement climatique*[11].

Ces phénomènes suivent une trajectoire non linéaire face aux perturbations anthropiques. Cela signifie que ces dégradations peuvent augmenter considérablement même avec un léger dépassement supplémentaire de cette sous-limite. Cela s'explique notamment par l'atteinte de seuils (points de bascule : figure 6) non réversibles de changement d'état de la couverture végétale, comme la transformation de forêt tropicale humide en savane[11].

Les effets des perturbations du système Terre sur la santé humaine

Les perturbations du système Terre générées par l'activité de nos sociétés modernes ont un impact significatif sur la santé humaine. Elles menacent les déterminants les plus fondamentaux de la santé tels que l'accès à une température atmosphérique compatible avec la physiologie humaine, un air sain, de l'eau propre et une alimentation saine et en quantité suffisante, ainsi qu'un cadre environnemental et social préservé et sécuritaire.

Selon l'OMS, le changement climatique est la plus grande menace pour la santé à laquelle l'humanité est confrontée[48] (voir le chapitre 17 : Impact global du dérèglement climatique sur la santé). Le rapport du *Lancet Countdown* 2020[36] en dresse un état des lieux. Il décrit une augmentation des vagues de chaleur, des feux de forêts, des sécheresses, des inondations, des phénomènes météorologiques extrêmes et l'élévation du niveau des mers, et les répercussions majeures que ceux-ci ont sur la santé des populations actuelles et futures. Il rapporte une augmentation des stress thermiques et hydriques, des maladies cardiovasculaires et pulmonaires et encore des maladies infectieuses comme le choléra, la malaria et la dengue. Le changement climatique réduit les moyens de subsistance des populations, avec une diminution des récoltes et des ressources halieutiques, responsables d'une hausse des cas de dénutrition et de malnutrition. Dans ce sens, le GIEC prévoit un risque élevé de chocs alimentaires périodiques au niveau régional dès 1,4 °C de réchauffement ainsi qu'une perturbation profonde

de l'approvisionnement alimentaire au niveau mondial dès 2,4 °C dans l'hypothèse d'un système alimentaire inchangé[49,50].

Le rapport du *Lancet Countdown* 2020 décrit encore l'augmentation des catastrophes naturelles, des conflits, des migrations et de leurs conséquences sur la santé physique et mentale[36].

Conjointement au changement climatique, le mode de vie moderne impacte la santé humaine par d'autres voies, notamment en raison de la sédentarisation, des habitudes alimentaires déséquilibrées et parmi d'autres des effets directs de la pollution. Cela a conduit à l'émergence et à l'expansion de nombreuses *maladies non transmissibles* (MNT), dont les maladies cardiovasculaires, l'obésité, le diabète, l'asthme et autres maladies pulmonaires chroniques, certaines maladies rénales ou encore de nombreux cancers et pathologies mentales. Les MNT sont responsables de 40,5 millions de morts prématurées par an, soit 71 % de la mortalité mondiale (2016), dont 42 % surviennent avant l'âge de 70 ans[51]. En Suisse, 80 % du budget de la santé est alloué aux MNT, soit près de 50 milliards de francs suisses en 2013[52].

À elle seule, la pollution d'origine humaine est responsable d'environ 9 millions de morts prématurées par an (2015) au niveau mondial[53].

La perte de biodiversité et l'affaiblissement des services écosystémiques nuisent aussi gravement à la santé humaine. Ils conduisent entre autres à la dégradation de la qualité de l'eau potable et à la baisse de production alimentaire, notamment par la perte des pollinisateurs, dont 75 % de l'agriculture dépend, par la dérégulation des ravageurs et par l'appauvrissement des sols en nutriments et en microfaune. L'érosion de la biodiversité contribue également à la diminution des puits de carbone, qui tamponnent les émissions anthropogéniques (d'origine humaine) de carbone à hauteur de 5,6 Gt, mais aussi à l'augmentation des maladies infectieuses émergentes et réémergentes, et encore à la perte de représentations identitaires, culturelles, récréationnelles et spirituelles[17,54,55,56].

Conclusion

L'usage massif d'énergies fossiles et des technologies modernes industrielles a permis à l'humanité d'améliorer drastiquement ses indicateurs de développement, comme la démographie, l'éducation et la richesse matérielle. Mais l'impact de ce mode de vie sur le système Terre engendre une extinction massive de la biosphère, dérègle le climat et menace à

court terme l'habitabilité de la planète pour l'espèce humaine. La Terre est une sphère de dimension finie, et sa taille n'augmente pas à mesure que les sociétés humaines se développent. Elle ne peut donc pas fournir toujours davantage de ressources ni supporter les différentes perturbations de façon croissante et infinie. Les limites planétaires sont des barrières tangibles et non négociables, dont le dépassement, aujourd'hui déjà, a des conséquences dramatiques sur l'humanité et le reste du vivant. Celles-ci se manifesteront de façon croissante, voire exponentielle, en l'absence de changements radicaux de nos modes de production et de consommation. Le temps est donc compté pour rompre avec la *Grande Accélération* et rediriger l'ensemble du système Terre vers un état de stabilité similaire à celui qu'il a connu durant les douze derniers milliers d'années (*Holocène*). Les espèces éteintes sont perdues à jamais, mais les dégâts futurs peuvent être prévenus ou limités si nous agissons de façon efficace sur les causes profondes des dérèglements en cours, c'est-à-dire le modèle de civilisation extractiviste-productiviste-consumériste fondé sur la croissance économique et matérielle, qui conditionne les activités humaines modernes.

Nous avons fait l'expérience d'une réduction drastique de nos activités durant la pandémie de Covid-19, et avons observé une diminution rapide des émissions de GES. Malgré cela, les émissions de CO_2 de décembre 2020 ont été 2 % plus élevées que celles de décembre 2019, suite à la reprise des activités de production et de consommation nécessaires à l'économie[57].

Dans le modèle actuel, les quelques pays respectant l'ensemble des limites planétaires ne permettent pas à leur population de répondre à tous leurs besoins fondamentaux, alors que les pays couvrant ces besoins dépassent plusieurs des limites planétaires[58]. Un changement de paradigme de civilisation à l'échelle planétaire semble donc nécessaire pour réussir à ramener les activités humaines dans les limites écologiques de la planète et garantir les besoins fondamentaux nécessaires à la santé de toutes et tous dans l'espace et le temps. Cela implique une prise de conscience rapide des liens étroits existants entre problèmes écologiques et sanitaires, ainsi qu'une transition vers une conception de la santé plus englobante et prenant en compte l'ensemble de ses déterminants.

La perte de stabilité du système Terre semble incompatible avec les déterminants fondamentaux de la santé des populations humaines. Quant au système de santé moderne, il dépend intégralement du modèle de société qui est à l'origine de la *Grande Accélération*, notamment de la croissance

économique, de l'industrie et des échanges commerciaux globalisés. Il contribue donc lui-même au dépassement des *limites planétaires*, *via* les émissions de GES et la production de diverses pollutions[65]. Compte tenu de ces éléments, nous pouvons nous demander quelle santé et quel système de santé seraient possibles dans le respect des équilibres du système Terre.

Références bibliographiques

1. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
2. Rockström J, et al., « A Safe Operating Space for Humanity », Nature 2009 ; 461(7263) : 472-475. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1038/461472a.
3. Steffen W, et al., « The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration », The Anthropocene Review, 2015 ; 2(1) : 81-98. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1177/2053019614564785.
4. Reichel A, Perey R, « Moving beyond Growth in the Anthropocene », The Anthropocene Review, 2018 ; 5(3) : 242-249. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1177/2053019618799104.
5. Crutzen PJ, « The "Anthropocene" », Earth System Science in the Anthropocene, in Ehlers E, Krafft T (eds.), Berlin, Heidelberg: Springer, 2006, p. 13-18. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1007/3-540-26590-2_3.
6. « World Population since 10 000 BCE (Our World In Data series) », Our World in Data, consulté le 2 novembre 2021, https://ourworldindata.org/grapher/world-population-since-10000-bce-ourworldindata-series.
7. Roser M, Ritchie H, Ortiz-Ospina E, « World Population Growth », Our World in Data, 2013, accessible en ligne : https://ourworldindata.org/world-population-growth, consulté le 14.09.2022.
8. Steffen W, et al., « Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet », Science, 2015 ; 347(6223). Accessible en ligne : https://doi.org/10.1126/science.1259855.
9. Dubiau A, Boutaud A, Gondran N, Les Limites planétaires, La Découverte, 2020. Accessible en ligne : https://journals.openedition.org/lectures/43042.
10. Persson L, et al., « Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities », Environmental Science & Technology, 2022 ; 56(3) : 1510-1521. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158.
11. Lan Wang-Erlandsson et al., « A Planetary Boundary for Green Water », Nature Reviews Earth & Environment, 26 avril 2022, 1-13, https://doi.org/10.1038/s43017-022-00287-8.

12. Watson AJ, Lenton TM, Mills BJW, « Ocean Deoxygenation, the Global Phosphorus Cycle and the Possibility of Human-Caused Large-Scale Ocean Anoxia », Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 2017 ; 375(2102) : 20160318. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0318.
13. Diaz RJ, Rosenberg R, « Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems », Science, 2008 ; 321(5891) : 926-929. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1126/science.1156401.
14. Rampino M, Caldeira K, Prokoph A, « What Causes Mass Extinctions? Large Asteroid/Comet Impacts, Flood-Basalt Volcanism, and Ocean Anoxia—Correlations and Cycles », 2019. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1130/2019.2542(14).
15. Barnosky AD, « Transforming the Global Energy System Is Required to Avoid the Sixth Mass Extinction », MRS Energy & Sustainability, 2015 ; 2. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1557/mre.2015.11.
16. Pimm SL, et al., « The Biodiversity of Species and Their Rates of Extinction, Distribution, and Protection », Science, 2014 ; 344(6187) : 1246752. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1126/science.1246752.
17. Watson RT, et al., Le Rapport de l'évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques, résumé à l'intention des décideurs, IPBES, 2019 ; 60. Accessible en ligne : https://ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_fr.pdf.
18. Dunn RR, et al., « The Sixth Mass Coextinction: Are Most Endangered Species Parasites and Mutualists? », Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2009 ; 276(1670) : 3037-3045. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1098/rspb.2009.0413.
19. « Rapport Planète Vivante 2020 », WWF France, consulté le 21 octobre 2020, www.wwf.fr/rapport-planete-vivante.
20. Hallmann CA, et al., « More than 75 Percent Decline over 27 Years in Total Flying Insect Biomass in Protected Areas », PLoS One, 2017 ; 12(10) : e0185809. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809.
21. Sánchez-Bayo F, Wyckhuys KAG, « Worldwide Decline of the Entomofauna: A Review of Its Drivers », Biological Conservation, 2019 ; 232 : 8-27. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020.
22. Ceballos G, et al., « Accelerated Modern Human–Induced Species Losses: Entering the Sixth Mass Extinction », Science Advances, s. d., 1(5), e1400253. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253.
23. Barnosky AD, et al., « Has the Earth's Sixth Mass Extinction Already Arrived? », Nature, 2011, 471(7336) : 51-57. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1038/nature09678.

24. Ceballos G, Ehrlich PR, Dirzo R, « Biological Annihilation via the Ongoing Sixth Mass Extinction Signaled by Vertebrate Population Losses and Declines », Proceedings of the National Academy of Sciences, 2017 ; 114(30) : E6089-96. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114.
25. Newman DJ, Cragg GM, « Natural Products As Sources of New Drugs over the 30 Years from 1981 to 2010 », Journal of Natural Products, 2012 ; 75(3) : 311-335. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1021/np200906s.
26. Costanza R, et al., « Changes in the Global Value of Ecosystem Services », Global Environmental Change, 2014 ; 26 : 152-158. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.
27. Willis KJ, et al., « Biodiversity Baselines, Thresholds and Resilience: Testing Predictions and Assumptions Using Palaeoecological Data », Trends in Ecology & Evolution, Special Issue: Long-term ecological research, 2010 ; 25(10) : 583-591. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.07.006.
28. Oliver TH, et al., « Biodiversity and Resilience of Ecosystem Functions », Trends in Ecology & Evolution, 2015 ; 30(11) : 673-684. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.08.009.
29. Brühl CA, Zaller JG, « Biodiversity Decline as a Consequence of an Inappropriate Environmental Risk Assessment of Pesticides », Frontiers in Environmental Science, 2019 ; 7. Accessible en ligne : www.frontiersin.org/article/10.3389/fenvs.2019.00177.
30. Ferronato N, Torretta V, « Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019 ; 16(6) : 1060. Accessible en ligne : https://doi.org/10.3390/ijerph16061060.
31. « RP_SystExt_Controverses-Mine_VOLET-1_Nov2021_vf.pdf », consulté le 6 février 2022, www.systext.org/sites/all/documents/RP_SystExt_Controverses-Mine_VOLET-1_Nov2021_vf.pdf.
32. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
33. « NASA GISS: NASA News & Feature Releases: 2020 Tied for Warmest Year on Record, NASA Analysis Shows », consulté le 10 février 2021, www.giss.nasa.gov/research/news/20210114/.
34. www.c2es.org/content/international-emissions/, consulté le 6 février 2022.
35. https://unfccc.int/sites/default/files/french_paris_agreement.pdf, consulté le 29 octobre 2021.

36. Watts N, et al., « The 2020 Report of The Lancet Countdown on Health and Climate Change: Responding to Converging Crises », The Lancet, 2021 ; 397(10269) : 129-170. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32290-X.
37. Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner HO, Roberts D, Skea J, Shukla PR, Pirani A, Moufouma-Okia W, Péan C, Pidcock R, Connors S, Matthews JBR, Chen Y, Zhou X, Gomis MI, Lonnoy E, Maycock T, Tignor M, Waterfield T (eds), « Summary for Policymakers », in Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts Of Global Warming Of 1.5°C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty, IPCC, 2018, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 p.
38. Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner HO, Roberts D, Skea J, Shukla PR, Pirani A, Moufouma-Okia W, Péan C, Pidcock R, Connors S, Matthews JBR, Chen Y, Zhou X, Gomis MI, Lonnoy E, Maycock T, Tignor M, Waterfield T (eds), « Incidences et risques pour un certain nombre de systèmes naturels, gérés et humains », in Réchauffement planétaire de 1,5 °C. Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté. Résumé à l'intention des décideurs, GIEC, 2018, Organisation météorologique mondiale, Genève, Suisse, 32 p. « IPCC-Special-Report-1.5-SPM_fr.pdf », consulté le 25 février 2021, www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_fr.pdf.
39. Ciais, P., C. Sabine, G. Bala et al., 2013: Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
40. EASAC, Negative Emission Technologies: What Role in Meeting Paris Agreement Targets?, EASAC Policy Reports, 2018, n° 35, p. 1-45.
41. IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts,

J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-24. https://doi.org/10.1017/9781009157940.001.

42. Schwalm CR, Glendon S, Duffy PB, « RCP8.5 Tracks Cumulative CO_2 Emissions », Proceedings of the National Academy of Sciences 117, n° 33, 2020, 19656-57. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1073/pnas.2007117117.
43. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.
44. Steffen W, et al., « Trajectories of the Earth System in the Anthropocene », Proceedings of the National Academy of Sciences, 2018 ; 115(33) : 8252-8259. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115.
45. Lenton TM, et al., « Climate Tipping Points – Too Risky to Bet Against », Nature, 2019 ; 575(7784) : 592-595. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1038/d41586-019-03595-0.
46. Boers N, « Observation-Based Early-Warning Signals for a Collapse of the Atlantic Meridional Overturning Circulation », Nature Climate Change, 2021 ; 11(8) : 680-688. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1038/s41558-021-01097-4.
47. Wunderling, et al., « Interacting Tipping Elements Increase Risk of Climate Domino Effects under Global Warming », Earth System Dynamics, 2021 ; 12(2) : 601-619. Accessible en ligne : https://doi.org/10.5194/esd-12-601-2021.
48. www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health, consulté le 31 mai 2022
49. IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
50. Hurlbert, M., J. Krishnaswamy, E. Davin, F.X. Johnson, et al., 2019: Risk Management and Decision making in Relation to Sustainable Development. In: Climate Change and Land: an IPCC special report

on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.

51. Bennett JE, et al., « NCD Countdown 2030: Worldwide Trends in Non-Communicable Disease Mortality and Progress towards Sustainable Development Goal Target 3.4 », The Lancet, 2018 ; 392(10152) : 1072-1088. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31992-5.
52. Office fédéral de la santé publique OFSP, « Faits et chiffres : maladies non transmissibles », consulté le 26 février 2021, https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/zahlen-und-statistiken/zahlen-fakten-nichtuebertragbare-krankheiten.html.
53. Landrigan PJ, et al., « The Lancet Commission on Pollution and Health », The Lancet, 2018 ; 391(10119) : 462-512. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0.
54. World Health Organization, Convention on Biological Diversity (Organization), et United Nations Environment Programme, Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health: A State of Knowledge Review., 2015, http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/174012/1/9789241508537_eng.pdf?ua=1.
55. Intergovernmental Science-Policy Platform On Biodiversity And Ecosystem Services (IPBES), « Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) », Zenodo, 2020. Accessible en ligne : https://doi.org/10.5281/ZENODO.4147317.
56. Whitmee S, et al., « Safeguarding Human Health in the Anthropocene Epoch: Report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on Planetary Health », The Lancet, 2015 ; 386(10007) : 1973-2028. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1.
57. « Global Energy Review: CO_2 Emissions in 2020 – Analysis », IEA, consulté le 19 juin 2021, https://www.iea.org/articles/global-energy-review-co2-emissions-in-2020.
58. O'Neill DW, et al., « A Good Life for All within Planetary Boundaries », Nature Sustainability, 2018 ; 1(2) : 88-95. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4.
59. Gerten D et al., « Towards a Revised Planetary Boundary for Consumptive Freshwater Use: Role of Environmental Flow Requirements », Current Opinion in Environmental Sustainability, 2013 ; 5(6) : 551-558, https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.001. (www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877343513001498?via%3Dihub).
60. Snyder PK, Delire C, Foley JA, « Evaluating the Influence of Different Vegetation Biomes on the Global Climate », Climate Dynamics, 2004 ; 23(3) : 279-302, https://doi.org/10.1007/s00382-004-0430-0.

61. Snyder PK et al., « Analyzing the Effects of Complete Tropical Forest Removal on the Regional Climate Using a Detailed Three-Dimensional Energy Budget: An Application to Africa », Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2004 ; 109(D21), https://doi.org/10.1029/2003JD004462.
62. Wang-Erlandsson L et al., « Remote Land Use Impacts on River Flows through Atmospheric Teleconnections », Hydrology and Earth System Sciences, 2018 ; 22(8) : 4311-4328, https://doi.org/10.5194/hess-22-4311-2018.
63. Raymond C, Matthews T, Horton RM, « The Emergence of Heat and Humidity too Severe for Human Tolerance », Science Advances, 2020 ; 6(19) : eaaw1838, https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw1838.
64. Kang S, Eltahir EAB, « North China Plain Threatened by Deadly Heatwaves Due to Climate Change and Irrigation », Nature Communications, 2018 ; 9(1) : 2894, https://doi.org/10.1038/s41467-018-05252-y.
65. Romanello M et al., « The 2021 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Code Red for a Healthy Future », The Lancet, 2021 ; 398(10311) : 1619-1662, https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01787-6.

10 – Biodiversité et services écosystémiques pour les humains

Antoine Guisan, Pierre-Louis Rey, Nathan Külling et Anthony Lehmann

Introduction

Si la nature se dégrade sous l'action humaine depuis des siècles, comme déjà noté par des précurseurs de la conservation comme Alexander Von Humboldt, Henry David Thoreau ou George Perkins Marsh[1,2], cette détérioration s'est considérablement accélérée durant le début du XXe siècle[3], amenant, peu de temps après la Seconde Guerre mondiale, la création de nombreuses organisations œuvrant pour la protection de l'environnement telles que l'Union internationale de conservation de la nature (UICN, en 1948), le WWF (en 1961), ou plus récemment la Convention sur la biodiversité (CBD, en 1992[4]) et la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES, en 2012[5]). Bien que les premiers défenseurs de la nature (dont Pro Natura en Suisse dès 1909[6]) aient prôné le maintien de zones protégées de l'influence humaine, donnant naissance aux premiers parcs nationaux (1914 pour le Parc national suisse[6]), la dégradation de la nature n'a cependant jamais vraiment fléchi depuis[7-9], et cela même malgré certaines mesures récentes et efficaces de promotion de la biodiversité[10] (par exemple, surfaces de compensation écologique en agriculture[11]). Avec plus de la moitié des espèces et des types d'habitats menacés ou à risque de le devenir, la Suisse est aussi fortement touchée. On y observe notamment une diminution constante des effectifs de nombreuses populations, et une très grande fragmentation des écosystèmes[10].

Ce déclin constant et global a mené à la création du concept de « services écosystémiques » pour valoriser les services rendus par la nature aux humains et ainsi essayer de mieux justifier sa protection[12], avec l'idée centrale que cette protection est dans notre propre intérêt[13]. Cette mise en valeur de la nature s'est surtout faite initialement (vers la fin des années 1990 ; voir[14,15]) par le biais d'une « valorisation monétaire » basée sur l'économie[16], comme la production agricole grâce aux pollinisateurs[17], mais d'autres formes de valorisations ont été proposées par la suite, telles que socioculturelle[18], la nature pour elle-même[13] ou la nature comme base pour la santé humaine[19,20], de sorte qu'aujourd'hui on tend de plus en plus

à parler de « contribution de la nature pour l'humain » (*Nature's Contributions to People*, NCP[21,22]) comme de possibles « solutions basées sur la nature » (*nature-based solutions*) pour faire face aux problèmes environnementaux[23]. Nous utiliserons néanmoins ci-après le terme « services écosystémiques (SES) » car il reste le plus utilisé dans la littérature, dans leur classification officielle[24] et dans le nom même de l'IPBES.

Les services écosystémiques : de quoi parle-t-on ?

Les SES peuvent être définis comme le bien-être fourni par la nature pour l'humain[12] et ont été récemment synthétisés en un système international de classification (CICES) comprenant 84 unités réparties en 3 catégories[24]. On peut ainsi distinguer les **services d'approvisionnement/matériels** (par exemple, produits commercialisables tels que la nourriture, l'eau, le combustible, ou encore des produits inscrits dans la pharmacopée), les **services de régulation et de maintien** (qui permettent de modérer, de réguler les phénomènes naturels comme la qualité de l'air, l'érosion des sols ou encore les maladies infectieuses), et enfin les **services dits « culturels/non matériels »** (services intrinsèques que l'humanité peut tirer des écosystèmes grâce à un enrichissement spirituel pouvant être amené par exemple par le patrimoine, l'esthétisme d'un paysage ou l'éducation liée à l'environnement).

En 2011, la Suisse a établi son propre système de suivi pour estimer les bénéfices potentiels des SES sur son territoire[25]. Avec la création de l'IPBES en 2012[5], les SES deviennent une préoccupation globale que l'on doit traiter à l'échelle locale afin de promouvoir un avenir durable basé sur notre relation aux écosystèmes et à la biodiversité[26]. Les indicateurs proposés par la Suisse sur la base du CICES[24] servent alors de pilier pour l'évaluation des SES à l'échelle régionale ou locale[25], et soutiennent ainsi la mise en place de l'infrastructure écologique à l'échelle nationale (projet ValPar.CH[27]). Mais en raison même de la jeunesse de ce concept, il n'existe pas encore, à notre connaissance, d'étude nationale (voire internationale) ayant démontré les effets bénéfiques de promouvoir les SES pour protéger la biodiversité, et, par là même, notre bien-être.

Tableau 1. Table simplifiée des SES pertinents pour la Suisse, basée sur la classification CICES V5.1[24] mise à jour avec les dénominations de l'IPBES[21] dans le contexte du projet national ValPar.CH[27]

Section	Division et code source	Exemple de biens et de bénéfices	Classification Suisse	Exemple d'espèces
Services matériels (biotique)	Biomasse – 1.1.x.x	Nourriture, chauffage, soins	Santé/bien-être et prestations économiques	*Quercus robur*, *Picea abies*, *Vaccinium myrtillus*...
	Matériel génétique – 1.2.x.x	Sélections végétale, animale et biotechnologie	Prestations économiques	*Abies alba*, *Achillea atrata*...
Services matériels (abiotique)	Aquatique – 4.2.x.x	Eau potable, production d'énergie	Prestations économiques	—
	Non aquatique – 4.3.x.x	Extraction minière, production d'énergie (vent, soleil, pétrole, gaz, géothermique)	Prestations économiques	—
Services de régulation et de maintenance (biotique)	Transformation biochimique ou physique au sein de l'écosystème – 2.1.x.x	Médiation de déchets toxiques ou de nuisances anthropogéniques	Santé/bien-être et sécurité	*Agrostis stolonifera*, *Cerastium arvense*, *Lotus corniculatus*...
	Régulation chimique ou physique de conditions biologiques – 2.2.x.x	Limitation, contrôle des risques naturels, des maladies, des ravageurs, de la qualité de l'air, du sol et de l'eau	Santé/bien-être et sécurité	*Dendrocopos major*, *Nyctalus noctula*, *Populus tremula*, *Salix purpurea*...
	Maintien de la biodiversité et des écosystèmes 2.3.x.x	Assurer le maintien de la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes	Diversité biologique	*Rumex alpinus*, *Hordeum murinum*, *Lepus timidus*, *Lynx lynx*...

Section	Division et code source	Exemple de biens et de bénéfices	Classification Suisse	Exemple d'espèces
Services de régulation et de maintenance (abiotique)	Transformation biochimique ou physique au sein de l'écosystème – 5.1.x.x	Transformation des déchets ne pouvant être pris en charge par le cycle du vivant	Santé/bien-être et sécurité	—
	Régulation chimique ou physique de conditions biologiques – 5.2.x.x	Estimation des zones à risques nécessitant l'intervention de l'homme	Sécurité	—
Services non-matériels (biotique)	Interactions directes avec le système vivant et son environnement – 3.1.x.x	Découvertes physiques et spirituelles de l'environnement, tourisme	Santé/bien-être et prestations économiques	*Capra ibex*, *Aquila chrysaetos*...
	Interactions indirectes avec le système vivant et son environnement – 3.2.x.x	Création d'une cohésion sociale, d'un bien-être moral autour d'un même axe lié à l'environnement	Santé/bien-être et prestations économiques	*Leontopodium alpinum*, *Rupicapra rupicapra*...
Services non-matériels (abiotique)	Interactions directes avec le système vivant et son environnement – 6.1.x.x	Écotourisme et activités liées à des infrastructures humaines dans l'environnement	Santé/bien-être et prestations économiques	—
	Interactions indirectes avec le système vivant et son environnement – 6.2.x.x	Création d'une identité culturelle (par exemple : sommets, parcs remarquables)	Santé/bien-être et prestations économiques	—

La biodiversité, base des SES

Rappelons que les SES pour l'humain sont issus de la grande diversité des espèces vivantes – c'est-à-dire la biodiversité – et leurs interactions[28], qui composent et structurent les écosystèmes[28-30] et assurent leur fonctionnement[31,32]. Le maintien des SES dépend donc du fonctionnement des écosystèmes[32,33] qui, au vu de leur complexité[34], n'est *a priori* possible qu'en maintenant l'intégrité d'un maximum d'espèces et de milieux naturels[21,22]. Mais l'évaluation de la valeur des SES pour l'humain comprend en soi une composante socio-économique et juridique. La valorisation des SES comme argument de la protection de la nature nécessite donc *de facto* une coopération étroite entre sciences naturelles et humaines[35], qui apparaît de manière centrale dans le cadre conceptuel de l'IPBES[5].

Par exemple, une étude a identifié, pour le bas-canton du Valais en Suisse, près d'une centaine de plantes anciennement utilisées pour un usage nutritif ou médicinal mais plus utilisées aujourd'hui ou seulement de manière anecdotique[36]. Dès lors, les habitats qui les abritent ont un potentiel de SES, mais qui pourrait disparaître si les milieux ou les espèces sont modifiés ou dégradés, par exemple par les changements d'utilisation du sol[37,38] ou le climat[39-41]. Un regain d'intérêt culturel pour ces espèces pourrait contribuer à protéger les habitats qui les abritent. Une autre menace est la simple perte des connaissances concernant l'utilité de milliers d'espèces (voir[36] pour le Valais). Par exemple, en agriculture, seules quelques espèces sont exploitées de manière dominante (environ 12 espèces végétales et 5 espèces animales représentent 75 % de la consommation mondiale) au détriment de milliers d'espèces possibles[42,43]. À plus large échelle, une autre étude a montré l'importance de la diversité en espèces de vertébrés comme « SES » pour la régulation des espèces nuisibles (communément appelées « pestes »[39]). En cartographiant les espèces individuelles de vertébrés et leur diversité, il est donc théoriquement possible d'identifier : i) quelles régions d'Europe sont potentiellement les plus importantes pour limiter la propagation d'espèces nuisibles, et ainsi améliorer la production alimentaire et la santé ; et ii) quelles régions pourraient gagner ou perdre ce rôle dans le contexte des futurs changements climatiques[39].

Bien qu'aucune estimation chiffrée précise n'existe encore pour la Suisse du coût économique de la dégradation des SES, l'Union européenne estime que le montant annuel de la compensation des services écosystémiques perdus du fait de l'appauvrissement de la biodiversité s'élève à environ 4 % du produit intérieur brut (PIB) européen jusqu'en 2050[10]. Sur cette base, l'office fédéral de l'environnement conclu que « ne rien faire

coûterait plus cher que d'investir dès à présent dans une protection et une promotion efficaces de la biodiversité »[10]. Sur le plan juridique, également, en dehors des paiements pour surfaces de compensation en agriculture, les SES ne semblent pas encore être pris en compte dans les textes légaux, mais on peut espérer que l'adoption récente du plan d'action national pour la biodiversité[44] pourra induire des changements dans ce sens.

La cartographie des SES, une des bases de l'infrastructure écologique

Un enjeu de taille est ainsi de parvenir à cartographier les SES[33,45] pour permettre leur intégration – avec la biodiversité et les milieux protégés – dans les planifications de développement territorial[46-49]. La cartographie des écosystèmes et de leurs services, croisée avec la distribution des espèces et la connectivité du territoire, constitue ainsi la base de la cartographie des éléments du paysage assurant un rôle écosystémique important pour les sociétés humaines, ce qu'on appelle aujourd'hui l'infrastructure écologique (ou verte[48,50]). Le paysage lui-même et son évolution sont cependant sous forte influence anthropique. Cela implique que de nombreux facteurs socio-économiques soient pris en compte dans la cartographie de l'infrastructure écologique actuelle (par exemple, les types d'utilisation du sol influencent la distribution des espèces[48]) mais également future (par exemple, des scénarios socio-économiques sont à la base des modèles de changement du climat ou de l'utilisation du sol[50,51]). En Suisse, le développement et le maintien d'une telle infrastructure écologique sont l'un des dix objectifs stratégiques de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV[52,53]) dans le contexte de la stratégie et du plan d'action suisse pour la biodiversité[44].

Ce type d'approche, combinant SES, biodiversité, et scénarios d'aménagement du territoire, a par exemple été utilisé pour cartographier le potentiel d'une infrastructure verte couvrant 30 % du canton de Genève d'ici 2030[48] (Figure 1A). Elle tend à inclure naturellement les zones déjà protégées, et cherche à trouver le meilleur compromis assurant des SES fonctionnels tout en conservant les espèces, milieux et structures paysagères les plus importants. Une approche similaire a également été utilisée pour évaluer les contributions relatives et les potentiels conflits entre la conservation de la biodiversité (par exemple, des espèces rares et menacées) et le maintien de certains SES (par exemple, production de bois) pour l'identification de zones de protection prioritaires dans les Alpes (Figure 1B[46]), montrant qu'un poids trop important accordé aux SES pouvait être préjudiciable à

la protection de la biodiversité. Cette idée de compromis à trouver entre SES d'une part et biodiversité et milieux protégés d'autre part est un débat central en conservation[47] et constitue un axe clé du nouveau projet national ValPar.CH visant à cartographier l'infrastructure fonctionnelle en Suisse et dans des parcs régionaux d'importance nationale, aujourd'hui et dans un futur transformé (https://valpar.ch[27]). La complexité réside dans la nécessité de modéliser à la fois les scénarios futurs de changements environnementaux et du paysage, et de les utiliser pour prédire comment ceux-ci pourraient affecter la distribution des espèces et des écosystèmes, comme illustré pour les Alpes vaudoises en Suisse[51], et donc de l'infrastructure écologique et des SES que celle-ci devrait assurer[46]. Cela nécessite de modéliser les espèces individuelles[54] et de voir comment les changements de leur distribution pourraient affecter le maintien des services[39,46,55], mais également de développer des scénarios plausibles de changements climatiques et de l'utilisation du territoire[56]. Ces développements impliquent donc une étroite coopération entre sciences humaines et naturelles, mais également avec tous les acteurs privés et publics impliqués dans les décisions pouvant mener à différentes trajectoires possibles de nos sociétés, certainement au-delà de ce qui a jusque-là été réalisé.

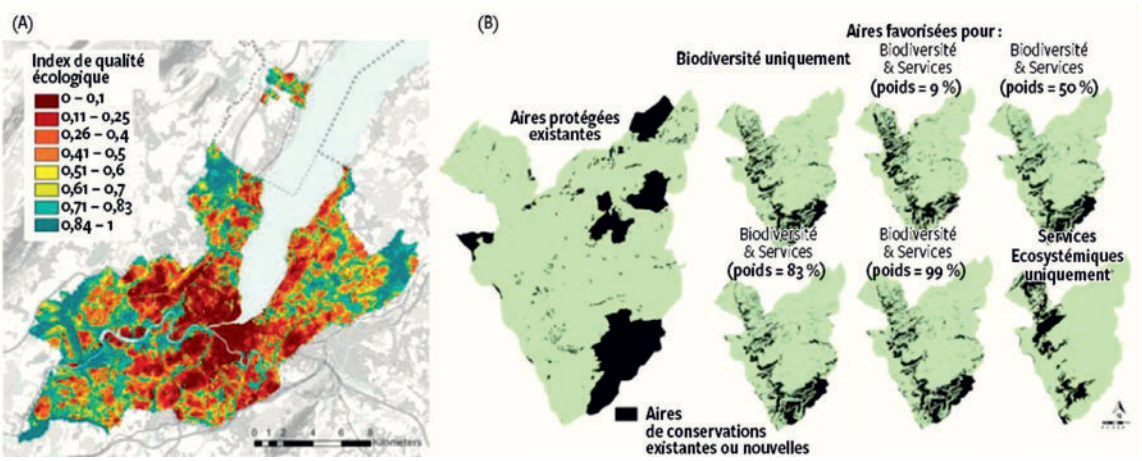


Figure 1. (A) Cartographie de l'infrastructure écologique du canton de Genève sur la base de SES, de composants clés de la biodiversité et de leur connectivité[48] ; et (B) Priorisation d'aires de protection hypothétiques dans les Alpes vaudoises basée sur la combinaison de cartes de distribution d'espèces (plantes, insectes, reptiles, amphibiens) et de différents types de SES (le poids indiqué correspond à celui donné aux SES[46])

Liens entre les espèces, les SES et la santé

La biodiversité et nombre de SES ont également un effet sur le bien-être et la santé humaine. À l'origine, l'appropriation par l'humain de son environnement a eu pour effet de diminuer les risques sanitaires liés à la nature (« mauvais services », *ecosystem disservices*[57]), comme les risques de blessures, de maladies, de mauvaise alimentation, les dangers naturels dus à la faune, la flore et au climat. Paradoxalement, les sociétés développées et urbanisées reconnaissent désormais l'effet positif de la nature et ses SES sur la santé physique et mentale. En effet, les travaux réalisés initialement sur les SES s'intéressaient principalement aux processus biophysiques[58], or de nombreuses études mettent maintenant en avant le rôle de la nature et de la biodiversité pour le bien-être humain[59] et le coût économique et de santé publique que pourrait avoir une diminution de la biodiversité dans le contexte de modifications du territoire et de changement climatique[60]. Le lien entre les SES et la santé physique et mentale a rarement été démontré expérimentalement, mais un nombre grandissant de corrélations exposent les avantages que la nature fournit à la santé[20,61]. Par exemple, l'exposition à une grande diversité microbienne dans l'enfance a été liée à une diminution de maladies respiratoires et d'allergies[62], et il a récemment été montré que l'accès aux espaces verts est bénéfique pour la santé mentale[63], et que la biodiversité elle-même est un facteur favorable[63-65], comme clairement démontré pour les forêts[61]. Similairement, l'effet bénéfique que procure une vue sur la nature pour la convalescence des patients d'hôpital a été montré dès la fin du XXe siècle[66]. Les différentes études sur le sujet mettent ainsi toutes en avant la nécessité d'approfondir les connaissances des liens entre les SES, la biodiversité, l'environnement et la santé, et soulignent le manque de compréhension du lien fonctionnel entre ceux-ci. Cette nécessité a engendré la naissance d'entités comme le *Lancet Countdown* sur les questions de changement climatique[67], et la commission *Lancet One Health* qui prône l'amélioration de la santé générale dans un environnement partagé par les humains et la biodiversité, mettant en lumière l'importance synergétique d'allier la santé humaine, animale et environnementale[68].

Perspectives

Un des enjeux de la recherche sur les SES et la biodiversité est donc de dépasser les services proprement quantifiables pour inclure aussi l'importance des SES non – ou moins facilement – quantifiables, comme ceux améliorant la qualité de vie humaine par le maintien d'un environnement

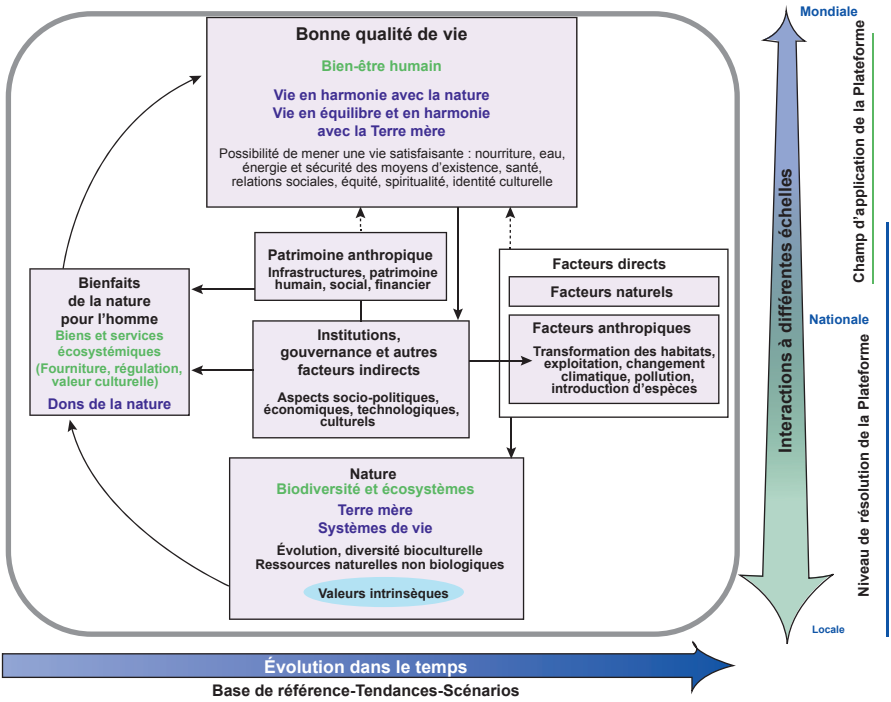


Figure 2. Le schéma conceptuel de l'IPBES intégrant la nature et leurs services et autres contributions dans une vision globale du fonctionnement des sociétés humaines. Reproduit de « Cadre conceptuel analytique de l'IPBES adopté lors de la deuxième session plénière (2013) ». Auteure : AgnesHa. CC-BY-SA-4.0 commons.wikimedia.org

sain et d'écosystèmes fonctionnels[7] et de mieux intégrer les SES – y compris ceux concernant la santé humaine – dans la gestion du territoire et des ressources[21]. Cette intégration nécessite cependant plus que jamais de prendre en compte les résultats de différentes approches et disciplines scientifiques dans les politiques publiques visant à mieux protéger ou restaurer la nature pour atteindre les objectifs de durabilité des Nations unies, comme illustré par le concept de « Nexus »[69]. En effet, comme vu précédemment, trop favoriser un SES en particulier peut l'être au détriment d'un autre ou de la biodiversité[46]. Il est donc important d'adopter des approches intégrant de multiples dimensions et surtout leurs interactions – dont la gestion des ressources, la planification du paysage, le maintien des écosystèmes et leurs services, et l'établissement de réserves – dans une vision future globale et intégrée de nos sociétés et de leur fonctionnement et gouvernance[70], comme proposé dans le schéma conceptuel de

l'IPBES (Figure 2[5]). Prendre une telle direction, impliquant plusieurs disciplines des sciences naturelles et humaines, nécessitera plus que jamais le soutien d'une science forte pour informer au mieux les acteurs et décideurs impliqués dans ce virage sociétal, notamment pour permettre une prise en compte informée de la complexité des défis environnementaux auxquels nous faisons face.

Références bibliographiques

1. Deléage J-P, Histoire de l'écologie. Une science de l'homme et de la nature, Paris, La Découverte, 1991.
2. Wulf A, L'Invention de la nature, Paris, Les Éditions Noir sur Blanc, 2017.
3. Deléage J-P, Histoire de l'écologie. Une science de l'homme et de la nature, Paris, La Découverte; 1991.
4. Dumoulin D, Rodary E, « Les ONG, au centre du secteur mondial de la conservation de la biodiversité », in Aubertin C (éd.), Représenter la nature ? ONG et biodiversité, Paris, IRD Éditions, Objectifs Suds, 2013 : 210.
5. Diaz S, Demissew S, Carabias J, et al., « The IPBES Conceptual Framework – Connecting Nature and People », Current Opinion in Environmental Sustainability, 2015 ; 14 : 1-16.
6. Wirz T, « 100 Jahre für die Natur », Die Stimme der Natur, 2009 ; 123 : 82.
7. WWF, Rapport Planète Vivante. 2018 : Soyons ambitieux, Gland, Suisse, 2018.
8. Di Marco M, Venter O, Possingham HP, Watson JEM, « Changes in Human Footprint Drive Changes in Species Extinction Risk », Nature Communications, 2018 ; 9 : 4621.
9. Mace GM, Barrett M, Burgess ND, et al., « Aiming Higher to Bend the Curve of Biodiversity Loss », Nature Sustainability, 2018 ; 1 : 448-451.
10. Biodiversité en Suisse : état et évolution. Synthèse des résultats de la surveillance de la biodiversité. État : 2016, Berne, Office fédéral de l'environnement, 2017.
11. Buri P, Arlettaz R, Humbert JY, « Delaying Mowing and Leaving Uncut Refuges Boosts Orthopterans in Extensively Managed Meadows: Evidence Drawn from Field-Scale Experimentation », Agriculture, Ecosystems & Environment, 2013 ; 181 : 22-30.
12. Reid WV, Mooney HA, Cropper A, et al., Ecosystems & Human Well-Being – Synthesis: A Report of the Millennium Ecosystem Assessment, Washington D.C., Island Press, 2005.
13. Mace GM, « Whose Conservation? », Science, 2014 ; 345 : 1558-1560.
14. Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al., « The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital », Nature, 1997 ; 387 : 253-260.
15. Daily GC, Soderqvist T, Aniyar S, et al., « Ecology. The Value of Nature and the Nature of Value », Science, 2000 ; 289 : 395-396.

16. Brander LM, Crossman ND, « Economic Quantification », in Burkhard B, Maes J (eds.), Mapping Ecosystem Services. Sofia, Bulgaria, Sofia, Pensoft, 2017 : 113-123.
17. Melathopoulos AP, Cutler GC, Tyedmers P, « Where is the Value in Valuing Pollination Ecosystem Services to Agriculture? », Ecological Economics, 2015 ;109 : 59-70.
18. Santos-Martin F, Kelemen E, Garcia-Llorente M, et al., « Socio-Cultural Valuation Approaches », in Burkhard B, Maes J (eds.), Mapping Ecosystem Services, Sofia, Pensoft, 2017 : 102-112.
19. Corvalán C, Hales S, McMichael AJ, Ecosystems and Human Well-Being: Health Synthesis, the Millennium Ecosystem Assessment, World Health O, Geneva, World Health Organization, 2005, report No.: 9241563095.
20. Sandifer PA, Sutton-Grier AE, Ward BP, « Exploring Connections Among Nature, Biodiversity, Ecosystem Services, and Human Health and Wwell-Being: Opportunities to Enhance Health and Biodiversity Conservation », Ecosystem Services, 2015 ; 12 : 1-15.
21. IPBES, The IPBES Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Europe and Central Asia, Bonn, Germany, Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2018.
22. IPBES, Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany, Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019.
23. Cohen-Shacham E, Walters G, Janzen C, Maginnis S (eds.), Nature-based Solutions to Address Global Societal Challenges, Gland, International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), 2016.
24. Haines-Young R, Potschin MB, « Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure », 2018. Accessible en ligne : CICES, www.cices.eu.
25. Staub C, Ott W, Heusi F, et al., Indicateurs pour les biens et services écosystémiques. Systématique, méthodologie et recommandations relatives aux informations sur l'environnement liées au bien-être, Berne, Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2011.
26. Ruckelshaus MH, Jackson ST, Mooney HA, et al., « The IPBES Global Assessment: Pathways to Action », Trends in Ecology and Evolution, 2020 ; 35 : 407-414.
27. Reynard E, Grêt-Régamey A, Keller R, « The Project ValPar.CH – Assessing the Added Value of "Ecological Infrastructure" in Swiss Parks », Eco.mont, 2021 ; 13 : 64-68.
28. Cardinale BJ, Duffy JE, Gonzalez A, et al., « Biodiversity Loss and its Ompact on Humanity », Nature, 2012 ; 486 : 59-67.

29. Balvanera P, Siddique I, Dee L, et al., « Linking Biodiversity and Ecosystem Services: Current Uncertainties and the Necessary Next Steps », BioScience, 2014 ; 64 : 49-57.
30. Harrison PA, Berry PM, Simpson G, et al., « Linkages between Biodiversity Attributes and Ecosystem Services: A Systematic Review », Ecosystem Services, 2014 ; 9 : 191-203.
31. Chapin FS, Sala OE, Burke IC, et al., « Ecosystem Consequences of Changing Biodiversity – Experimental Evidence and a Research Agenda for the Future », BioScience, 1998 ; 48 : 45-52.
32. Isbell F, Cowles J, Dee LE, et al., « Quantifying Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning Across Times and Places », Ecology Letters, 2018 ; 21 : 763-778.
33. Ceausu S, Apaza-Quevedo A, Schmid M, et al., « Ecosystem Service Mapping Needs to Capture More Effectively the Biodiversity Important for Service Supply », Ecosystem Services, 2021 ; 48.
34. Perino A, Pereira HM, Navarro LM, et al., « Rewilding Complex Ecosystems », Science, 2019 ; 364.
35. Jetzkowitz J, Van Koppen CSA, Lidskog R, Ott K, Voget-Kleschin L, Wong CML, « The Significance of Meaning. Why IPBES Needs the Social Sciences and Humanities », Innovation: The European Journal of Social Science Research, 2018 ; 31 : S38-S60.
36. Abbet C, Mayor R, Roguet D, Spichiger R, Hamburger M, Potterat O, « Ethnobotanical Survey on Wild Alpine Food Plants in Lower and Central Valais (Switzerland) », Journal of Ethnopharmacology, 2014 ; 151 : 624-634.
37. Metzger MJ, Rounsevell MDA, Acosta-Michlik L, Leemans R, Schrotere D, « The Vulnerability of Ecosystem Services to Land use Change », Agriculture Ecosystems & Environment, 2006 ; 114 : 69-85.
38. Lavorel S, Grigulis K, Leitinger G, Kohler M, Schirpke U, Tappeiner U, « Historical Trajectories in Land Use Pattern and Grassland Ecosystem Services in Two European Alpine Landscapes », Regional Environmental Change, 2017 ; 17 : 2251-2264.
39. Civantos E, Thuiller W, Maiorano L, Guisan A, Araujo MB, « Potential Impacts of Climate Change on Ecosystem Services in Europe: the Case of Pest Control by Vertebrates », BioScience, 2012 ; 62 : 658-666.
40. Egan PA, Price MF, « Mountain Ecosystem Services and Climate Change: A Global Overview of Potential Threats and Strategies for Adaptation », UNESCO, 2017.
41. Mooney H, Larigauderie A, Cesario M, et al., « Biodiversity, Climate Change, and Ecosystem Services », Current Opinion in Environmental Sustainability, 2009 ; 1 : 46-54.
42. Khoury CK, Bjorkman AD, Dempewolf H, et al., « Increasing Homogeneity in Global Food Supplies and the Implications for Food Security », Proceedings of the National Academy of Sciences, 2014 ; 111 : 4001–4006.

43. FAO, « What is happening to biodiversity? », 1999. Accessible en ligne : http://www.fao.org/3/y5609e/y5609e02.htm.
44. Plan d'action du Conseil fédéral. Plan d'action Stratégie Biodiversité Suisse, Berne, Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2017.
45. Burkhard B, Maes J (eds.), Mapping ecosystem services, Sofia, Pensoft, 2017.
46. Ramel C, Rey PL, Fernandes R, et al., « Integrating Ecosystem Services within Spatial Biodiversity Conservation Prioritization in the Alps », Ecosystem Services, 2020 ; 45 : 101186.
47. Maes J, Paracchini ML, Zulian G, Dunbar MB, Alkemade R, « Synergies and Trade-Offs between Ecosystem Service Supply, Biodiversity, and Habitat Conservation Status in Europe », Biological Conservation, 2012 ; 155 : 1-12.
48. Honeck EC, Moilanen A, Guinaudeau B, et al., « Implementing Green Infrastructure for the Spatial Planning of Peri-Urban Areas in Geneva, Switzerland », Sustainability, 2020 ; 12 : 1387.
49. Maes J, Hauck J, Paracchini ML, et al., « Mainstreaming Ecosystem Services into EU Policy », Current Opinion in Environmental Sustainability, 2013 ; 5 : 128-134.
50. Honeck E, Sanguet A, Schlaepfer MA, Wyler N, Lehmann A, « Methods for Identifying Green Infrastructure », SN Applied Sciences, 2020 ; 2.
51. Vincent C, Fernandes RF, Cardoso AR, et al., « Climate and Land-Use Changes Reshuffle Politically-Weighted Priority Areas of Mountain Biodiversity », Global Ecology Conservation, 2019 ; 17.
52. FOEN, Swiss Biodiversity Strategy, Bern, Federal Office of the Environment, 2012.
53. FOEN, Action Plan for the Swiss Biodiversity Strategy, Bern, Federal Office of the Environment, 2017.
54. Guisan A, Thuiller W, Zimmermann NE, Habitat Suitability and Distribution Models, Cambridge, Cambridge University Press, 2017.
55. Schweiger O, « Climate change – Novel Communitieses, Altered Interactions, Affected Ecosystem Services », Alparc, 2010 : 71.
56. Harrison PA, Harmackova ZV, Karabulut AA, et al., « Synthesizing Plausible Futures for Biodiversity and Ecosystem Services in Europe and Central Asia Using Scenario Archetypes », Ecology and Society, 2019 ; 24.
57. Campagne CS, Roche PK, Salles JM, « Looking into Pandora's Box: Ecosystem Disservices Assessment and Correlations with Ecosystem Services », Ecosystem Services, 2018 ; 30 : 126-136.
58. Bratman GN, Hamilton JP, Daily GC, « The Impacts of Nature Experience on Human Cognitive Function and Mental Health: Nature Experience, Cognitive Function, and Mental Health », Annals of the New York Academy of Sciences, 2012 ; 1249 : 118-136.
59. Myers SS, Gaffikin L, Golden CD, et al., « Human health impacts of ecosystem alteration », Proceedings of the National Academy of Sciences, 2013 ; 110 : 18753-18760.

60. Clark NE, Lovell R, Wheeler BW, Higgins SL, Depledge MH, Norris K, « Biodiversity, Cultural Pathways, and Human Health: A Framework », Trends in Ecology and Evolution, 2014 ; 29 : 198-204.
61. FAO, Forests for Human Health and Well-Being. Strengthening the Forest–Health–Nutrition Nexus, Roma, Forest and Agriculture Organization (FAO), 2020.
62. Ege MJ, Mayer M, Normand A-C, et al., « Exposure to Environmental Microorganisms and Childhood Asthma », New England Journal of Medicine, 2011 ; 364 : 701-709.
63. Methorst J, Bonn A, Marselle M, Bohning-Gaese K, Rehdanz K, « Species Richness is Positively Related to Mental Health? A Study for Germany », Landscape Urban Plan, 2021 ; 211.
64. Fuller RA, Irvine KN, Devine-Wright P, Warren PH, Gaston KJ, « Psychological Benefits of Greenspace Increase with Biodiversity », Biology Letters, 2007 ; 3 : 390-394.
65. Carrus G, Scopelliti M, Lafortezza R, et al., « Go greener, Feel Better? The Positive Effects of Biodiversity on the Well-Being of Individuals Visiting Urban and Peri-Urban Green Areas », Landscape Urban Plan, 2015 ; 134 : 221-228.
66. Ulrich R, « View through a Window may Influence Recovery from Surgery », Science, 1984 ; 224 : 420-421.
67. Watts N, Adger WN, Ayeb-Karlsson S, et al., « The Lancet Countdown: Tracking Progress on Health and Climate Change », The Lancet, 2017 ; 10074 : 1151-1164.
68. Amuasi JH, Lucas T, Horton R, Winkler AS, « Reconnecting for our future: The Lancet One Health Commission », The Lancet, 2020 ; 395 : 1469-1471.
69. Liu JG, Hull V, Godfray HCJ, et al., « Nexus Approaches to Global Sustainable Development », Nature Sustainability, 2018 ; 1 : 466-476.
70. Harrison PA, Hauck J, Austrheim G, et al., « Chapter 5: Current and Future Interactions between Nature and Society », in services SotIS-PPoB, Ecosystem, Scientific Editors : Rounsevell M FMT-MRAMA (eds.), IPBES (2018) : The IPBES Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Europe and Central Asia, Bonn, 2018.

11 – Biodiversité, perte d'habitat et maladies infectieuses émergentes

Serge Morand

Introduction

Les liens unissant la biodiversité et la santé sont complexes avec des aspects bénéfiques mais aussi des risques pour la santé humaine[1]. La biodiversité comprend également la diversité des microbes. Ainsi, on estime à 1,7 million le nombre de virus encore inconnus circulant chez les mammifères et les oiseaux, dont 631 000 à 827 000 pouvant potentiellement infecter les humains[2]. Ce nombre doit être comparé au nombre total de virus caractérisés, y compris les virus des plantes et des bactéries, avec un peu plus de 10 000 virus selon le Comité international de nomenclature des virus[a]. Ces virus et d'autres agents à potentiel épidémique sont hébergés par des mammifères sauvages (principalement rongeurs, chauves-souris et primates), des oiseaux sauvages (principalement aquatiques) et des animaux de rente et de compagnie (cochons, chameaux, volailles et chiens). Une étude récente a confirmé le rôle important des primates, des rongeurs et des animaux domestiques dans le partage des virus à ADN et ARN entre mammifères y compris les humains, avec un rôle important pour les chauves-souris pour ce qui concerne le partage des virus à ARN[3]. Comprendre les conditions favorisant l'émergence et la transmission de ces agents infectieux aux interfaces entre humains, faune domestique et sauvage, et environnement est au cœur des recherches d'une discipline scientifique en plein essor : l'écologie de la transmission (*disease ecology* ou « écologie des maladies infectieuses »).

Le 11 mars 2020, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) déclare comme pandémie la nouvelle maladie Covid-19 due à l'émergence du Sras-CoV-2 dans la ville de Wuhan en Chine. Dix-huit mois plus tard, plus de 200 millions de personnes ont été infectées par le virus, occasionnant plus de 4 millions de décès selon le décompte mené par l'université Johns Hopkins[b]. Les impacts sociaux et économiques de la pandémie sont énormes. L'expérience du Covid-19 incite à comprendre les processus qui conduisent à l'émergence d'un nouvel agent infectieux apte à

a. International Committee on Taxonomy of Viruses, https://talk.ictvonline.org
b. https://systems.jhu.edu/research/public-health/ncov/

produire une crise sanitaire mondiale. Partant de l'affirmation que 70 % des maladies émergentes sont des zoonoses causées par des microbes d'origine animale, le rapport de l'atelier de l'IPBES sur la biodiversité et le Covid-19[2] explore les conditions qui favorisent le débordement (*spillover*) de ces agents microbiens. Le constat dressé par ce rapport est que de 30 % des événements de maladies émergentes sont associés au changement d'utilisation des terres, à l'expansion agricole et à l'urbanisation. Les facteurs abiotiques, comme le climat et sa variabilité climatique, et les facteurs biotiques, comme la baisse de la biodiversité, sont également des déterminants fondamentaux de la transmission des maladies infectieuses.

Comprendre les processus d'émergence et de transmission de ces maladies nécessite de distinguer trois niveaux : le biologique, l'épidémiologique et le sociopolitique. L'origine d'un agent infectieux et de son réservoir relève du biologique. Les recherches menées à ce niveau d'analyse vont de la virologie à l'immunologie en passant par l'infectiologie. Ces recherches permettent de compléter le catalogue des virus potentiellement émergents, de leurs capacités d'adaptation aux changements d'hôte et, enfin, de développer de nouveaux outils de diagnostic et de traitement. Le deuxième niveau d'analyse, celui de l'épidémiologie, étudie la distribution des maladies, les facteurs de risque et de susceptibilité des populations humaines et animales ainsi que les modes de transmission des agents infectieux entre les animaux (réservoirs, hôtes intermédiaires, vecteurs) et entre les animaux et les humains. La transmission s'effectue dans un contexte écologique, social et économique. Ce contexte peut être celui de la crise de la biodiversité, de la déforestation, de l'intensification agricole, de l'augmentation des animaux d'élevage, de l'urbanisation et de la mondialisation des échanges. Les recherches en écologie de la transmission s'intéressent aux conditions locales favorisant l'émergence en lien aux conditions globales facilitant le processus épidémique ou pandémique. Ces recherches font le lien entre les trois niveaux précédemment évoqués de l'infectiologie, de l'épidémiologie et du contexte social-écologique (Figure 1). Les résultats contribuent à éclairer les politiques et la gouvernance de la santé.

Le présent chapitre aborde brièvement l'état des connaissances liant les changements planétaires globaux (perte de biodiversité, changements d'utilisation des terres, expansion de l'élevage, commerce mondial) à

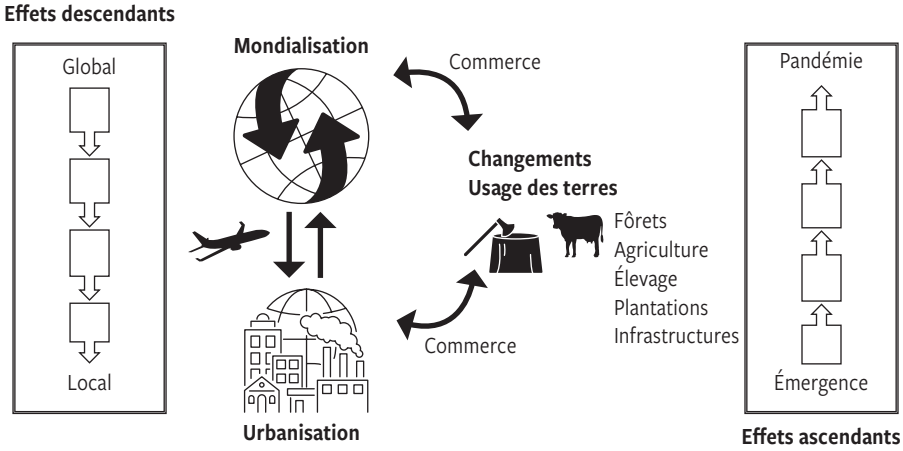


Figure 1. Les liens complexes des processus globaux et locaux susceptibles de favoriser les émergences et les épidémies de maladies infectieuses

l'émergence et aux épidémies de maladies infectieuses zoonotiques ou vectorielles. Puis, il s'intéresse aux mécanismes permettant d'expliquer l'écologie de la transmission d'agents émergents aux échelles locales. Enfin, il présente quelques initiatives mondiales qui visent à prévenir de nouvelles émergences de maladies infectieuses en utilisant les approches *One Health* ou *EcoHealth*[4-6].

Influences globales

Une épidémie d'épidémies

Les études s'accordent sur l'observation d'une augmentation des nouvelles émergences de maladies infectieuses au cours des dernières décennies[7-8] comme sur le nombre d'épidémies de maladies infectieuses zoonotiques ou vectorielles affectant les humains ou encore celles des animaux domestiques ou sauvages[9] (Figure 2).

Accroissement de l'élevage

Historiquement, la domestication des animaux a été un événement majeur dans l'acquisition de maladies infectieuses, avec l'existence d'une relation positive significative entre le temps écoulé depuis le début de la domestication d'un animal et le nombre de maladies infectieuses et parasitaires qu'il partage avec les humains[10].

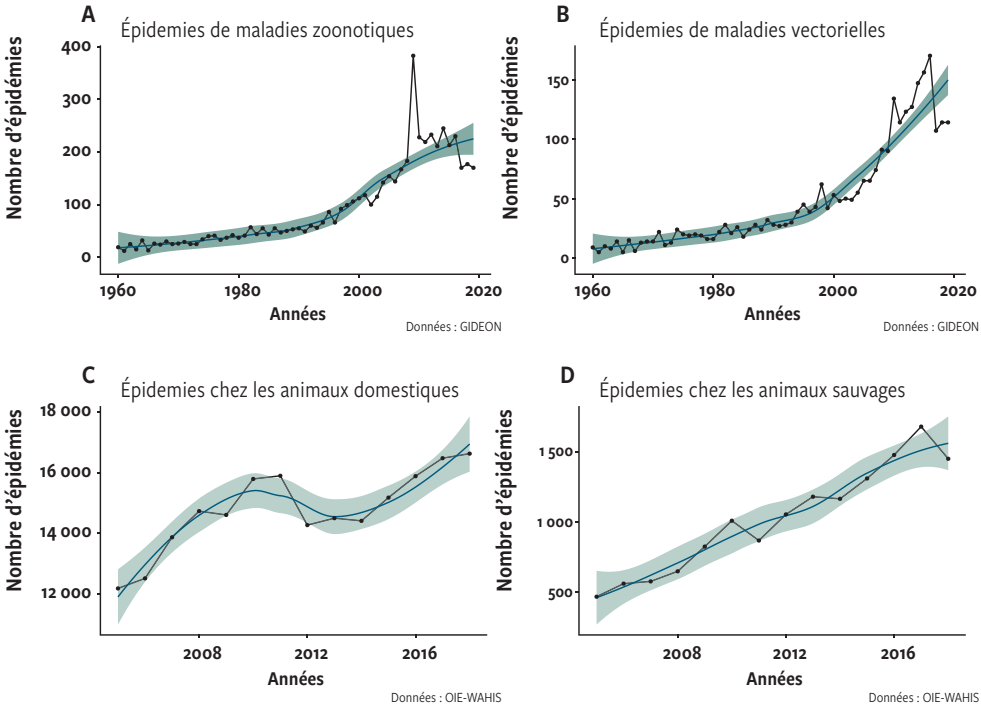


Figure 2. Évolution du nombre d'épidémies de maladies infectieuses (A) zoonotiques et (B) vectorielles affectant les populations humaines, (C) affectant les animaux domestiques, et (D) les animaux sauvages (données reprises de Morand, 2020, sources GIDEON[c] et OIE-WAHIS[d])

L'accroissement de l'élevage est un facteur d'accroissement des risques d'émergence et de circulation d'agents zoonotiques connus. L'analyse temporelle des données mondiales récentes montre que l'augmentation globale des animaux d'élevage est une cause majeure de l'augmentation des épidémies de zoonoses[9]. En 1960, il y avait un peu moins de 1 milliard de bovins dans le monde, leur nombre a dépassé 1,6 milliard en 2019. Le nombre de cochons est passé de 500 millions à 1,6 milliard, et celui des poulets de 5 milliards à 30 milliards. Aujourd'hui, le bétail a une biomasse supérieure à celle de l'ensemble des êtres humains[11-12]. Le nombre de volailles est pratiquement du même ordre de grandeur que le nombre d'oiseaux sauvages, récemment estimé à environ 50 milliards d'individus[13]. Ce nombre était

c. www.gideononline.com
d. https://wahis.oie.int

estimé entre 200 et 400 milliards d'individus en 1997[14], rappelant le déclin dramatique de la faune sauvage au cours des dernières décennies.

L'accroissement de l'élevage s'explique par les changements de la démographie humaine avec une population humaine majoritairement urbaine et des changements de régime alimentaire liés à la croissance économique et aux commerces mondialisés des denrées alimentaires. L'évolution de l'élevage n'est cependant pas identique dans tous les pays. On observe des baisses de production de bétail dans les pays européens ou encore des baisses du cheptel de camélidés dans certains pays du Moyen-Orient. Mais, globalement pour les pays émergents et en développement, ce sont pratiquement tous les animaux de rente qui voient leurs effectifs augmenter. L'importance croissante de l'élevage et son empreinte écologique sur la planète menacent également la biodiversité tout en mettant de plus en plus en danger la santé humaine et animale. La pandémie de grippe nord-américaine, ou grippe porcine H1N1, de 2009 trouve son origine dans les échanges d'animaux vivants qui ont favorisé la circulation et les réassortiments aux échelles intercontinentales des virus influenza[15].

Changement d'usage des terres

Une méta-analyse portant sur 305 études montre que 57 % d'entre elles associent une augmentation de la transmission des agents infectieux avec un ou plusieurs changements anthropiques, dont la conversion des couvertures forestières. L'indice Planète vivante[e], estimé à partir des suivis à long terme de plus de 4 000 espèces de vertébrés, montre que la déforestation croissante et l'expansion agricole sont les principaux moteurs du déclin de 70 % des populations de vertébrés suivies entre 1970 et 2016. Ainsi, un quart des pertes forestières mondiales est associé à la conversion des forêts pour l'agriculture et les plantations commerciales.

L'analyse des données des épidémies de zoonoses et de maladies vectorielles sur les dernières décennies confirme que leur augmentation est globalement associée à la déforestation[6]. Une association positive est également observée entre le nombre de ces épidémies et l'expansion des plantations de palmiers à huile. Ce résultat confirme les nombreuses études décrivant les impacts de l'expansion du palmier à huile sur la biodiversité, en particulier en Asie du Sud-Est et en Amérique du Sud, et sur les émergences de nouvelles maladies infectieuses comme en témoigne l'exemple de l'émergence du virus Nipah en Malaisie en

e. Living Planet Index (WWF), www.livingplanetindex.org

1999. Une méta-analyse a quantifié les effets des changements d'utilisation des terres sur l'exposition aux maladies infectieuses en Asie du Sud-Est. Elle montre l'existence d'un lien statistique entre l'expansion de la monoculture du palmier à huile et l'augmentation des risques zoonotiques, comme les rickettsioses ou le paludisme émergent à *Plasmodium knowlesi*[16].

Mécanismes locaux

Biodiversité

La diversité biologique joue un rôle important dans la régulation de la transmission des agents infectieux. Les modifications anthropiques des habitats s'accompagnent de changements importants dans la composition des communautés d'espèces, souvent associés à une réduction importante de leur nombre[17]. La transmission d'agents infectieux est plus souvent favorisée dans les environnements modifiés présentant des fortes pertes de biodiversité, en conformité avec l'effet de dilution ou l'hypothèse de relation négative entre la biodiversité et la transmission des agents infectieux[18]. Des méta-analyses récentes confirment l'existence d'un effet de dilution, même si les mécanismes sous-jacents peuvent être variés[19]. Un des mécanismes est celui d'une perte de régulation des réservoirs ou des vecteurs du fait de la disparition de leurs prédateurs ou de leurs compétiteurs. Un autre mécanisme se base sur l'observation que les espèces généralistes profitent de l'altération des habitats. La simplification des habitats favorise les espèces synanthropiques, comme les rongeurs associés aux espaces dominées par les activités humaines, et qui sont également de bons réservoirs pour de nombreux agents zoonotiques[20].

Habitats

La compréhension des phénomènes d'émergence ou des premières transmissions d'agents infectieux (*clusters*) aux interfaces entre humains et faune sauvage, ou domestique, doit donc s'étudier à l'échelle des habitats et en fonction des changements d'utilisation et d'occupation des terres (conversion forestière, urbanisation) qui modifient la composition et la structure des communautés animales (réservoirs, non-réservoirs, vecteurs).

Deux hypothèses non exclusives permettent d'associer l'émergence de maladies infectieuses au changement d'usage des terres. La première est l'hypothèse de perturbation. Elle suppose que le changement d'utilisation des terres perturbe la dynamique des systèmes multihôtes (réservoirs et vecteurs multiples). La seconde est l'hypothèse du *pool* de pathogènes. Elle postule que le changement observé d'utilisation des terres accroît l'exposition de nouveaux hôtes (comme les humains ou leurs animaux domestiques) à un *pool* riche en diversité de pathogènes[21]. Ces deux hypothèses peuvent s'intégrer dans un cadre théorique testable permettant de lier les changements d'occupation des terres, comme la fragmentation des habitats, avec l'écologie de la transmission d'agents zoonotiques en prenant en compte les effets de changement de biodiversité (composition et abondance des populations de réservoirs et vecteurs ainsi que leurs prédateurs et compétiteurs) (Figure 3). Les processus de transmission dépendent du contexte local de changement d'occupation des terres. Les conséquences d'une fragmentation des habitats accompagnée ou non d'une simplification de leur diversité peuvent s'inscrire dans le cadre de l'hypothèse de perturbation ou dans celui du *pool* de pathogènes, voire impliquer des éléments des deux hypothèses.

La fragmentation des paysages, caractérisée par une réduction de la taille des différents habitats et un accroissement de leur isolement, réduit systématiquement la richesse en espèces et modifie la composition des communautés et l'abondance de leurs populations. Par contre, l'augmentation des effets de lisière induit des augmentations des interfaces (écotones, bordures) et donc les possibilités d'interactions entre espèces d'habitats différents. Ces changements de structure des habitats ont des conséquences ultimes sur la transmission en fonction de l'importance respective des effets de perturbation et des effets de *pools* de pathogènes. Finalement, ce cadre théorique permet de relier les modifications des habitats et de biodiversité avec les hypothèses d'effet de dilution ou de relation diversité-transmission.

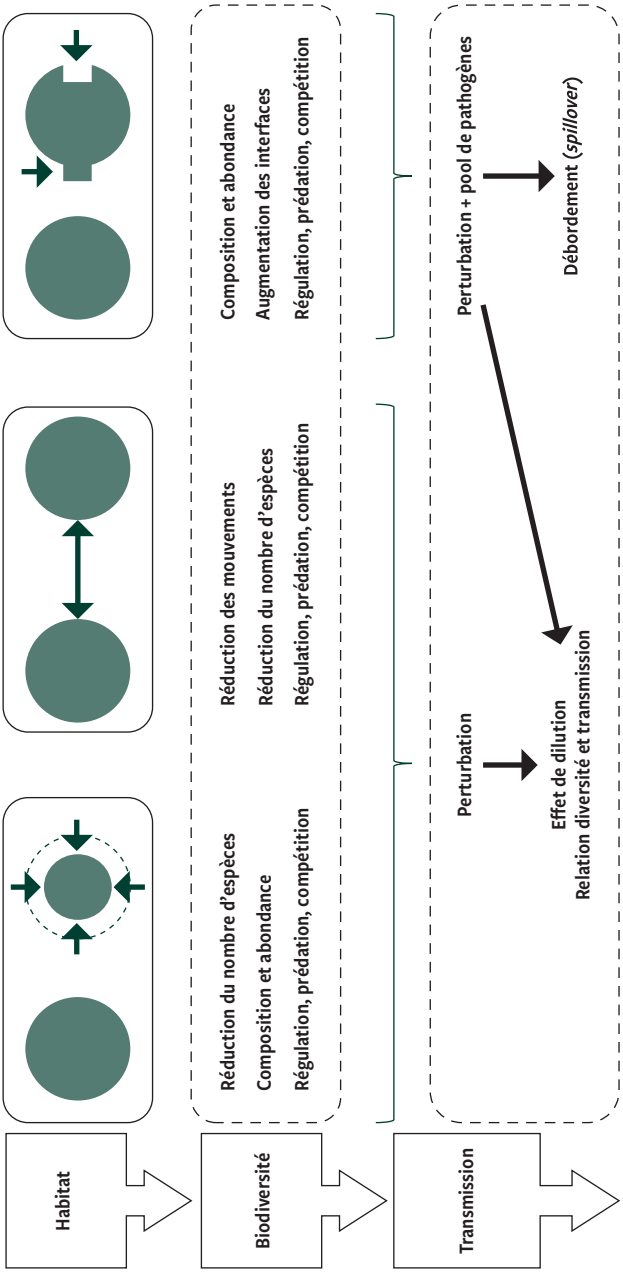


Figure 3. Les changements d'usage des terres et des habitats ont des conséquences sur la transmission des agents pathogènes au travers des changements de composition et de structure des communautés animales, dont les réservoirs, vecteurs, et leurs prédateurs et compétiteurs. D'une manière simplifiée, la modification des paysages se traduit par une réduction de la surface des différents habitats, leur isolement accru par rapport aux habitats similaires et par l'augmentation des bordures entre habitats différents. Ces modifications affectent différemment les mouvements d'espèces, les risques d'extinctions locales de populations et la structure des communautés. La réduction et l'isolement des habitats ont pour effet de perturber, et souvent de favoriser, la transmission d'agents infectieux en accord avec l'effet de dilution ou l'hypothèse de relation diversité-transmission. L'augmentation des effets de bordure ou de lisière augmente les interfaces et donc les contacts entre espèces de différents habitats, et favorise ainsi les risques de débordement (*spillover*) d'agents infectieux selon l'hypothèse du *pool* de pathogènes

Les changements dans l'utilisation des terres se traduisent localement dans la matrice paysagère, dans la biodiversité locale et donc dans la transmission des agents zoonotiques. Les risques d'émergence ou de transmission d'agents de zoonoses ou de maladies vectorielles sont généralement plus importants dans les paysages en changement rapide (conversion des forêts ou des terres agricoles). Il faut cependant reconnaître que le nombre d'études aux échelles fines, paysagères, permettant de relier dynamiques paysagères, dynamiques écologiques et dynamiques épidémiologiques, est encore trop peu nombreux[22].

Conclusion

En 2008, une collaboration tripartite « Une seule santé » (*One Health*), réunissant l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE), l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'OMS, est mise en place afin d'améliorer la surveillance des maladies zoonotiques à l'interface entre santé humaine, santé animale et environnement. En 2013, un système mondial d'alerte précoce pour les principales maladies animales (GLEWS+) est créé afin de faciliter la collaboration intersectorielle et multidisciplinaire dans la lutte contre les risques pour la santé à l'interface homme-animal-écosystème. D'importants programmes sont mis en place afin de prévoir, prévenir et se préparer à une épidémie. Le nom générique de « maladie X » a été adopté par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en février 2018 sur sa liste restreinte de maladies prioritaires pour représenter un pathogène hypothétique et inconnu à potentiel pandémique[23]. Enfin, les « Principes de Berlin sur une seule santé » sont publiés en 2019 lors de la conférence « One Planet, One Health, One Future » en tant que mise à jour des « Principes de Manhattan[f] ».

L'émergence du SARS-CoV-2 et la pandémie de Covid-19 ont relancé ces initiatives en reconnaissant l'importance des changements environnementaux globaux dans l'émergence et la transmission des maladies zoonotiques. En 2021, la collaboration tripartite s'est enrichie de la venue du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) et de la mise en place d'un panel d'experts de haut niveau Une seule santé (OHHLEP[g]). La reconnaissance que les activités humaines par leurs impacts sur l'environnement, les habitats et la biodiversité augmentent les risques sanitaires

f. www.wcs-ahead.org/manhattan_principles.html

g. www.who.int/news/item/11-06-2021-26-international-experts-to-kickstart-the-joint-fao-oie-unep-who-one-health-high-level-expert-panel-(ohhlep)

pour les humains, et pour les non-humains, doit rapidement se concrétiser par des actions globales et locales soutenues par un dialogue renforcé entre science et politiques environnementales et de santé. L'écologie de la transmission est une des disciplines scientifiques qui peut contribuer de manière efficace à la compréhension des événements d'émergence et de transmissions locales de maladies infectieuses en liant les processus épidémiologiques aux processus et dynamiques sociales et écologiques.

Remerciements

Ce travail est issu du projet FutureHealthSEA financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR-17-CE35-0003-01).

Références bibliographiques

1. Keune K, Payyappallimana U, Morand S, Rüegg S, « One Health Biodiversity », in Visseren-Hamakers I, Kok M (Eds), Transforming Biodiversity Governance, 2021 (in press).
2. IPBES, « Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services », Daszak P, das Neves C, Amuasi J, et al., IPBES secretariat, Bonn, Allemagne, 2020.
3. Wells K, Morand S, Wardeh M, Baylis M, « Distinct Spread of DNA and RNA Viruses among Mammals Amid Prominent Role of Domestic Species », Global Ecology and Biogeography, 2020 ; 29(3) : 470-481.
4. Garine-Wichatitsky M, Binot A, Morand S, et al., « Will Covid-19 Crisis Trigger One Health Coming-of-Age? », Lancet Planetary Health, 2020 ; 4(9) : e377-e378.
5. Morand S, Guégan J-F, Laurans Y, « From One Health to Ecohealth, Mapping the Incomplete Integration of Human, Animal and Environmental Health », Issue Brief, 2020 ; (4).
6. Morand S, Lajaunie C, « Biodiversity and Covid-19: A Report and a Long Road Ahead to Avoid a Next Pandemic », One Earth, 2021 ; 4(7) : 920-923.
7. Jones KE, Patel NG, Levy MA, et al., « Global Trends in Emerging Infectious Diseases », Nature, 2008 ; 451(7181) : 990-993.
8. Allen T, Murray KA, Zambrana-Torrelio C, et al., « Global Hotspots and Correlates of Emerging Zoonotic Diseases », Nature Communications, 2017 ; 8(1) : 1124.
9. Morand S, « Emerging Diseases, Livestock Expansion and Biodiversity Loss Are Positively Related at Global Scale », Biological Conservation, 2020 ; 248 : 108707.
10. Morand S, McIntyre KM, Baylis M, « Domesticated Animals and Human Infectious Diseases of Zoonotic Origins: Domestication Time Matters », Infection, Genetics and Evolution, 2014 ; 24 : 76-87.

11. Smil V, « Harvesting the Biosphere: The Human Impact », Population and Development Review, 2011 ; 37(4) : 613-636.
12. Bar-On YM, Phillips R, Milo R, « The Biomass Distribution on Earth », Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2018 ; 115(25) : 6506-6651.
13. Callaghan CT, Nakagawa S, Cornwell WK, « Global Abundance Estimates for 9,700 Bird Species », Proceedings of the National Academy of Sciences of the Unites States of America, 2021 ; 118(21) : e2023170118.
14. Gaston KJ, Blackburn TM. « How Many Birds Are There? », Biodiversity & Conservation, 1997 ; 6(4) : 615-625.
15. Mena I, Nelson MI, Quezada-Monroy F, et al., « Origins of the 2009 H1N1 Influenza Pandemic in Swine in Mexico », eLife, 2016 ; 5 : e16777.
16. Shah HA, Huxley P, Elmes J, Murray KA, « Agricultural Land-Uses Consistently Exacerbate Infectious Disease Risks in Southeast Asia », Nature Communications, 2019 ; 10(1) : 4299.
17. Dirzo R, Young HS, Galetti M, Ceballos G, Isaac NJ, Collen B, « Defaunation in the Anthropocene », Science, 2014 ; 345(6195) : 401-406.
18. Keesing F, Holt RD, Ostfeld RS, « Effects of Species Diversity on Disease Risk », Ecology Letters, 2006 ; 9(4) : 485-498.
19. Magnusson M, Fischhoff IR, Ecke F, Hornfeldt B, Ostfeld RS, « Effect of Spatial Scale and Latitude on Diversity-Disease Relationships », Ecology, 2020 ; 101(3) : e02955.
20. Gibb R, Redding DW, Chin KQ, et al., « Zoonotic Host Diversity Increases in Human-Dominated Ecosystems », Nature, 2020 ; 584(7821) : 398-402.
21. Murray KA, Daszak P, « Human Ecology in Pathogenic Landscapes: Two Hypotheses on How Land Use Change Drives Viral Emergence », Current Opinion in Virology, 2013 ; 3(1) : 79-83.
22. Wangrangsimakul T, Elliott I, Nedsuwan S, et al., « The Estimated Burden of Scrub Typhus in Thailand from National Surveillance Data (2003-2018) », PLoS Neglected Tropical Disease, 2020 ; 14(4) : e0008233.
23. WHO, « Annual Review of Diseases Prioritized under the Research and Development Blueprint Informal Consultation 6-7 February 2018 », WHO, Geneva, Switzerland.

Perspective des sciences sociales

12 – Changer les comportements en matière de santé et d'environnement: Oui, mais de qui et comment ? Quelques pistes de réflexion sur le besoin d'intégrer les enjeux sociaux

Joëlle Schwarz

No one will be untouched by climate change, but it is not experienced equally[1]

Introduction

L'épidémiologie sociale est un courant théorique qui part du constat de l'existence d'une répartition inégale de la santé et de la maladie dans la population. On le sait depuis le XIXe siècle : les plus nantis vivent plus longtemps et en meilleure santé. Visant donc à comprendre les facteurs et mécanismes qui expliquent les disparités en santé entre différents groupes sociaux dans des contextes donnés, l'épidémiologie sociale a permis de mettre en évidence comment les inégalités en santé ne découlent pas simplement de constitutions ou de comportements individuels délétères pour la santé, mais sont modulées à partir de niveaux plus distants des individus. Ce sont en effet les circonstances matérielles et sociales dans lesquelles les individus vivent, mangent, dorment, interagissent et travaillent qui influencent leur santé de façon inégale. Ainsi, pour réduire les inégalités en santé, c'est au niveau des conditions structurelles que les actions doivent être menées, afin d'agir sur les inégalités sociales qui modulent les comportements individuels. Au niveau de la pratique clinique, la *médecine sociale* se base sur les mêmes constats : pratiquer une médecine sociale induit de prendre en compte et d'agir sur les contextes sociaux et les conditions sanitaires qui se répercutent sur la santé, au-delà de la prise en charge biomédicale des individus[2].

Malgré les preuves amenées par l'épidémiologie sociale, le constat global est que d'une part l'inclusion systématique de la dimension sociale dans la recherche clinique et épidémiologique n'a pas lieu[3,4], et que d'autre part les politiques publiques de santé restent en large partie axées sur la dimension individuelle (responsabilité individuelle) des comportements

liés à la santé tels que l'alimentation, l'activité physique, ou le tabagisme[5,6]. De même, la médecine sociale est « le parent pauvre et méconnu de la médecine dans les pays riches et développés »[2] car l'approche clinique biomédicale centrée sur la dyade médecin-patient·e demeure principalement axée sur les individus malades et leurs comportements, prenant peu en considération les éléments structurels qui modulent les maladies et comportements. *In fine*, le constat est que d'une part les inégalités sociales en santé tendent à persister, voire à se creuser avec le temps[7], et d'autre part les politiques de santé publique axées sur la modification des comportements de santé peuvent parfois engendrer la stigmatisation des personnes en situation de vulnérabilité sociale et/ou de santé, comme nous le présentons plus bas.

La thématique réactualisée de l'environnement et de son effet sur la santé peut être appréhendée comme une opportunité de redonner du poids à l'épidémiologie sociale et à la médecine sociale, en resituant les individus dans leur environnement social et physique, et en suggérant des réponses à ce niveau. La vulnérabilité climatique, définie par l'exposition aux menaces climatiques (par exemple, liée aux lieux de vie ou de travail), la sensibilité et la susceptibilité (par exemple, les personnes âgées et les enfants sont plus susceptibles au stress thermique), la capacité d'adaptation et la réponse aux menaces climatiques (accès aux ressources matérielles et sociales, notamment)[8], n'est pas répartie de façon égale dans la population et dans le monde. Elle vient par ailleurs s'ajouter aux charges des maladies et à la mortalité prématurée existantes, inégalement présentes dans la population[1]. Il existe en effet une vaste littérature qui décrit en quoi les risques et les impacts des changements climatiques affectent et affecteront inégalement (*unequally*) et injustement (*unfairly*) les individus (genres, classes sociales, générations), les communautés (minorités/majorités) et les pays (Nord-Sud) à travers la planète[1,9].

Comment la pratique clinique peut-elle intervenir de façon significative pour à la fois limiter la vulnérabilité climatique et les effets néfastes de l'activité humaine sur la santé des individus et de la planète ? Des professionnel·le·s de la santé ont développé des perspectives et recommandations sur comment intervenir, dans la pratique clinique, pour promouvoir un changement allant en faveur à la fois de la santé des individus et populations, et de celle de la planète[10,11]. Deux champs d'action se dégagent des initiatives en cours : la sensibilisation des patient·e·s aux cobénéfices santé et environnement ; et le plaidoyer et action politique pour des mesures structurelles. En Suisse, les Médecins en faveur de l'environnement

(MfE) ont établi une charte qui pose huit exigences à la classe politique, la Confédération, les cantons et le secteur de la santé pour protéger la population, visant notamment le zéro émission nette de CO_2, y compris dans le secteur sanitaire.[12] Plus largement, la WONCA (Organisation mondiale des médecins de famille) a formulé une déclaration encourageant les médecins de famille du monde à agir sur la santé planétaire à travers leur pratique, établissant une liste d'actions à prendre pour réduire les risques inhérents dans la détérioration de l'environnement mondial (voir Box 1[13]). Peu de directives sont néanmoins fournies sur comment aborder ces thématiques avec les patient·e·s. Ainsi, le risque est d'engager une approche biomédicale axée sur les comportements et choix individuels en matière de consommation et de consumation, qui tient peu compte des aspects structurels comme les conditions de vie matérielles et sociales, et les inégalités inhérentes. Viser le changement en agissant uniquement sur le comportement individuel peut avoir peu d'impact, accentuer les inégalités, voire engendrer la stigmatisation de certains groupes sociaux. Les trois exemples suivants illustrent ce phénomène.

Box 1 : Liste d'actions proposées par la WONCA[13]

Les actions proposées comprennent une série de « conseils aux patient·e·s sur les cobénéfices importants, soit les choix quotidiens et changements clés qu'elles et ils peuvent faire dans leur propre vie pour bénéficier à la fois de leur propre santé et de celle de l'environnement ». Spécifiquement, ces conseils de cobénéfices concernent : les choix alimentaires, la mobilité active, les choix énergétiques, la santé reproductive, la connexion à la nature, la réduction de l'impact environnemental personnel, et l'engagement dans la communauté à travers des connexions sociales.

Les comportements individuels liés à la santé sont façonnés par les circonstances sociales et matérielles : trois exemples

La prévention du tabagisme en Occident

Des progrès significatifs ont été faits dans la diminution de la prévalence du tabagisme ces dernières décennies dans les pays occidentaux, cependant des variations marquées sont relevées entre les pays, et en fonction

de l'âge et du genre[14]. Ce que l'épidémiologie sociale a mis en évidence sont les différences de prévalence au sein des pays en fonction de l'appartenance ethnique, de la classe sociale et du genre, et les différences dans les chances d'arrêt du tabac[15,16]. En effet, aux États-Unis comme en France, on relève que tandis que les tentatives d'arrêt sont égales entre les catégories sociales de population, les taux de réussite diffèrent, indiquant de plus grandes difficultés à arrêter de fumer parmi les populations socialement et économiquement défavorisées[17]. En Suisse, la prévalence de tabagisme est en lente diminution (34 % en 1997, 28 % en 2012), avec un recul plus important chez les personnes aux revenus élevés[7] et chez les hommes[18]. Ceci a été expliqué par le fait que les hommes blancs de classes moyenne et élevée qui travaillent en entreprise ont plus de chance d'avoir des politiques en place de zones de travail sans fumée, et, pour les États-Unis, d'être couverts par une assurance maladie prenant en charge l'arrêt du tabac. *A contrario*, la pression sociale favorable au tabagisme est plus forte dans les milieux sociaux et professionnels plus précaires (construction, secrétariat, etc.), et fumer contribue au sentiment d'appartenance sociale. De plus, le tabagisme est un moyen de s'adapter aux situations stressantes, plus présentes au travail ou à domicile pour les personnes de milieux modestes ou précaires[19]. Par ailleurs, les bénéfices de l'arrêt du tabac peuvent sembler futiles pour des individus qui vivent dans un environnement défavorisé et par ailleurs délétère pour la santé, en termes d'expositions aux risques professionnels ou liés à l'environnement[15].

Ainsi, si les mesures structurelles mises en place – interdiction de fumer dans les lieux publics, bars et restaurants – et les campagnes de lutte contre le tabagisme menées au niveau individuel ont contribué à la diminution du tabagisme, elles ont été plus efficaces auprès des populations plus aisées car elles n'ont pas adressé les inégalités sociales structurelles qui façonnent les comportements tabagiques, creusant davantage les inégalités de santé[a]. De surcroît, certaines voix font écho du problème additionnel de stigmatisation qui peut accompagner les politiques et interventions de « dénormalisation » du tabagisme. En effet, bien qu'elles soient considérées comme essentielles pour protéger la santé publique, ces mesures peuvent contribuer à créer un climat social dans lequel le tabagisme est stigmatisé, et par extension les personnes fumeuses elles-mêmes[21]. Celles-ci se concentrant aujourd'hui majoritairement dans les

a. À relever encore qu'à l'échelle globale, les mesures structurelles opérées en Occident ont eu pour effet une modification des stratégies des industries du tabac qui désormais ciblent de nouveaux marchés dans les pays du Sud, délocalisant ainsi la charge des maladies liées au tabac. Voir le rapport de Public Eye (réf. 20).

groupes sociaux les moins dotés d'un point de vue socio-économique, elles sont à risque d'être impactées doublement par l'effet du tabac et celui de la stigmatisation sociale[17].

Les politiques de planification familiale au Burundi

Les politiques de planification familiale (PF) souffrent d'une ambiguïté de discours. Après avoir été promue comme un dispositif de contrôle des naissances pour une régulation de la population (surtout dans les pays du Sud global) à partir des années 1960, la PF se veut dispositif contribuant à l'amélioration de la santé maternelle et à l'autonomie des femmes à travers une gestion libre et consentante de la fertilité[b]. Menant une recherche sur les pratiques de PF au Burundi, nous avons montré comment le discours du gouvernement et des services de santé dans ce pays politiquement fragile reste solidement ancré dans une perspective de contrôle populationnel. Le discours renvoie la responsabilité des problèmes économiques et fonciers des ménages sur le haut taux de fécondité et sur la faible adhésion aux méthodes de contraception dites « modernes »[22]. Les stratégies de promotion de la PF visent le changement de comportement des femmes, partant d'une hypothèse de manque de connaissances de celles-ci, et de « fausses croyances » liées aux effets secondaires des produits contraceptifs hormonaux. Les prestataires de santé reçoivent des incitations financières pour l'administration des contraceptifs, et la sensibilisation est menée essentiellement auprès des femmes. Or, nous avons montré que la faible adhésion à la PF n'est pas liée à un manque de connaissances ou un comportement individuel pronataliste, puisqu'en effet les femmes expriment un désir d'enfants moins nombreux[23]. Les parcours reproductifs et les choix individuels sont cependant façonnés par les circonstances sociales (relation avec partenaire, rapports de pouvoir entre genres et générations), matérielles (situations économique et foncière des ménages) et biologiques (effets des contraceptifs hormonaux sur les corps). En milieu rural, les femmes assurent leurs moyens de subsistance et celle de tout le ménage à travers l'exploitation des terres. Utiliser des contraceptifs hormonaux et risquer les effets secondaires réels et connus – des saignements irréguliers, particulièrement problématiques dans un contexte de malnutrition élevée – qui limitent leur capacité à travailler est un choix que beaucoup de femmes rurales ne sont pas prêtes à faire. Ainsi, c'est en agissant sur le changement des conditions sociales et matérielles que les femmes considéreront l'adoption des

b. C'est au cours de la conférence du Caire de 1994 que les mouvements féministes parviennent à opérer ce basculement auprès des Nations unies. Ce changement restera néanmoins davantage rhétorique que concret.

méthodes contraceptives dites « modernes », car plus efficaces, dans une (ré)évaluation des risques et bénéfices pour elles-mêmes et leur entourage.

Des interventions écosociales à Lausanne, Genève et à Paris

Deux recherches ethnographiques se sont intéressées aux interventions publiques de promotion des écogestes dans les quartiers populaires, notamment dans la banlieue parisienne[24] et à Genève et Lausanne[25]. Ces interventions consistent en des bénévoles qui visitent les ménages, observent les pratiques domestiques comme l'alimentation, la conservation des aliments, l'utilisation d'appareils ménagers et de l'eau, et prodiguent des conseils pour des écogestes en offrant du matériel dit « écoresponsable » (ampoules, bouilloire). Le but est le changement des comportements des ménages pour combattre le changement climatique et la précarité énergétique (cobénéfices).

Ces recherches pointent un premier problème, à savoir que ce sont les ménages à bas revenus qui sont ciblés selon l'hypothèse de la part des responsables politiques d'une sensibilité morale pour l'écologie faible ou inexistante dans ces groupes de population, et de connaissances et compétences insuffisantes[24]. À travers ces initiatives, « une "manière de vivre correcte" est établie et mise en avant comme une norme de civilité (Roudil, 2015) [...], suggérant par là que ces populations manquent de sens civique dans la mesure où elles n'utilisent pas l'énergie "correctement" »[25]. En *sensibilisant* aux « petits gestes » écologiques, l'objectif est « d'éveiller le sens moral des résident·e·s pour l'environnement, c'est-à-dire leur sens de la responsabilité individuelle qui leur commande de prêter attention à l'impact environnemental de leurs comportements quotidiens »[24]. Cette hypothèse est problématique et erronée, puisque le style de vie des personnes à bas revenu est en réalité moins nuisible pour l'environnement que celui des catégories de population plus aisées[26]. Ainsi, ces interventions participent à la reproduction de la différenciation sociale à travers une identification (erronée) des individus qui devraient pouvoir facilement adopter les prescriptions de bonnes pratiques énergétiques, en agissant sur leurs intentions (morales), ignorant d'une part leur véritable impact écologique (plus faible) et d'autre part les circonstances matérielles et sociales qui modulent les comportements[c]. En effet, plus les ressources économiques des indivi-

c. Les deux recherches analysent par ailleurs les réactions et attitudes de résistance des ménages ciblés, non pas pour des raisons de manque de sensibilité aux questions environnementales, mais à cause de l'ingérence dans les ménages et la moralisation induite par ce type d'intervention.

dus sont basses, plus ils sont contraints dans leurs achats et moins il leur est aisé (et pertinent) d'intégrer le souci environnemental dans leurs choix. Le deuxième problème identifié est donc l'ignorance des facteurs structurels et de l'ancrage social des modes de consommation des individus. La capacité à ne pas utiliser sa voiture, à consommer des produits locaux et bios, à « recréer un lien avec la nature », dépend largement des circonstances sociales et matérielles comme le lieu de résidence, la structure et les charges familiales, l'âge, la profession et le revenu, etc. Les priorités sociales et économiques des ménages à bas revenu peuvent se situer ailleurs, rendant les « petits gestes » écologiques plutôt difficiles à atteindre, ou non prioritaires. Les deux études concluent ainsi que des actions au niveau des structures sociales des comportements – création de réseaux de vélos en libre-service, coopératives de consommatrices·teurs pour produits locaux, etc. – sont plus justes (justice sociale) et prometteuses que celles observées axées sur la moralisation individuelle.

Prendre en compte les dimensions structurelles pour viser le changement des comportements et la justice sociale : apport des sciences sociales

Ce que ces trois exemples montrent est que la capacité à modifier ses habitudes et comportements est façonnée par les conditions sociales et matérielles dans lesquelles les individus vivent. Et que ces conditions étant distribuées de façon inégales dans la population, un enjeu de justice sociale existe.

En sociologie, la théorie des pratiques sociales a été appliquée à l'étude des modes de consommation et de consumation[27,28]. Cette théorie vise à comprendre les pratiques sociales, les situant à l'interface entre les comportements et choix autonomes et les structures sociales qui influencent les comportements, prenant en compte les aspects de « structure temporelle des activités sociales, de tension entre routine et réflexivité et de rôle des infrastructures matérielles[29] ». En d'autres termes, il s'agit d'explorer comment les pratiques sont ancrées dans un contexte social et matériel, et comment celui-ci doit être pris en considération dans une théorie du changement, au-delà du comportement individuel basé sur des connaissances, des intentions et des choix autonomes. La sociologie s'est également intéressée à la notion de risque et à la façon dont celui-ci est socialement modulé. L'évaluation du risque – pour la santé ou pour l'environnement – est fortement façonnée par les contextes social, culturel, historique et écologique[30]. Ainsi, les connaissances et les croyances autour du risque

varient suivant les lieux et les périodes, et entre catégories sociales de population. Comme le montre l'exemple du tabac, la conscience du risque de fumer pour la santé n'est pas déficiente chez les fumeuses et fumeurs, mais plutôt la hiérarchisation de ce risque parmi d'autres – inhérents aux conditions de vie – varie entre les catégories populationnelles et contribue à expliquer des comportements tabagiques différents. Par renversement, on peut appliquer cette notion de risque socialement construit à celle de bénéfice. On peut anticiper que les conseils de cobénéfices décrit par la WONCA – agir sur les comportements alimentaires, la mobilité, les choix énergétiques, etc. – ne vont pas résonner de la même façon dans toutes les catégories de population. Certains changements de comportement seront perçus comme plus atteignables et pertinents que d'autres en termes de bénéfice, en fonction des circonstances sociales et matérielles. C'est ce qui est observé dans la « résistance » des personnes visées par les interventions écosociales décrites plus haut.

Pour la promotion des cobénéfices dans les consultations cliniques, les concepts de sciences sociales brièvement décrits ci-dessus permettent de situer les comportements des individus dans leur environnement social et physique et d'évaluer les possibilités réelles (au-delà de la perception des bénéfices) à les modifier. Les ménages ne sont pas à pied d'égalité dans leur capacité à modifier leurs environnements de vie et leurs habitudes de consommation. Certaines pratiques liées à la mobilité, à l'alimentation, aux lieux de vie, permettent de maintenir en équilibre financier et social certains ménages. En identifiant et recueillant ces circonstances sociales et matérielles qui modulent les changements vers les cobénéfices des individus de la communauté, les professionnel·le·s de la santé peuvent ainsi entrer dans une démarche socialement ancrée d'actions politiques et de plaidoyer pour l'amélioration des chances de cobénéfices. De plus, l'approche sociologique pourrait également être utilisée pour identifier et comprendre la répartition inégale de ces circonstances sociales et matérielles, en fonction du genre, de la classe, de l'appartenance ethnique et de l'âge, afin de proposer des mesures qui visent la réduction des inégalités et l'équité des chances de cobénéfices. Cependant, que ce soit dans l'implication dans des interventions publiques ou lors de consultations individuelles, il s'agit d'être vigilant·e au risque de stigmatisation : « Le simple fait de déployer une intervention au sein de publics estimés vulnérables socialement [comme les quartiers dits "populaires" à Lausanne ou Genève], n'est-il pas, déjà, en soi, stigmatisant[17] ? » *Idem* pour la pratique clinique : comment choisir avec quel·le·s patient·e·s on aborde la question des cobénéfices ? Il s'agit de s'assurer que ces interventions ciblées ne

génèrent ni honte, ni culpabilité, ni perte de l'estime de soi : « Le risque étant d'induire un processus de renforcement négatif antagoniste aux effets escomptés[17]. »

Au final, c'est en intégrant une perspective d'épidémiologie sociale que les professionnel·le·s de la santé sont le mieux à même de jouer un rôle efficace. Celui-ci répond à l'appel lancé à se préparer avec des politiques adaptées aux changements en cours et à venir, notamment dans le système de santé[1,12,31]. Les professionnel·le·s de la santé peuvent en effet jouer un rôle dans le renforcement de la résilience des communautés à travers un engagement politique pour améliorer les structures sociales et réduire les inégalités dans la vulnérabilité climatique, à travers la mobilisation des communautés locales[32]. Il est impératif cependant que ces améliorations soient connectées aux pratiques et aux besoins des individus en matière d'alimentation, de mobilité, etc. Pour reprendre les mots de Friel : « Les alliances entre le changement climatique et la santé sont essentielles : les professionnel·le·s de la santé disposent de connaissances, d'opportunités et d'un pouvoir politique qui peuvent contribuer à la mise en place d'actions[1]. » Pour cela, elles et ils doivent s'engager dans une perspective de santé publique, et l'épidémiologie sociale est là pour les guider.

Références bibliographiques

1. Friel S, « Climate Change and the People's Health: the Need to Exit the Consumptagenic System », The Lancet, 2020 ; 395(10225) : 666-668. DOI: 10.1016/s0140-6736(20)30257-9.
2. Bischoff T, Wolff H, Guessous I, et al., « Médecine sociale en 2013 : quand la précarité précède la pauvreté, Revue médicale suisse, 2013 ; 9(408) : 2232-2239. Accessible en ligne : www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2013/revue-medicale-suisse-408/medecine-sociale-en-2013-quand-la-precarite-precede-la-pauvrete.
3. Wemrell M, Merlo J, Mulinari S, Hornborg A-C, « Contemporary Epidemiology: A Review of Critical Discussions Within the Discipline and A Call for Further Dialogue with Social Theory », Sociology Compass, 2016 ; 10(2) : 153-171. DOI: https://doi.org/10.1111/soc4.12345.
4. Krieger N, « Theories for Social Epidemiology in the 21st Century: An Ecosocial Perspective », International Journal of Epidemiology, 2001 ; 30(4) : 668-677. DOI: 10.1093/ije/30.4.668.
5. Schwarz J, Arminjon M, Stutz Zemp E, Merten S, Bodenmann P, Clair C, « Déterminants sociaux de la santé en Suisse – comment le genre s'est perdu en chemin », Revue médicale suisse, 2019 ; 5(640) : 485-489. DOI: https://doi.org/10.53738/REVMED.2019.15.640.0485.

6. Porcherie M, Le Bihan-Youinou B, Pommier J, « Les évolutions des modes d'action pour agir sur les inégalités sociales de santé dans les recommandations politiques à l'international et en France », Santé Publique, 2018 ; S1(HS1) : 33-46. DOI: 10.3917/spub.184.0033.
7. Office fédéral de la santé publique (OFSP), « Égalité des chances et santé – Chiffres et données pour la Suisse », 2018. Accessible en ligne : https://assets.ctfassets.net/fclxf70732gj/2TfiXQlxhYIg0iOGqi0CuC/989a098fe-14dbe74cad5cb546d79185a/FR_BAG_Broschuere.pdf.
8. Rudolph L, Harrison C, Buckley L, North S, Climate Change, Health, and Equity – A Guide for Local Health Departments, Oakland, CA and Washington D.C., Public Health Institute and American Public Health Association, 2018.
9. Krieger N, Epidemiology and the People's Health, New York, Oxford University Press, 2011.
10. Veidis EM, Myers SS, Almada AA, Golden CD, « A Call for Clinicians to Act on Planetary Health », The Lancet, 2019 ; 393(10185) : 2021. DOI: 10.1016/s0140-6736(19)30846-3.
11. Iacobucci G, « Planetary Health: WONCA Urges Family Doctors to Commit to Action », British Medical Journal, 2019 ; 364 : l1002. DOI: 10.1136/bmj.l1002.
12. Médecins en faveur de l'environnement, Charte des MfE ‹Climat et santé›, « Le changement climatique menace notre santé », mars 2021. Accessible en ligne : www.aefu.ch/fileadmin/user_upload/aefu-data/b_documents/themen/klima/charte_mfe_climat_sante.pdf.
13. The WONCA Working Party on the Environment, the Planetary Health Alliance, Group tCfPHW, « Declaration Calling for Family Doctors of The World to Act on Planetary Health », 2019. Accessible en ligne : www.wonca.net/site/DefaultSite/filesystem/documents/Groups/Environment/2019%20Planetary%20health.pdf.
14. Ng M, Freeman MK, Fleming TD, et al., « Smoking Prevalence and Cigarette Consumption in 187 Countries, 1980-2012 », Journal of the American Medical Association, 2014 ; 311(2) : 183-192. DOI: 10.1001/jama.2013.284692.
15. Okechukwu C, Davison K, Emmons K, « Changing Health Behaviors in a Social Context », in Berckman LF, Kawachi I (eds.), Social Epidemiology, 2nd edition, New York, Oxford University Press, 2014 : 365-395.
16. Guignard R, Nguyen-Thanh V, Delmer O, Lenormand M-C, Blanchoz J-M, Arwidson P, « Interventions pour l'arrêt du tabac chez les fumeurs de faible niveau socio-économique : synthèse de la littérature », Santé Publique, 2018 ; 30(1) : 45-60. DOI: 10.3917/spub.181.0045.
17. Saetta S, Kivits J, Frohlich K, Minary L, « Stigmatisation et santé publique : le côté obscur des interventions anti-tabac », Santé Publique, 2020 ; 32(5) : 473-478. DOI: 10.3917/spub.205.0473.

18. Office fédéral de la statistique (OFS), « Enquête suisse sur la santé 2017 : santé et genre », 2020. Accessible en ligne : www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home.gnpdetail.2020-0618.html.
19. Graham H, « Gender and Class as Dimensions of Smoking Behaviour in Britain: Insights From a Survey of Mothers », Social Science & Medicine, 1994 ; 38(5) : 691-698.
20. Maurisse M, « Les cigarettes suisses font un tabac en Afrique », Public Eye, 2019. Accessible en ligne : https://stories.publiceye.ch/tabac/.
21. Graham H, « Smoking, Stigma and Social Class », Journal of Social Policy, 2012 ; 41(1) : 83-99. DOI: 10.1017/S004727941100033X.
22. Schwarz J, Manirakiza R, Merten S, « Reproductive Governance in a Fragile and Population-Dense Context: Family Planning Policies, Discourses, and Practices in Burundi », The European Journal of Development Research, 2021. DOI: 10.1057/s41287-021-00482-1.
23. Schwarz J, Dumbaugh M, Bapolisi W, et al., « So that's Why I'm Scared of These Methods: Locating Contraceptive Side Effects in Embodied Life Circumstances in Burundi and Eastern Democratic Republic of the Congo », Social Science & Medicine (1982), 2019 ; 220 : 264-272. DOI: 10.1016/j.socscimed.2018.09.030.
24. Malier H, « Greening the Poor: the Prap of Moralization », The British Journal of Sociology, 2019 ; 70(5) : 1661-1680. DOI: https://doi.org/10.1111/1468-4446.12672.
25. Bertho B, Sahakian M, Naef P, « The Micro-Politics of Energy Efficiency: An Investigation of "Eco-Social Interventions" in Western Switzerland », Critical Social Policy, 2021 ; 41(2) : 188-207. DOI: 10.1177/0261018320916712.
26. Chancel L, Piketty T, Carbon and inequality: From Kyoto to Paris – Trends in the Global Inequality of Carbon Emissions (1998-2013) & Prospects for an Equitable Adaptation Fund, Paris, World Inequality Lab, Paris School of Economics, 2015.
27. Hargreaves T, « Practice-ing Behaviour Change: Applying Social Practice Theory to Pro-Environmental Behaviour Change », Journal of Consumer Culture, 2011 ; 11(1) : 79-99. DOI: 10.1177/1469540510390500.
28. Barr S, Prillwitz J, « A Smarter Choice? Exploring the Behaviour Change Agenda for Environmentally Sustainable Mobility », Environment and Planning C: Politics and Space, 2014 ; 32(1) : 1-19. DOI: 10.1068/c1201.
29. Dubuisson-Quellier S, Plessz M, « La théorie des pratiques. Quels apports pour l'étude sociologique de la consommation ? », Sociologie, 2013 ; 4(4) : 451-469. Accessible en ligne : www.cairn.info/revue-sociologie-2013-4-page-451.htm.
30. Lupton D, Risk and Sociocultural Theory: New Directions and Perspectives, Cambridge, Cambridge University Press, 1999.
31. Krieger N, « Climate Crisis, Health Equity, and Democratic Governance: the Need to Act Together », Journal of Public Health Policy, 2020 ; 41(1) : 4-10. DOI: 10.1057/s41271-019-00209-x.

32. Boisvert R, « Réduction des inégalités sociales de santé – Dispositions actantielles et intelligence collective au service du développement des communautés », Nouvelles pratiques sociales, 2013 ; 26(1) : 197-214. DOI: https://doi.org/10.7202/1024988ar.

13 – Éco-anxiété et société

Sarah Koller

Introduction

L'éco-anxiété devient un enjeu majeur de santé publique[1,2] et se présente comme « le mal du siècle » dans un nombre croissant de médias[a]. Dans un premier temps, ce chapitre dresse un survol de la littérature sur la définition de ce phénomène et les termes qui lui sont couramment associés. Dans un second temps, il en propose une lecture écopsychologique, d'une part en le valorisant comme un signe fort de lucidité vis-à-vis des enjeux écologiques de notre époque en lien aux dynamiques dysfonctionnelles de nos sociétés, et d'autre part en l'appréhendant comme un signe de reconnexion humaine à la nature au pouvoir motivationnel puissant en termes de transitions vers des modes de vie respectueux des limites écologiques. L'enjeu reste d'accompagner à temps et adéquatement ce phénomène, afin d'éviter qu'il n'engendre des conséquences sanitaires possiblement dramatiques et irréversibles.

Définitions

En quelques mots, l'éco-anxiété, dont les premières utilisations dateraient des années 1990[b], renvoie à une forme de stress prétraumatique issue de la prospective de conditions écologiques jugées incertaines, imprévisibles et incontrôlables, voire existentiellement menaçantes. Plusieurs autres termes sont utilisés pour rendre compte de ce type particulier de stress, comme ceux notamment d'anxiété climatique[c] ; de solastalgie[d] ; de souffrances écologiques, proposé par Jean-Pierre Le Danff[c] ; ou encore très récemment de collapsalgie proposé par Charline Schmerber[d] pour signifier l'état d'effondrement *intérieur* se révélant en écho à la perspective d'un effondrement plus *extérieur*, sociétal et écologique. Les termes les plus utilisés semblent rester ceux d'éco-anxiété et de solastalgie[3]. Ce dernier

a. Pour n'en citer qu'un exemple : www.france24.com/fr/20200103-eco-anxiete-mal-siecle-rechauffement-climatique-sante-mentale-futur-psychologues-depression
b. www.nationalgeographic.fr/sciences/2020/04/leco-anxiete-le-nouveau-mal-du-siecle
c. https://ecopsychologiefrance.wordpress.com/
d. www.solastalgie.fr/

terme porte en son cœur une dimension spatiale essentielle. Il est proposé par le philosophe environnemental australien Glenn Albrecht, qui décrit par ce néologisme son propre vécu face à la détérioration de son habitat par l'exploitation des mines de charbon[4]. Du latin *solatium* – qui procure du confort et de la sécurité – et *algos* – signifiant la peine –, la solastalgie renvoie à la détresse ressentie face à la perte d'un endroit confortable. C'est une sorte de mal du pays tout en étant chez soi.

Bon nombre de situations peuvent générer et accroître ces états inconfortables auxquels renvoient l'écoanxiété et la solastalgie, parmi lesquels la transformation des habitats et paysages par diverses exploitations (mines, agriculture intensive) ; l'urbanisation ; l'exploitation animale ; ainsi que l'ensemble des risques associés au changement climatique (événements météorologiques extrêmes, appauvrissement, migration forcée) auxquels sont déjà confrontées directement certaines populations du globe[5]. Par ailleurs, notons que ces états peuvent se manifester à un niveau tant mental que somatique, par des troubles du sommeil, de l'appétit, un manque de concentration, des attaques de panique, des troubles dépressifs, des idées suicidaires, voire des passages à l'acte dans les cas les plus graves. Enfin, les émotions qui peuvent s'y associer sont variées, mêlant de la colère, de la tristesse, de l'impuissance, de la peur ou encore de la culpabilité[6,7].

Il semble nécessaire de différencier plusieurs types d'éco-anxiété afin d'en proposer des réponses adaptées. Ainsi, bien que certaines formes nécessitent un suivi psychothérapeutique – lorsque l'état d'inconfort est tel qu'il empêche la personne de poursuivre ses activités –, la plupart sont définies comme non pathologiques au sens psychiatrique du terme[7]. Il semble même convenu qu'un certain degré d'éco-anxiété soit bénéfique, motivant à se renseigner sur les problématiques environnementales et transformer ses comportements pour réduire ses impacts et s'engager dans des actions de transition[8]. Ce dernier point fait écho à une vision écopsychologique de ce phénomène, comme une réaction lucide face à la dégradation de notre habitat, couplée au ressenti d'évoluer dans une société aux dynamiques dysfonctionnelles et dont les transformations, bien que nécessaires, sont traversées par une profonde inertie[9].

L'enjeu reste de taille d'accompagner les personnes présentant des signes d'éco-anxiété sous toutes ses formes afin d'éviter qu'elle n'engendre des conséquences dramatiques potentiellement irréversibles. La littérature regorge de pistes stratégiques d'accompagnement[7,10,11]. Le but dans ce qui suit sera moins d'en faire un état des lieux que d'en apporter un éclairage complémentaire au travers de l'écopsychologie. En tant que mouvement

transdisciplinaire, cette dernière n'a cessé de se développer depuis une quarantaine d'années, d'abord dans le monde anglo-saxon – au travers notamment de cursus de formations indépendants[e] ; jusqu'à la création d'un journal international en *peer review*[12]. Dans le milieu francophone, son arrivée[f] est plus récente[13,14]. En Suisse, notons par exemple son intégration ponctuelle dans l'offre des formations continues pour psychologues[g]. L'écopsychologie propose des pistes intéressantes pour penser les interdépendances fondamentales entre individu et collectif, penser l'appartenance humaine à la *nature*[h] et porter un engagement concret pour la transition vers des modes d'existence respectant les limites écologiques[15]. Enfin, elle éclaire la compréhension de l'éco-anxiété comme un phénomène essentiellement collectif, et prévient tout élan de faire porter le poids de son apaisement au seul individu.

Une lecture écopsychologique : (re)panser l'appartenance humaine à la nature

L'écopsychologie naît aux États-Unis dans la seconde moitié du XXe siècle en réaction aux dégradations écologiques de l'époque[16]. Elle vise d'une part à mieux comprendre les ressorts profonds à l'origine de ces dégradations, mais également à y apporter des réponses concrètes. Rassemblant dès ses origines tant des psychologues, environnementalistes, biologistes, ou encore philosophes, l'écopsychologie tire son inspiration de courants multiples tels que l'écologie profonde, l'écoféminisme, ou encore l'écothéologie[17]. Précisons d'emblée qu'elle ne se réduit ni à une sous-branche de l'écologie, ni à une sous-branche de la psychologie, mais constitue bien un mouvement

e. Voir notamment www.projectnatureconnect.org
f. Voir la toute nouvelle association francophone d'écopsychologie : www.afecop.com
g. Voir www.farp.ch, programme de formation 2021-2022.
h. La nature renvoie ici de manière large à la biosphère, ou la Terre, vue, dans la lignée de l'hypothèse Gaia de James Lovelock, comme un *superorganisme* dont les êtres humains font partie, en tant qu'une espèce parmi d'autres. Rappelons que dans la pensée environnementale, la nature peut se comprendre comme un métaconcept en ce qu'elle « traduit toujours une manière particulière d'être au monde, une manière de l'appréhender par les sens, les sentiments, la pensée[22] ». Dans la modernité occidentale, le terme même de nature a servi à désigner l'existence d'un monde qui se définissait en extériorité avec les humains qui l'habitaient, et comme maîtrisable par le savoir scientifique et la technique[28]. Cette vision constitue précisément une des manifestations de la déconnexion humaine à la nature que l'écopsychologie cherche à soigner. On parle aujourd'hui de *nature ordinaire*, pour désigner la nature qui s'expérimente au quotidien, présente même dans nos habitats urbanisés notamment, et qui permet de penser une palette plus riche de modalités d'interactions entre les espèces[29].

au-delà de ces dernières, visant à faire émerger un nouveau dialogue entre celles-ci afin d'en combler les lacunes respectives[18]. Elle poursuit ainsi ce double objectif d'*écologiser la psychologie* – appelant la psychologie standard de l'époque à considérer la psyché dans son appartenance à la biosphère et reconsidérer la santé mentale à l'aune de cette appartenance – et de *psychologiser l'écologie* – appelant le mouvement environnemental à revoir ses modes de communication et sensibilisation pour dépasser son caractère jugé trop culpabilisant et axé sur des données surtout chiffrées ne parlant qu'à l'intellect. À la fin du XXe siècle, il s'agit alors de réveiller la « voix de la Terre » qui sommeille en chacun pour y puiser une force motivationnelle basée non sur le sacrifice et la culpabilité, mais bien sur l'amour et l'élan de protection[19].

Le postulat de départ de l'écopsychologie est clair – la psyché humaine est intimement et inextricablement liée à la biosphère tant dans son développement que dans sa santé. Plusieurs études récentes soutiennent aujourd'hui ce postulat en montrant les bienfaits de contacts réguliers avec le monde naturel[20]. Pourtant, au cours de notre histoire humaine, nous avons développé une illusion de séparation – son origine remontant pour certains à notre passage au mode de vie sédentaire avec l'avènement de l'agriculture[21]. Cette séparation s'est ensuite creusée, façonnant et refaçonnant notre psyché et par là notre rapport au vivant. Selon la pensée écologique, cette cassure aura permis le développement d'une vision du monde anthropocentrée, à même de justifier l'exploitation du vivant relégué au statut de « ressources », auxquelles étaient octroyées principalement des valeurs instrumentales[22]. Allant de pair, l'humain s'est mis à se penser comme une espèce supérieure, « exempt » des lois naturelles[23]. De manière très concrète, cette séparation devient tangible aujourd'hui dans nos milieux de vie majoritairement urbanisés, où le contact avec la nature se fait de plus en plus rare, laissant se former un vide tant émotionnel que sensoriel dans nos rapports aux autres vivants[24]. Ce phénomène s'observe dès notre enfance déjà[25]. Pour l'écopsychologie, c'est bien cette illusion de séparation qui constitue la racine majeure des dégradations écologiques en cours et qui alimente l'inertie des transformations à engager. Cette illusion nous maintient dans un certain déni de nos propres impacts sur le monde, nous gardant bien de ressentir la nécessité d'une réorientation profonde et urgente de nos modes habituels d'être et de faire.

En cela, l'éco-anxiété représente la manifestation sensible d'un lien à la nature qui se retisse, témoin d'un malaise grandissant face aux dynamiques sociétales qui participent à dégrader l'habitabilité de la planète Terre. Ainsi, pour l'écopsychologie, nous (re)sentir appartenir à la nature doit nous conduire, en toute logique, à une prise de conscience renouvelée

de nos impacts, et à un élan naturel à entrer dans une transition forte vers des modes de fonctionnement qui restaurent et soutiennent les conditions de vie sur Terre. Cependant, force est de constater que les imbrications des dynamiques socio-politico-économiques sont si complexes, et l'ampleur et la profondeur des transformations si grandes, qu'un accompagnement non seulement individuel mais aussi collectif – au sens politique – doit se développer et se renforcer pour pouvoir aborder adéquatement ce phénomène et pouvoir en tirer toute sa force motivationnelle potentielle. L'éco-anxiété n'est donc pas un phénomène individuel, mais bien le cœur d'une transformation éminemment collective.

Un enjeu majeur se dessine en clôture de ce chapitre. Il apparaît que nous devons apprendre à vivre avec cette éco-anxiété, comme un « message salvateur », au sens de l'écopsychologie – plutôt que de tenter de s'en débarrasser comme « le mal du siècle ». Plusieurs recherches vont dans ce sens, appelant à une forme de résilience existentielle similaire à la confrontation d'enjeux ultimes comme celui de notre propre mortalité[26]. La visée semble bien de réussir à vivre avec l'idée d'un avenir incertain, de même qu'avec les émotions que cette idée génère – émotions qui constituent un moteur privilégié de mises en mouvement. En cela, le développement de connexions plus intimes avec le monde vivant constitue une piste clé pour retrouver un certain ancrage salutaire face à des références culturelles et des dynamiques de société en pleine mutation. Il convient en effet aujourd'hui de repenser et d'incarner une société qui se sent (ré)appartenir à la nature, ce qui implique une prise de position critique radicale vis-à-vis d'un certain héritage culturel de la modernité occidentale – et ce dans tous les domaines de nos activités. L'écopsychologie pose cet appel et semble bien se battre pour respecter la radicalité à la base de sa création. Cependant, cette radicalité peut avoir tendance à se fragiliser dans la volonté d'une partie du mouvement d'acquérir un statut institutionnel plus fort, au risque de *lisser* sa position critique radicale en s'intégrant à des champs disciplinaires à l'ancrage académique plus marqué – tels que la psychologie environnementale par exemple[27]. Il s'agit alors pour l'écopsychologie de réussir à défendre sa légitimité et son sérieux sans perdre de vue sa vocation critique. Cela étant dit, à l'intérieur de cette radicalité, la force de l'écopsychologie reste de défendre des chemins de transition multiples et ouverts, adaptables selon les évolutions présentes et futures de nos sociétés. Chaque pas peut et doit être porté par tous les acteurs que nous sommes peu importe nos domaines d'activités et de compétences – l'éco-anxiété se proposant ainsi comme liant fondamental.

Références bibliographiques

1. Bourque F, Cunsolo A, « Climate Change: The Next Challenge for Public Mental Health? », International Review of Psychiatry, 2014 ; 26(4) : 415-422.
2. 2. Usher K, Durkin J, Bhullar N, « Eco-Anxiety: How Thinking About Climate Change-Related Environmental Decline Is Affecting Our Mental Health », International Journal of Mental Health Nursing, 2019 ; 28(6) : 1233-1234.
3. Pihkala P, Anxiety and the Ecological Crisis: an Analysis of Eco-Anxiety and Climate Anxiety, 2020, 21.
4. Albrecht G, « Solastalgia: A New Concept in Human Health and Identity », Philosophy Activism Nature, 2005 ; 3 : 41-55.
5. Gifford E, Gifford R, « The Largely Unacknowledged Impact of Climate Change on Mental Health », Bulletin of the Atomic Scientists, 2016 ; 72 : 1-6.
6. Galway LP, Beery T, Jones-Casey K, Tasala K, « Mapping the Solastalgia Literature: a Scoping Review Study », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019 ; 16(15) : 2662.
7. Clayton S, Manning C, College M, Krygsman K, Speiser M, Cunsolo A, Derr V, Doherty T, Fery P, Haase E, Kotcher J, Silka L, Tabola J, Mental Health and our Changing Climate: Impacts, Implications, and Guidance, 2017, p. 70.
8. Brosch T, « Affect and Emotions as Drivers of Climate Change Perception and Action: a Review », Current Opinion in Behavioral Sciences, 2021 ; 42 : 15-21.
9. Bragg E, « What if...? Climate Change as Ally », Ecopsychology, 2015 ; 7(4) : 231-237.
10. Desbiolles DA, L'Éco-anxiété. Vivre sereinement dans un monde abîmé, Paris, Fayard, 2020.
11. Macy J, « Working Through Environmental Despair », in Ecopsychology: Restoring the Earth, Healing the Mind, Counterpoint, 1995, p. 240-259.
12. Doherty T, « Editorial: Leading Ecopsychology. Ecopsychology, 2009 ; 1(2) : 53-56.
13. Egger MM, Écopsychologie. Retrouver notre lien avec la Terre, 2017, Jouvence.
14. Macy J, Brown MY, Écopsychologie pratique et rituels pour la Terre. Retrouver le lien vivant avec la nature, Le Souffle d'Or, 2008.
15. Adams M, « A Social Engagement: How Ecopsychology Can Benefit From Dialogue With the Social Sciences », Ecopsychology, 2012 ; 4(3) : 216-222.
16. Roszak T (éd.), Ecopsychology: Restoring the Earth, healing the mind. Sierra Club Books, 1995.
17. Hibbard W, « Ecopsychology: A Review », Trumpeter, 2003 ; 19(2) : Article 2.

18. Scull J, « Ecopsychology: Where Does it Fit in Psychology in 2009? », Trumpeter, 2008 ; 24(3) :Article 3.
19. Roszak T, The Voice of the Earth, Simon & Schuster, 1992.
20. Capaldi C, Passmore H-A, Nisbet E, Zelenski J, Dopko R, « Flourishing in Nature: a Review of the Benefits of Connecting with Nature and its Application as a Wellbeing Intervention », International Journal of Wellbeing, 2015 ; 5(4) : 1-16.
21. Shepard P, Nature and Madness, Random House Inc, 1982.
22. Hess G, Éthiques de la nature, Presses universitaires de France, 2013.
23. Dunlap RE, Catton WR, « Struggling with Human Exemptionalism: the Rise, Decline and Revitalization of Environmental Sociology », The American Sociologist, 1994 ; 25(1) : 5-30.
24. Morizot B, Damasio A, Durand S, Manières d'être vivant. Enquêtes sur la vie à travers nous, Actes Sud, 2020.
25. Louv R, Last Child in the Woods: Saving our Children from Nature-Deficit Disorder (Main édition), Atlantic Books, 2013.
26. Pihkala P, « Eco-Anxiety, Tragedy, and Hope: Psychological and Spiritual Dimensions of Climate Change », Zygon®, 2018 ; 53(2) : 545-569.
27. Fisher A, Radical Ecopsychology: Psychology in the Service of Life, Suny Press, 2013.
28. Descola P, Par-delà nature et culture, Paris, Gallimard, 2005.
29. Bourg D, Papaux A, (eds), Dictionnaire de la pensée écologique, Paris, Presses universitaires de France, 2015, p. 685-688.

14 – Savoir environnemental et *Evidence-Based Medicine*

Bertrand Kiefer

Ce qui est annoncé par la science environnementale, avec une précision et un niveau de certitude qui ne cessent de se renforcer, ce n'est pas un lent dérèglement climatique ou une érosion progressive de la biodiversité et des écosystèmes. C'est un processus d'un impact inouï, déjà en cours, s'accélérant, en partie influençable.

Même si l'époque rechigne à en admettre l'éclatante évidence, le savoir environnemental entraîne des mutations de type anthropologique et culturel. Nous ne sommes plus sûrs, désormais, que les progrès du savoir et des technologies mèneront à une santé accrue, nous ignorons si ceux déjà accomplis seront maintenus demain. Si on regarde la réalité environnementale du monde, l'état actuel de la médecine apparaît comme un fragile momentum menacé par le tarissement des ressources et les désordres qui en résulteront, les souffrances humaines liées aux vagues de chaleur, inondations, sécheresses, maladies émergentes et migrations massives.

Elle qui prétend fonder sa démarche sur des preuves scientifiques, la médecine devrait se montrer à la pointe d'une recherche de réponses. Car les connaissances qui annoncent les changements environnementaux sont du même type que les siennes, en particulier en épidémiologie et en prédiction statistique. Et leur solidité, même si la comparaison est difficile, y est sinon supérieure, du moins équivalente à celle qui soutient une bonne partie de la pratique médicale. Réunie au sein du GIEC, une immense communauté scientifique mondiale dont les travaux concernent l'environnement s'est organisée en une structure extrêmement originale de recherche et de dialogue. Le défi est immense, mais la réflexion critique sur les modèles et les statistiques utilisés, sur la mise en commun de données provenant de multiples disciplines, ou encore sur les conséquences complexes de la variation des causes et des effets, documente les niveaux de preuve avec un haut degré de qualité[1].

Parmi les bouleversements qu'entraîne ce savoir environnemental, il y a celui qui concerne le cœur de l'épistémologie médicale. Il faut dire que la médecine a peu évolué dans son paradigme *Evidence-Based Medicine* (EBM), adopté dans les années 1990. EBM se formule à la manière

d'exigences plus que de principes rigides : dans leur pratique, les soignants doivent faire « un usage consciencieux, explicite et judicieux des connaissances scientifiques disponibles pour décider des soins à donner à leurs patients[2] ». De ces exigences a découlé tout un dispositif intellectuel et pratique pour définir des niveaux de preuves, pour classer les différents types de recherches cliniques selon leur capacité à obtenir un savoir validé et utile. Dans ses tentatives de sortir de pratiques peu claires, faites de systèmes d'autorité, de traditions et de connaissances non vérifiées, la médecine a beaucoup profité de ce mouvement. En intégrant les savoirs des multiples approches biotechnologiques ou épidémiologiques, elle est devenue plus empirique, fiable, efficace. Mais EBM s'est aussi révélé être une formidable machine de contrôle et de standardisation[3]. Et surtout elle n'a pas vraiment questionné sa manière de choisir ses champs d'exploration[4].

Fonder la médecine demande désormais d'y introduire l'ensemble des paramètres environnementaux, mais aussi la prévision de détérioration des systèmes vitaux. De nouvelles maladies vont apparaître, d'anciennes vont s'aggraver, en particulier pour des personnes fragilisées. C'est une dégradation, un effondrement peut-être, du cadre de vie global, qui s'annonce[5]. Au niveau de la santé : fragilisation des bien portants, maladies émergentes, aggravation des pathologies somatiques et psychiques. Structures inadéquates aux nouvelles conditions. Moyens sanitaires en baisse et en compétition avec d'autres besoins supplémentaires de la société. Nécessité de mettre en balance, selon un nouveau type de pondération, l'efficacité, la durabilité, la résilience, mais aussi les inégalités de santé d'origine socio-économique, dans une réflexion qui s'étend jusqu'à l'organisation de la société et l'équité globale[a]. La démarche *evidence-based* exige que soient déjà mises en place des organisations fluides et une approche culturelle ouverte[6,7] capables d'affronter de nouveaux problèmes cliniques dans une nouvelle façon de se présenter, dont les prévisions annoncent des aspects catastrophiques[8].

Pour le dire d'une autre manière, dès lors que la médecine prend en compte le savoir environnemental, une nouveauté radicale apparaît : la dimension d'évolution des pathologies et des besoins. C'est la première fois de l'histoire que l'avenir environnemental est annoncé, et l'est sous forme de difficultés croissantes et d'hostilité pour les conditions de vie des humains. C'est l'ensemble de l'écosystème dont nous faisons partie, celui

a. Sur le plan global, la plupart des pays du Sud font déjà face à ces dégradations, en particulier à la régression du cadre de vie.

qui détermine une bonne partie de notre santé, qui entre dans une forme de maladie, à l'évolution et à la gravité prédites en partie par la science, que l'on va devoir accompagner sur un long chemin thérapeutique fait de prévention des aggravations et de prise en charge des conséquences.

Les défis sont à la fois, et de manière inextricable, de dimension planétaire et locale, de santé publique et de santé individuelle. Contrairement à ce qu'affirme le discours de l'individualisme consommateur, on ne peut ni comprendre ni traiter un individu sans prendre en compte le fait qu'il est intégré dans un ensemble, formant un continuum avec ce qui n'est pas lui, avec les altérités humaines et non humaines, vivantes et non vivantes. En particulier, chaque individu doit être considéré avec l'ensemble de l'exposome. La qualité de l'air et de la nourriture, d'abord. Mais l'air, l'eau et la nourriture ont eux-mêmes des rapports à la fois directs et médiés avec les humains. Ils sont porteurs de micro-organismes et de substances – y compris toxiques – agissant directement sur nos corps. Ils interagissent aussi avec nos microbiotes (intestinal, cutané, pulmonaire, génital), fonctionnant à la manière d'organes symbiotiques et dont les influences sur la santé sont bien établies. Et ce qui est *evidence-based*[9], c'est le rôle crucial de la diversité de ces microbiotes, qui ne peut être garantie que par le respect de la diversité des écosystèmes microbiens avec lesquels ils sont en relation. On cerne aussi de mieux en mieux l'importance de leurs relations avec des environnements équilibrés et non pollués et, en contraste, l'action néfaste de nombreuses substances toxiques sur eux, ce qui altère par ricochet d'autres systèmes biologiques humains.

Sur un plan plus large, c'est l'ensemble du système de santé qui doit dès lors être repensé à la lumière d'une approche *evidence-based* des prévisions environnementales. Quel que soit le scénario d'action sociétale qui l'emportera dans les prochaines décennies – action rapide et radicale des États pour transformer l'ensemble du fonctionnement social vers le zéro émission de CO_2, ou le plus probable *business as usual* –, la médecine devra s'adapter à une baisse énergétique et des perturbations environnementales qui déstabiliseront les malades, les bien portants et le système de santé lui-même.

Une double urgence apparaît donc : celle de réorienter la recherche – en particulier les études cliniques qui servent de base à EBM – vers quantité de nouvelles questions, ou de questions qui se posent en de nouveaux termes[10]. Partout appliquer la réflexion *less is more*, mais où le *less* exprime une forme radicale d'économie intelligente. Mais il s'agit aussi de penser autrement, d'intégrer de nouveaux paramètres. Or, on est loin, par exemple,

de savoir comment évaluer l'exposition à la biodiversité. La médecine reste incapable d'utiliser des éléments d'une telle complexité dans des études permettant un niveau de preuve de type EBM. Le problème est autant épistémologique que méthodologique. Étudier et approcher la complexité écosystémique sans la séparer en sous-unités arbitraires, sans isoler les éléments de systèmes enchevêtrés aux propriétés émergentes, demandent une révolution de la science médicale. Et, seconde urgence, partir des preuves de types EBM concernant les changements environnementaux pour transformer l'ensemble du système de santé : sa structure, la place de l'hôpital, ses incitatifs financiers, le rôle de l'ambulatoire et des soins à domicile. Mais aussi son impact propre sur l'évolution environnementale et les disparités sociales. Médecine et politique sont profondément intriquées. Sans compter un élément de complexité supplémentaire : la notion de santé elle-même dépend des échanges dans la sphère culturelle. Ce qui est désiré comme santé, considéré comme telle, par les groupes ou les personnes, dépend aussi d'un jeu systémique d'opinions, de valeurs, de visions du monde, d'échanges idéologiques, de manipulations, de marketing de toutes sortes. Toute culture coévolue avec une vision de la santé qui lui est propre.

L'interdépendance santé-environnement fait que la santé d'un individu ne peut jamais être décrétée d'une façon absolue. La santé apparaît davantage comme un équilibre que comme une absence de maladies, d'anormalités ou de douleurs.

L'un des grands mouvements de la médecine, ces dernières années, mouvement que EBM a largement supporté, a consisté à prendre en compte les préférences et valeurs des patients[11]. Or à ce mouvement le savoir environnemental apporte des limites. Chaque personne doit être considérée selon son autonomie, mais en sachant qu'elle n'existe qu'en lien avec des systèmes, humains ou non, c'est-à-dire à l'intérieur d'une réalité qui lui impose ses limites. Nul n'est seul avec ses préférences. Certaines, bien sûr, n'ont pas d'impact hors de l'individu et donc ne concernent que lui. Mais d'autres sont impossibles à séparer du groupe et de l'environnement.

Chercher à satisfaire les besoins des personnes ne suffit donc pas. Sans compter que ces besoins sont eux-mêmes inclus dans des espèces d'écosystèmes culturels, eux-mêmes en perte de diversité. Impossible de faire l'impasse sur les nouveaux moyens d'informations et de propagande qui cherchent à déterminer ces besoins. Quantité d'acteurs influencent les préférences et même les désirs de chacun, mais influencent aussi la médecine et le système de santé. On cite souvent l'industrie pharmaceutique, qui essaie d'entretenir, auprès des médecins comme dans la population, la

croyance qu'à chaque maladie correspond un (ou plusieurs) médicament(s). Tout le système économique est monté avec de semblables ressorts.

La médecine elle-même, qui professe ces jours sa foi dans le *less is more* et le *choosing wisely*, et qui en même temps promeut par quantité de moyens, plus ou moins conscients et intéressés, le *more is beautiful*, et le commerce médical qui l'accompagne. De leur côté les nouveaux acteurs du *big data*, de plus en plus influents et puissants, accumulent de colossales masses de données et ne cessent de produire d'attractives applications en santé. Ils enveloppent tout cela d'une promesse de meilleure médecine, d'un futur où le savoir digitalisé permettra aussi bien de soigner que de lutter contre l'âge, cet ultime ennemi. Finalement, il y a le rapport de plus en plus étroit que chacun d'entre nous entretient avec la consommation de soins et de diagnostics, où le désir s'engendre lui-même et où le besoin répond en boucle à l'angoisse (du manque, de la dégradation ou de finitude).

Les valeurs viennent d'une circulation de la parole, du logos. Affirmer, selon une vision économique et utilitariste, qu'elles découlent de la satisfaction de besoins, c'est se borner à reproduire le mythe dont on est soi-même issu.

Pour s'adapter au changement climatique et environnemental, la médecine ne peut pas faire l'économie de débusquer les non-dits de son non-changement. L'argent et les pouvoirs en place, bien sûr. Mais en même temps quantité de phénomènes de croyance. Pour la pensée contemporaine, la santé est à la fois une perfection et un idéal de type religieux. Le continuel glissement de la consommation vers le domaine de la médecine traduit, si l'on regarde bien, un phénomène complexe de désir narcissique d'exister et d'angoisse devant la mort. Pour beaucoup de contemporains, la santé s'exprime comme : « zéro souffrance, prolongation de la vie et intensification de soi » (selon les mots de Peter Sloterdijk[12]). Pourquoi pas ? Sauf que toute logique purement individualiste et faisant fi des lois écosystémiques s'effondre devant la réalité.

EBM représente une forme de langage essentiel à la médecine. Mais sa configuration actuelle n'est plus adéquate. Non que les « preuves » qu'elle produit soient frappées d'erreur. Mais plutôt que leur niveau de complexité n'apparaît plus suffisant. Ce qui doit absolument survivre de cette démarche, c'est son exigence de rapport au réel, et la méthode qu'elle propose à la pratique. C'est aussi sa manière de s'intéresser aux préférences des patients, bien plus qu'à un idéal abstrait. Mais à tout cela, pour faire évoluer EMB, il faut désormais ajouter le rapport aux dimensions écosystémiques, et à leurs prolongements sociétaux, de la santé.

C'est l'ensemble de l'univers médical qui change et pour lequel il faut chercher de nouveaux mots, de nouveaux concepts. Des bouleversements attendent la taxonomie nosologique – autrement dit le classement des maladies. La génétique, les marqueurs moléculaires ou les données de comportement sont de plus en plus importants, certes. Mais dans la recherche de la causalité des maladies, le savoir environnemental montre qu'il n'y a de maladie que globale, que chaque humain n'existe que dans un partage continu avec les autres et avec le non-humain, et particulier avec le vivant, formant avec lui un mélange inséparable.

« L'espace d'ordre qui servait de lieu commun à la représentation et aux choses, à la visibilité empirique et aux règles essentielles, qui unissait les règles de la nature et les ressemblances de l'imagination dans le quadrillage des identités et des différences [...] et permettait de parcourir pas à pas selon une suite logique l'ensemble des éléments de la nature rendus contemporains d'eux-mêmes – cet espace d'ordre est désormais rompu », écrit Michel Foucault pour décrire la fin de l'âge classique et l'avènement des sciences humaines[13]. C'est à un moment d'une pareille amplitude que nous assistons. À la différence qu'il s'applique maintenant au monde, et surtout à la petite et fragile pellicule de vie d'une dizaine de kilomètres d'épaisseur qui entoure la Terre.

Références bibliographiques

1. www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_TechnicalSummary.pdf.
2. Sackett DL, Rosenberg WMC, Gray JAM, Haynes RB, Richardson WS, « Evidence Based Medicine: What It Is And What It Isn't », British Medical Journal, 1996 ; 312 :71. DOI:10.1136/bmj.312.7023.71.
3. Greenhalgh T, Howick J, Maskrey N, « Evidence Based Medicine: a Movement in Crisis? », British Medical Journal, 2014 ; 348 : g3725. DOI:10.1136/bmj.g3725.
4. Jenicek M, Foundations of Evidence-Based Medicine: Clinical Epidemiology and Beyond, 2nd ed., CRC Press, 2019. https://doi.org/10.1201/9780429198137
5. Ripple WJ, Wolf C, Newsome TM, Barnard P, Moomaw WR, « World Scientists' Warning of a Climate Emergency », Bioscience, 2019 ; 70 : 8-12.
6. Ranger N, Reeder T, Lowe J, « Addressing "Deep" Uncertainty Over Long-Term Climate in Major Infrastructure Projects: Four Innovations of the Thames Estuary 2100 Project », EURO Journal on Decision Processes, 2013 ; 1 : 233-262.
7. Sellers S, Ebi KL, Hess J, « Climate Change, Human Health, and Social Stability: Addressing Interlinkages », Environmental Health Perspectives, 2019 ; 12745002.

8. Operational Framework for Building Climate Resilient Health Systems. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2015.
9. Valdes AM, et al., « Role of the Gut Microbiota in Nutrition and Health », British Medical Journal, 2018 : 2179. Abrahamsson TR, et al., « Low Gut Microbiota Diversity in Early Infancy Precedes Asthma at School Age », Clinical & Experimental Allergy, 2014 : 842-850.
10. Sturmberg JP, « Evidence-Based Medicine—Not a Panacea for the Problems of a Complex Adaptive World », Journal of Evaluation in Clinical Practice, 2019 ; 25 : 706-716. https://doi.org/10.1111/jep.13122.
11. Sackett DL, et al., « Evidence Based Medicine », British Medical Journal, 1996 : 170.
12. Sloterdijk P, Ni le soleil ni la mort, Paris, Pauvert, 2003.
13. Foucault M, Les Mots et les Choses. Une archéologie des sciences humaines, Paris, Gallimard, 1966.

15 – Les articulations entre le biologique et le social dans l'évaluation des risques toxicologiques : vers une approche ancrée dans le corps et la vie quotidienne

Luca Chiapperino et María del Río Carral

Les technologies « omiques » représentent la dernière génération de techniques expérimentales en toxicologie humaine. L'étude des modifications épigénétiques, protéomiques ou métabolomiques, ainsi que de leurs effets sur la biologie humaine, offre aux scientifiques la possibilité de relever avec optimisme nombre des défis qui animent ce champ de recherche. L'objectif principal de la toxicologie – qui consiste à évaluer, étudier, traiter et prévenir les effets néfastes des substances chimiques sur les organismes vivants – est soupçonné bénéficier grandement de la disponibilité croissante de ces données et méthodes[1,2]. En particulier, les méthodes « omiques » sont souvent présentées comme marquant un « changement de paradigme » dans l'évaluation des risques chimiques (*risk assessment*)[3]. Non seulement ces technologies promettent de découvrir des mécanismes de toxicité inconnus jusqu'à présent, mais elles mettent en avant également une approche plus fine de l'évaluation des risques. Les technologies « omiques » visent à faire progresser les standards (scientifiques et législatifs) de mesure quantitative de la toxicité des produits chimiques. Outre l'identification de biomarqueurs d'expositions chroniques à doses modestes, les « omiques » offrent une opportunité nouvelle d'évaluation de la toxicité des produits chimiques au-delà des approches basées sur dose-réponse (c'est-à-dire visant à mettre en évidence une relation proportionnelle entre les doses et les effets d'une substance). Ces technologies sont plutôt mobilisées pour déterminer comment les prédispositions biologiques individuelles (par exemple, les différences génétiques) se combinent à de multiples facteurs environnementaux (par exemple, la nutrition ou les environnements chimiques, sociaux et professionnels) pour produire des configurations (biologiques, chimiques, physiologiques) uniques de vulnérabilité individuelle. L'évaluation du risque devient ainsi une estimation de l'effet *cumulatif* des déterminants biologiques, sociaux et, notamment, chimiques des expositions et des risques de santé liés aux expositions[4]. En résumé, au-delà d'une stricte approche basée sur l'évaluation de la dose pouvant engendrer un effet

nocif ou un risque toxicologique, les méthodes « omiques » promettent une évaluation fine, complexe, dynamique dans le temps et plus précise des effets des produits chimiques sur la santé. C'est aussi pour cette raison que l'on témoigne d'une (intention de) convergence transdisciplinaire propulsée par l'adoption de ces méthodes en toxicologie. L'ouverture du champ aux déterminants mixtes biologiques, sociaux, environnementaux et chimiques des risques toxicologiques s'est récemment traduite par un appel à jeter des ponts entre la toxicologie et les disciplines de pointe en matière de recherche, de pratiques et de politiques environnementales et sanitaires, telles que l'épidémiologie moléculaire et sociale, la santé environnementale et l'exposomique[5].

En tant que chercheur·e·s en sciences sociales intéressé·e·s par le rôle de la science et de la technologie dans le façonnement de nos sociétés, nous nous questionnons sur une toxicologie humaine axée sur les « omiques ». Et cela pour plusieurs raisons. Premièrement, nous soulignons que ces développements méthodologiques et conceptuels ne sont pas une nouveauté pour la recherche et l'action publique inspirées par des domaines de recherche liés aux effets de l'environnement sur notre santé. La toxicologie chevauche les pratiques scientifiques et politiques d'une manière qui met constamment en péril sa légitimité ou sa crédibilité et qui engendre une reconfiguration de ses fondements théoriques et pratiques[6]. Les faits issus des disciplines associées à la toxicologie sont souvent remis en question et la légitimité de ces approches contestée en raison des enjeux économiques et sociaux liés à leurs objets de recherche[7]. Les « omiques » ne sont, selon cette perspective, qu'une tentative récente de régler les désaccords et les controverses liés à la standardisation et à l'efficacité des méthodes d'évaluation des risques environnementaux pour la santé par des solutions technologiques. Deuxièmement, un regard rétrospectif sur l'histoire de la toxicologie, de la santé environnementale et du *biomonitoring* fournit un cadre interprétatif alternatif à la lecture des méthodes « omiques » comme catalyseur d'un changement de paradigme en toxicologie. Celles-ci sont, selon cette perspective, plutôt la version du XXIe siècle d'une préoccupation qui, sans trouver de réponse ultime, pourrait remonter à l'hygiénisme du XIXe siècle, voire à la médecine antique : comment rendre compte de la plasticité biologique et de la vulnérabilité du corps à son environnement[8,9] ? Enfin, nous nous interrogeons également sur les implications que l'utilisation de ces techniques moléculaires a sur la production d'une notion de risque toxicologique et/ou environnemental. Comment les « omiques » comprennent-elles les processus biologiques, chimiques et socio-environnementaux produisant des risques sanitaires

liés à l'exposition aux agents chimiques ? À cet égard, on peut considérer que les « omiques » participent à un tournant historico-épistémologique dans l'évaluation des risques toxicologiques initié au XXe siècle, qui consiste en une molécularisation progressive de la compréhension des liens corps-environnement. À partir des années 1960, les tests chimiques sont devenus capables de mesurer des doses de substances de plus en plus petites et, avec l'aide des outils de la biochimie, le regard des tests toxicologiques c'est progressivement tourné vers l'intérieur du corps humain. Cette tendance a progressivement déplacé le centre d'intérêt de l'évaluation des risques des substances et de leur composition chimique vers le corps humain lui-même : son fonctionnement interne est petit à petit devenu le référentiel pour comprendre le risque toxicologique environnementale tout au long du XXe siècle[10]. Les technologies « omiques » peuvent donc être comprises comme l'aboutissement de cette trajectoire dans l'évaluation des risques, qui augmente la résolution de la perméabilité du corps à son environnement jusqu'au niveau des molécules composant notre génome[11]. Cela faisant, les « omiques » ne font que réitérer une vision problématique des risques liés aux expositions chimiques, déjà présente dans les approches moléculaires qui les précèdent. Une vision qui fait de « la contamination omniprésente et persistante de l'environnement une question hautement individuelle[10] », c'est-à-dire, une question de *biomonitoring*, ou d'identification des biomarqueurs d'exposition. Cette vision du risque toxicologique se concentre sur la biologie au détriment des complexités de la relation corps-environnement, et notamment de la considération de la nature profondément sociale de la distribution des expositions dans nos sociétés.

Dans ce chapitre, nous souhaitons interroger les approches de santé environnementale et de toxicologie inspirées par les « omiques ». Nous soutenons que ces approches offrent la possibilité de nourrir et explorer une vision du corps humain et sa biologie comme étant contingents à des facteurs sociaux, politiques et historiques[12]. Comme l'ont souligné les anthropologues Patrick Bieler et Jörg Niewöhner[13], l'ironie veut que plus les niveaux d'analyse moléculaire et cellulaire deviennent fins, plus les scientifiques réalisent que notre biologie est profondément affectée par ses conditions psychosociales et environnementales. Ce tournant post-génomique dans les sciences de la vie suggère plutôt que le corps humain soit une entité biosociale, ouverte, malléable et plastique, façonnée par des forces sociales tout comme par des influences biologiques[14]. Nos environnements matériels et sociaux ne sont pas seulement des « catalyseurs », des « facteurs de stress non chimiques » ou des « facteurs confondants »

de l'analyse des doses-réponses aux risques environnementaux. Plutôt, on peut dresser un tableau plus complexe des expositions : celui de multiples effets de boucle (*looping effects*) entre les environnements et le corps, entre les conditions sociales et les facteurs de stress chimiques, entre les milieux de vie et la toxicité, entre la biographie et la biologie. Cette dynamique complexe est ce qui produit les risques et les maladies liés à l'exposition. L'étude de cette complexité biosociale des expositions pourrait faire partie de l'agenda de la toxicologie basée sur les « omiques », et constitue un défi à relever à travers les efforts conjoints des sciences sociales et de la santé.

Comment le « social » existe-t-il en toxicologie ?

Nous ne sommes certainement pas les seuls à affirmer l'importance et la pertinence des modulateurs psychosociaux des expositions pour la promotion de la santé environnementale. Une ligne de recherche en toxicologie et santé environnementale qui tient compte des facteurs psychosociaux se situe au carrefour de l'épidémiologie sociale, de la sociologie des risques, et des études sur les expositions environnementales[15]. Ces études, qui adoptent principalement une perspective quantitative, ont par exemple documenté les effets sur la santé des configurations sociales et, en particulier, des inégalités sociales. Spécifiquement, des liens entre certaines métriques de la condition sociale et les environnements à risque en matière de santé ont été documentés. Ceux-ci incluent : le statut socio-économique (SSE)[5,16,17] ; l'histoire personnelle d'exposition aux toxiques[18] ; les conditions de vie et logement[19] ; et les types d'occupation au sein des communautés défavorisées, ainsi que des minorités[20]. Si ces déterminants offrent un aperçu des différentes vulnérabilités à l'exposition dans nos sociétés, ils ne permettent pas de comprendre comment les adversités psychosociales – telles que le stress chronique, la précarité du logement, les désavantages socio-économiques, ou les conditions de travail – ont un impact différentiel sur la santé en modulant les expositions de chaque individu. Par exemple, ces mesures ne permettent pas de distinguer le rôle causal des différentes composantes du SSE (par exemple, l'éducation, le revenu, la profession) dans l'étiologie des maladies liées aux expositions.

À la lumière de ce constat, certains ont affirmé que ces données offrent une connaissance limitée de la modulation psychosociale des effets des expositions sur la santé. Cela est dû au fait que ces facteurs structurels n'affectent pas directement les expositions[21]. Selon ces points de vue,

également connus sous le nom de *Riskscapes*[15] ou *Cumulative Risk Assessment* (CRA)[5], ces conditions structurelles agissent sur la santé en combinaison les unes avec les autres et/ou avec d'autres processus psychologiques et physiologiques[5]. Les facteurs de stress psychosociaux touchent les individus de manière différente et inégale (même au sein des mêmes groupes à risque) et ont un « effet modificateur » sur les expositions qui est actuellement peu étudié[22]. À l'intérieur même des communautés défavorisées et fortement exposées aux polluants ou aux produits chimiques pourraient donc y avoir des individus – plus vulnérables parmi les vulnérables – qui subissent des conséquences sanitaires plus importantes liées à ces expositions en raison d'une incidence plus élevée des facteurs de modification liés aux stress psychosociaux. Les risques dépendent, autrement dit, d'autres facteurs que simplement les niveaux d'exposition *per se*, ou de l'appartenance à un group dit « à risque ». En faveur de cette hypothèse psychosociale de la modulation des risques environnementaux, certains résultats démontrent à la fois les effets d'exacerbation des conditions sociales par rapport aux expositions, et le rôle protecteur d'une condition sociale favorisée vis-à-vis des risques liés aux expositions aux toxiques environnementaux[18]. Ainsi, l'étude du rôle de ces déterminants psychosociaux des risques liés à l'exposition demande l'étude de « l'interaction à plusieurs niveaux et l'interaction possible des facteurs de stress psychosociaux avec les risques environnementaux[15] ».

Cette perspective s'attache à analyser le lien entre les déterminants psychosociaux de l'exposition et leur interaction synergique avec les processus biologiques et chimiques[22]. Ce faisant, elle élargit l'objet de l'évaluation des risques toxicologiques et environnementaux afin d'inclure les effets quantitatifs (exacerbation, modification, atténuation) sur l'exposition : (i) des facteurs de stress physiques tels que le bruit, les radiations, la température et l'humidité ; (ii) des facteurs psychosociaux tels que des difficultés dans l'enfance, des facteurs de stress individuels (par exemple, la précarité, le tabagisme, la profession) et communautaires (par exemple, vivre près d'une source de pollution) ; (iii) des caractéristiques du milieu de vie (par exemple, l'emplacement, la densité, la qualité du logement, ainsi que la sécurité, la précarité, les conflits et les finances du ménage) ; et (iv) des réponses biologiques aux facteurs de stress psychosociaux connus sous le nom de charge allostatique (*allostatic load*) (par exemple, niveaux de cortisol, fonction immunitaire, pression sanguine, rythme cardiaque)[5,15,19,22-24]. Au-delà d'une focalisation exclusive sur les substances chimiques, cette ligne de recherche complexifie la notion de risque pour les communautés exposées : cela est un phénomène impliquant des interactions complexes

entre facteurs biologiques, psychologiques et sociaux. Cette approche soutient l'idée que les maladies liées à l'exposition ne sont pas simplement une question de modes d'action (*modes of action*) des substances, de doses-réponses et d'interactions chimiques. Ce sont plutôt les circonstances sociales immédiates et les expositions environnementales (structurées à leur tour par des facteurs politiques, socioculturels et historiques) qui façonnent la physiologie de l'exposition. En tant que tels, ces facteurs psychosociaux constituent des « marqueurs d'hétérogénéité » prometteurs – et largement négligés – dans l'étude et la stratification des risques et des maladies[25]. L'impact diversifié et différentiel des expositions pourrait être le résultat de vulnérabilités à comprendre dans un langage outre que celui de la chimie et de la biologie, celui des « contingences matérielles, psychosociales et environnementales socialement structurées[25] » des expositions.

La contribution des récits ancrés dans le corps

Inspiré·e·s par le cadre des *Riskscapes* sur les questions de santé liées à l'exposition, nous voulons aller plus loin dans la conceptualisation des articulations complexe entre le biologique et le social dans l'évaluation des risques toxicologiques. En particulier, nous proposons d'approfondir l'exploration de la manière dont les expositions sont imbriquées dans la vie quotidienne des communautés exposées. Pour ce faire, nous adoptons une approche qualitative, basée sur l'expérience des expositions et les pratiques y associées, qui vise à comprendre les expositions en tant que phénomènes vécus et ancrés dans le corps. Cette approche a le potentiel d'expliciter les façons dont les individus donnent un sens à leur corps exposé tout en agissant ou en évoluant dans des environnements sociaux et matériels de la vie quotidienne.

En tant que phénomène biologique et psychosocial complexe, les expositions pourraient être étudiées à travers des récits du risque basés sur l'expérience vécue des individus à la première personne. Par « récits » nous désignons ici un processus spécifique de co-construction de significations que les individus attachent aux expositions dans différents milieux de vie. Si les récits sont des constructions personnelles tirées des expériences individuelles, ils s'ancrent également dans des interactions sociales et des discours sociaux préexistant à l'individu, ainsi que dans les contraintes matérielles des risques environnementaux. De ce point de vue, les expositions sont des histoires personnelles de santé, qui émergent d'interactions sociales, contextes et matérialités spécifiques, ainsi que des discours

scientifiques sur le risque et la toxicité. Par ce biais, une approche narrative consisterait en l'analyse qualitative de la manière dont les individus se positionnent et agissent dans la vie quotidienne face aux déterminants environnementaux de la santé. En effet, au-delà des analyses sociologiques quantitatives de facteurs économiques et sociaux de modification des expositions, les risques se matérialisent à la croisée de menaces chimiques et de facteurs psychosociaux entendus comme *phénomènes vécus individuellement et collectivement*. Dans ce sens, les expositions représentent une question d'identité et de citoyenneté, engendrant des rapports à soi-même et aux autres, avec lesquelles les individus s'engagent de façon unique et située[26,27].

Au-delà des singularités, les récits sur les expositions tirent également leur sens et leur valeur des répertoires et des scripts d'interprétation à disposition au sein d'un groupe ou d'une communauté dans des espaces spécifiques. Également connues sous le nom d'« histoires écosociales » (*ecosocial histories*)[28,29], ces ressources sont des hypothèses collectives, à savoir des façons de connaître et de vivre avec les expositions qui préexistent et structurent la création de récits individuels. Des communautés et des groupes différents possèdent probablement un répertoire de connaissances et de pratiques spécifiques qui informent les réponses individuelles et collectives aux risques environnementaux. Non seulement ces répertoires sont inaccessibles aux analyses toxicologiques, mais ils sont aussi un angle mort des méthodes quantitatives pour mesurer les effets du stress psychosocial sur la modulation des risques liés aux expositions. Cependant, ces répertoires peuvent constituer des connaissances utiles à concevoir et adapter des interventions spécifiques à chaque communauté, en impliquant leur savoir et leurs récits collectifs dans le développement des mesures pour la réduction de l'exposition et pour la gestion des risques.

Enfin, ces récits sont en constante évolution, dynamiques et pas toujours rationnels. Ils font partie intégrante des modalités d'action personnelles au-delà de constituer une culture des pratiques collectives et professionnelles. Ils s'entremêlent avec les dimensions affectives et sociales des individus concernés[30]. Autrement dit, ces récits sont ancrés dans le corps[31]. En plus de contribuer à la compréhension de la manière dont les gens vivent les expositions et leur donnent un sens[29], ces récits constituent des expériences corporelles de ressenti, de détection et de contrôle des expositions. Les récits ne sont pas simplement des représentations discursives des expositions et des risques toxiques ; ce sont des processus qui font

travailler les individus exposés sur et avec leur corps, afin de transformer les configurations sociostructurelles de l'exposition et ce faisant mitiger les risques y associés. La conceptualisation et l'étude des expositions sous l'angle de tels récits rejettent donc deux idées intimement liées : l'une est que le corps soit un simple objet sur lequel les risques environnementaux, les produits chimiques toxiques, les expositions au travail, etc. ont un impact ; l'autre est que ce processus soit objectivable seulement avec les outils et approches des sciences naturelles et biomédicales. Au contraire, ces récits révèlent le corps en tant que sujet, c'est-à-dire en tant qu'entité structurée et structurante qui donne forme à des manières situées de vivre avec et comprendre les expositions.

L'étude de ces récits nous permet de se questionner sur les déterminants matériels, psychosociaux et environnementaux des maladies liées aux expositions de façon plus intégrative et contextualisée que ne le font les évaluations quantitatives citées plus haut. Comment les pratiques quotidiennes engagent-elles le corps des individus concernés par des risques environnementaux ? Quelles sont les stratégies que des groupes spécifiques mettent en place pour contrôler ces risques ? Quels sont les savoirs profanes qui justifient ces stratégies et avec quels effets/efficacité ? Comment les individus agissent-ils sur leur corps pour contenir l'exposition ? Comment développent-ils, à travers des pratiques et des récits collectifs, des connaissances alternatives aux « standards de sécurité » codifiés ? Et quels sont les barrières et les obstacles qui empêchent le dialogue entre ces registres de connaissance « experte » et « profane » ? Ce ne sont là que quelques interrogations que la perspective que nous présentons ici pourrait apporter à une évaluation située des vulnérabilités biopsychosociales en matière de santé environnementale. Contrairement aux lignes de recherche quantitative existante, notre approche ne vise pas une applicabilité à la population générale. Et *vice-versa*, elle offre peu de possibilités de généraliser ses résultats à d'autres populations que celles étudiées. Cependant, le potentiel de cette approche est de faire progresser des formes d'évaluation des risques axés sur l'inclusion et le savoir des communautés concernées. D'une part, l'accent mis sur les récits va au-delà de l'idée que l'évaluation des risques est un processus itératif et dynamique consistant uniquement en un transfert d'informations entre experts scientifiques (y compris les organes sociaux et politiques commanditaires) et le public. En étudiant les récits, les multiples facteurs psychosociaux de l'exposition et du risque se retrouvent au centre d'un processus socioscientifique de collaboration et/ou d'apprentissage qui tire parti des connaissances développées par les

communautés exposées elles-mêmes. Évaluer le risque devient, dans ce contexte, comprendre le risque en tant que phénomène situé[23].

D'autre part, cette collaboration des communautés concernées offre également la possibilité de transformer l'évaluation des risques en un programme de santé publique participatif et en une mesure d'*empowerment* (autonomisation) des communautés intéressées. Une telle approche tire parti des points de vue des citoyen·e·s, de leur engagement, ainsi que de leur apport en termes de savoir pour explorer des formes de changement et de développement social visant les sources de risque et de toxicité[32,33].

Conclusion

L'expansion des *Riskscapes* psychosociaux par les récits ancrés dans le corps des individus concernés nous permet de donner un tout autre sens au virage vers la post-génomique et les « omiques » en toxicologie. Ces méthodes portent déjà l'attention de la recherche en santé environnementale sur les modifications moléculaires qui résultent d'une imbrication unique entre modulateurs biopsychosociaux et contextuels des expositions. Les récits ancrés dans le corps nous rappellent que ces risques biologiques sont façonnés par des configurations et processus sociaux uniques, que nous avons caractérisés d'expériences vécues, de relations communautaires et d'histoires écosociales. Exploiter le potentiel des approches « omiques » pour la toxicologie du futur demande donc de prendre au sérieux la complexité biosociale qui définit les expositions individuellement et collectivement. Selon cette perspective, les mécanismes moléculaires ne devraient pas être le seul intérêt de la recherche et de l'intervention en santé publique. Dans ce contexte, les données « omiques » s'avèrent une information fondamentale pour détailler la manière dont la biologie est façonnée par la condition sociale : elles permettent d'analyser les effets des processus psychosociaux qui façonnent les risques liés aux expositions, ainsi que d'examiner les effets des mesures préventives sur les mêmes déterminants psychosociaux. Cependant, à la croisée du biologique et du social, les récits ancrés dans le corps ajoutent à ce répertoire savant l'importance d'une attention aux expériences et aux pratiques des populations vulnérables. Loin de lui être alternatifs, ces récits offrent aux études basées sur les « omiques » un accès privilégié à la manière dont les expériences de l'exposition produisent et donnent un sens aux processus physiologiques d'exposition, tout comme aux risques, morbidités et leurs conséquences sanitaires. Sans doute ces informations sembleront trop

contingentes et subjectives à une version de la toxicologie humaine fortement dépendante des mesures quantitatives et probabilistes du risque. Cela pourrait, au contraire, être une vertu de notre approche si nous gardons fermement à l'esprit que les configurations psychosociales des expositions sont une question de recherche biomédicale autant qu'une préoccupation sociale.

Références bibliographiques

1. Angrish MM, Allard P, McCullough SD, Druwe IL, Chadwick HL, Hines E, Chorley BN, « Epigenetic Applications in Adverse Outcome Pathways and Environmental Risk Evaluation », Environmental Health Perspectives 2018 ; 126(4) : 045001. https://doi.org/10.1289/EHP2322.
2. Olesti E, González-Ruiz V, Wilks MF, Boccard J, Rudaz S, « Approaches in Metabolomics for Regulatory Toxicology Applications », Analyst, 2021 ; 146(6) : 1820-1834. https://doi.org/10.1039/D0AN02212H.
3. Garcia-Reyero N, Murphy C, A Systems Biology Approach to Advancing Adverse Outcome Pathways for Risk Assessment, 1st ed., New York, Springer International Publishing AG, 2018.
4. Lewis AS, Sax SN, Wason SC, Campleman SL, « Non-Chemical Stressors and Cumulative Risk Assessment: An Overview of Current Initiatives and Potential Air Pollutant Interactions », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2011 ; 8(6): 2020-2073. https://doi.org/10.3390/ijerph8062020.
5. Barouki R, Audouze K, Becker C, Blaha L, Coumoul X, Karakitsios S, Klanova J, Miller GW, Price EJ, Sarigiannis D, « The Exposome and Toxicology: A Win-Win Collaboration », Toxicological Sciences: An Official Journal of the Society of Toxicology, 28 février 2022 ; 186 (1) : 1-11. https://doi.org/10.1093/toxsci/kfab149.
6. Demortain D, « Regulatory Toxicology in Controversy », Science, Technology, & Human Values, 2013 ; 38(6) : 727-748. https://doi.org/10.1177/0162243913490201.
7. Henry E, « Governing Occupational Exposure Using Thresholds: A Policy Biased Toward Industry », Science, Technology, & Human Values, mai 2021 ; 01622439211015300. https://doi.org/10.1177/01622439211015300.
8. Chiapperino L, Panese F, « On the Traces of the Biosocial: Historicizing "Plasticity" in Contemporary Epigenetics », History of Science, novembre 2019 ; 42. https://doi.org/10.1177/0073275319876839.
9. Meloni M, Impressionable Biologies, 1st ed., New York, Routledge, 2019.
10. Creager ANH, « Human Bodies as Chemical Sensors: A History of Biomonitoring for Environmental Health and Regulation », Studies in History and Philosophy of Science Part A, Experiencing the Global Environment, août 2018 ; 70 : 70-81. https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2018.05.010.

11. Shostak S, « The Emergence of Toxicogenomics: A Case Study of Molecularization », Social Studies of Science, 2005 ; 35(3) : 367-403. https://doi.org/10.1177/0306312705049882.
12. Meloni M, Cromby J, Fitzgerald D, Lloyd S, « Introducing the New Biosocial Landscape », in The Palgrave Handbook of Biology and Society, Londres, Palgrave Macmillan, Springer, 2018, p. 1-22.
13. Bieler P, Niewöhner J, « Universal Biology, Local Society? Notes from Anthropology », in Meloni M, Cromby J (eds), The Palgrave Handbook of Biology and Society, Des Fitzgerald, and Stephanie Lloyd, Londres, Palgrave Macmillan UK, 2018, p. 641-662. https://doi.org/10.1057/978-1-137-52879-7_27.
14. Richardson SS, Hallam S (eds), Postgenomics: Perspectives on Biology after the Genome, Durham, Duke University Press, 2015.
15. Morello-Frosch R, Shenassa ED, « The Environmental "Riskscape" and Social Inequality: Implicationsfor Explaining Maternal and Child Health Disparities », Environmental Health Perspectives, 2006 ; 114(8) : 1150-1153. https://doi.org/10.1289/ehp.8930.
16. Buekers J, Colles A, Cornelis C, Morrens B, Govarts E, Schoeters G, « Socio-Economic Status and Health: Evaluation of Human Biomonitored Chemical Exposure to Per- and Polyfluorinated Substances across Status », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018 ; 15(12). https://doi.org/10.3390/ijerph15122818.
17. Levy JI, « Is Epidemiology the Key to Cumulative Risk Assessment? », Risk Analysis, 2008 ; 28(6) : 1507-1513. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01121.x.
18. Allen DW, « Social Class, Race, and Toxic Releases in American Counties, 1995 », The Social Science Journal, 2001 ; 38(1) : 13-25. https://doi.org/10.1016/S0362-3319(00)00109-9.
19. Rauh VA, Landrigan PJ, Claudio L, 2008. « Housing and Health: Intersection of Poverty and Environmental Exposures », Annals of the New York Academy of Sciences, 2008 ; 1136(1) : 276-288. https://doi.org/10.1196/annals.1425.032.
20. Ruiz D, Becerra M, Jagai JS, Ard K, Sargis RM, « Disparities in Environmental Exposures to Endocrine-Disrupting Chemicals and Diabetes Risk in Vulnerable Populations », Diabetes Care, 2018 ; 41(1) : 193-205. https://doi.org/10.2337/dc16-2765.
21. Clougherty JE, Shmool JLC, Kubzansky LD, « The Role of Non-Chemical Stressors in Mediating Socioeconomic Susceptibility to Environmental Chemicals », Current Environmental Health Reports, 2014 ; 1(4) : 302-313. https://doi.org/10.1007/s40572-014-0031-y.
22. Clougherty JE, Kubzansky LD, « A Framework for Examining Social Stress and Susceptibility to Air Pollution in Respiratory Health », Environmental Health Perspectives, 2009 ; 117(9) : 1351-1358. https://doi.org/10.1289/ehp.0900612.

23. Banken R, « From Concept to Practice: Including the Social Determinants of Health in Environmental Assessments », Canadian Journal of Public Health 1999 ; 90 (S1) : S27-30. https://doi.org/10.1007/BF03403575.
24. Rogge ME, « Social Vulnerability to Toxic Risk », Journal of Social Service Research, 1996 ; 22(1-2) : 109-129. https://doi.org/10.1300/J079v22n01_07.
25. Geronimus AT, « Deep Integration: Letting the Epigenome Out of the Bottle Without Losing Sight of the Structural Origins of Population Health », American Journal of Public Health, 2013 ; 103(1) : 56-63. https://doi.org/10.2105/AJPH.2013.301380.
26. Rabinow P, Rose N, « Biopower Today », BioSocieties, 2006 ; 1(2) : 195-217. https://doi.org/10.1017/S1745855206040014.
27. Petryna A, Life Exposed: Biological Citizens after Chernobyl, Princeton, NJ, Princeton University Press, 2013.
28. Edelstein MR, Contaminated Communities: Coping With Residential Toxic Exposure, 2nd ed., Boulder, Colo, Westview Press, 2003.
29. Altman RG, Morello-Frosch R, Green Brody J, Rudel R, Brown P, Averick M, « Pollution Comes Home and Gets Personal: Women's Experience of Household Chemical Exposure », Journal of Health and Social Behavior décembre 2008 ; 49 : 417-435.
30. del Río Carral M, « The Articulation of Different Life Domains among Female Senior Managers and Their Subjective Well-Being: Focusing on Meaning Constructions in Everyday Life », International Journal of Psychological Studies, 2015 ; 7(3) : 157. https://doi.org/10.5539/ijps.v7n3p157.
31. del Río Carral M, Lyons A, « Embodying Health Behaviours in Everyday Life: The Social and Gendered Practices of Female Senior Managers », Psychology & Health, 2020 ; 35(10) : 1249-1267. https://doi.org/10.1080/08870446.2020.1743292.
32. Chiapperino L, Tengland PA, « Empowerment in Healthcare Policy Making: Three Domains of Substantive Controversy », Health Promotion Journal of Australia, 2015 ; 26(3) : 210. https://doi.org/10.1071/HE15035.
33. Chiapperino L, Testa G, 2016. « The Epigenomic Self in Personalised Medicine: Between Responsibility and Empowerment », in Meloni M, Williams SJ, Martin P (eds), Biosocial Matters: Rethinking the Sociology-Biology Relations in the Twenty-First Century, Chichester, West Sussex, Malden, MA, Wiley-Blackwell (The Sociological Review Monograph), 2016, p. 616.

16 – Bien vivre à l'intérieur des limites planétaires

Julia Steinberger

Ce chapitre décrit des recherches qui combinent deux domaines : le bien-être humain et les limites planétaires. Il convient donc d'abord de brièvement décrire ceux-ci, avant de résumer l'état des lieux des recherches actuelles.

Les limites planétaires sont un domaine scientifique relevant des sciences de la terre et des sciences environnementales, récemment formalisé et en partie quantifié par une équipe de scientifiques internationale menée par Johan Rockström[1] et Alex Steffen[2]. Ces limites représentent des domaines où les activités humaines sont en train d'exercer un impact dominant et dangereux à l'échelle de la planète entière, mettant ainsi en danger les systèmes dont dépend notre vie : le climat, la biodiversité, les cycles de l'azote et du phosphore, l'acidification des océans, etc. Cette formalisation scientifique permet d'énoncer un message clair au niveau de l'importance de la santé : si nos sociétés continuent dans leur direction actuelle, l'impact sur la santé de l'humanité entière sera désastreux. Il faut donc absolument changer de cap[3,4].

Le bien-être humain, par contre, s'étudie à travers les sciences humaines sociales, la philosophie incluse[5,6], et représente un vaste domaine. Pour étudier les liens entre bien-être et limites planétaires, il est nécessaire d'adopter une approche pragmatique, permettant d'étudier le bien-être comme la satisfaction de besoins humains[7,8] qui sont :

1. multidimensionnels (mais de nombre fini) ;
2. non substituables (on ne peut pas substituer de l'éducation par de la nourriture) ;
3. ne se limitent pas aux besoins physiologiques ;
4. satisfaisables (à un certain niveau, plus n'est pas nécessairement mieux).

Le dernier point est peut-être le plus important pour étudier comment bien vivre à l'intérieur des limites planétaires. Si l'on part du principe que les désirs humains ne se différencient pas des besoins, et sont de surcroît infinis (ce qui est le point de départ de la théorie économique néoclassique dominante actuellement, à travers son approche consistant à

modéliser les humains comme des *utility function maximizers*), on est immédiatement pris dans une contradiction inéluctable : revenir à l'intérieur des limites de notre planète serait inévitablement une infraction au bien-être désiré, qui dépendrait de pouvoir consommer sans aucune limite.

Dans mes recherches, et celles de beaucoup de collègues, nous nous appuyons sur deux théories des besoins humains : celles de Doyal et Gough[9] et de Max-Neef[10], qui répondent aux quatre critères ci-dessus. Sur cette base, nous avons d'abord cherché à identifier si certains pays arrivaient déjà à bien vivre à l'intérieur des limites planétaires, ou, selon

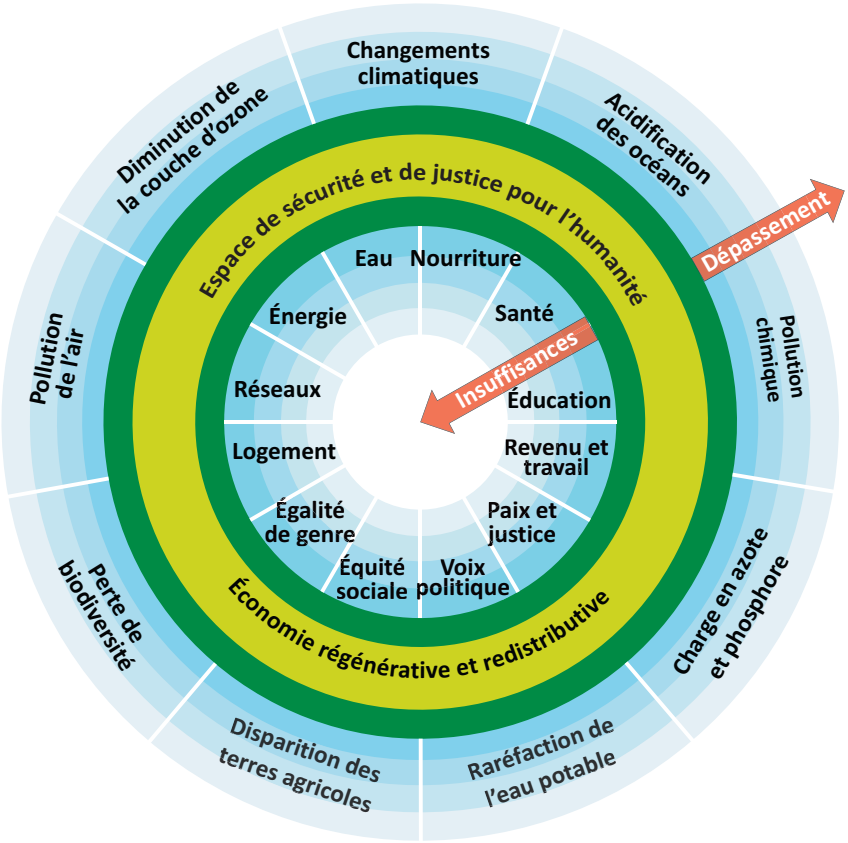


Figure 1. Donut économique selon Kate Raworth, définissant un espace sûr et juste pour l'humanité, où les planchers sociaux sont acquis, et les plafonds environnementaux (limites planétaires) ne sont pas dépassés (Jfpochon - CC BY-SA 4.0)

la théorie du donut de Kate Raworth (qui combine progrès social avec limites planétaires pour identifier un « espace juste et sûr pour l'humanité[11] » ; Figure 1), se situeraient à l'intérieur du donut. La réponse, malheureusement, était non. Aucun pays, actuellement, ne satisfait tous les besoins humains, sans enfreindre une majorité des indicateurs de limites planétaires que nous avons identifiés[12]. Soit les pays sont en déficience sociale grave et transgressent peu de limites planétaires, soit ils sont satisfaisants au niveau des objectifs sociaux du donut économique (Figure 1) et transgressent énormément de limites planétaires. Ou encore, le pire des deux mondes : ils sont en déficience sociale grave et transgressent énormément de limites planétaires. Aucun pays, actuellement, n'est dans l'espace sûr et juste du donut.

Les questions se posent : pourquoi ? Et quelles directions nous permettraient d'y arriver ? La question du pourquoi se répond en trois volets : inégalités, corruption fossile et technologies inefficaces. Commençons donc avec les inégalités. Les inégalités existent à plusieurs niveaux : entre les pays, à l'intérieur de chaque pays, dans chaque domaine de consommation, en termes de pouvoir politique (afin de pousser démocratiquement à une transformation écologique et juste) et d'accessibilité aux services énergétiques propres et efficaces. Une de nos études récentes analyse l'inégalité de la consommation énergétique internationalement, à l'intérieur de chaque pays, et dans chaque domaine de consommation[13]. Les résultats sont très simples : la consommation énergétique est très inégale à tous les niveaux (suivant *grosso modo* l'inégalité des revenus), mais le domaine de consommation le plus inégal est celui des transports. De façon quasi universelle, les populations les plus riches, où qu'elles habitent, surconsomment dans le domaine du transport : véhicules, carburants et vols, alors que les populations les plus pauvres consomment proportionnellement beaucoup plus dans le domaine de l'habitat, la nourriture, l'hygiène et le confort thermique. Le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) a par ailleurs consacré tout un excellent chapitre sur l'inégalité des émissions dans son rapport *Emissions Gap Report* de 2020[14], démontrant que les 10 % des plus riches émettent près de 50 % des émissions de gaz à effet de serre, alors que les 50 % des plus pauvres en émettraient moins de 10 %.

La conclusion est claire : si nous voulons atteindre un bien-être à l'intérieur des limites planétaires, arrêter la surconsommation, surtout dans le domaine des transports, est essentiel[15].

Mais il faudrait aussi remédier à la sous-consommation et à la déficience matérielle. Sur la base de la théorie de Doyal et Gough[9], Pr Narasimha Rao de Yale University a développé un concept quantifiable de « niveau de vie décent » (*decent living standards*), correspondant à des services matériels qui permettraient à tou·te·s de vivre sans déficience des planchers sociaux (Figure 1), mais aussi sans excès[16]. Rao a d'abord appliqué ce concept aux cas de l'Inde, du Brésil et de l'Afrique du Sud[17], avant de participer à sa modélisation au niveau global[18,19]. Ces travaux s'accordent pour quantifier les besoins énergétiques liés au « niveau de vie décent » pour tou·te·s. Ceux-ci sont adaptés au climat de chaque pays, à la géographie rurale ou urbaine de ses habitants et à son évolution démographique (âge, taille des ménages). Ils modélisent quels seraient ces besoins avec différentes technologies : plus ou moins efficaces. Et les résultats sont surprenants : selon Millward-Hopkins *et al.*[18], la consommation énergétique par habitant serait entre 15 et 20 gigajoules par an, et un niveau de vie décent pour tou·te·s, sans exception, pourrait être achevé avec 40 % de la consommation énergétique mondiale actuelle, prenant en compte non seulement la consommation individuelle, mais aussi l'énergie nécessaire à la production de biens et services. À ce niveau, il est tout à fait possible d'envisager que la production pourrait se faire avec uniquement des énergies à basses émissions, qui représentent actuellement seulement 20 % de notre approvisionnement global.

Ces recherches, toutes récentes, s'accordent donc pour dessiner une piste possible pour une humanité en bonne condition de santé, aussi bien physique que sociale et environnementale. Mais cette piste s'affronte très clairement à nos systèmes économiques actuels. Le réel défi pour bien vivre à l'intérieur des limites planétaires est bel et bien notre système économique, voué à l'accumulation des richesses pour certains, à travers une croissance inégale[20,21,22,23]. Se tourner vers la décroissance en émissions et ressources énergétiques serait, en théorie, entièrement compatible avec une amélioration du développement humain, mais ces possibilités théoriques s'affrontent à des réalités économiques et politiques qui vont dans un sens contraire. Ceci est donc le défi majeur des années à venir.

Références bibliographiques

1. Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson A, Chapin Iii F S, Lambin E F, Lenton T M, et al., « Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity », Ecology & Society, 2009 ; 14(2) : 32.
2. Steffen W, Richardson K, Rockström J, Cornell S E, Ingo F, Bennett E M, Biggs R, et al., « Planetary Boundaries: Guiding Human Development

on a Changing Planet », Science, 2015. Accessible en ligne : http://science.sciencemag.org/content/347/6223/1259855.abstract.
3. « Climate and COVID-19: Converging Crises », The Lancet, 2021 ; 397(10269) : 71. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32579-4.
4. Atwoli F L, Abdullah B H, Benfield T, Bosurgi R, Godlee F, Hancocks S, Horton R, et al., « Call for Emergency Action to Limit Global Temperature Increases, Restore Biodiversity, and Protect Health », The New England Journal of Medicine, 2021 ; 385(12) : 1134-1137. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1056/NEJMe2113200.
5. Brand-Correa L I, Steinberger J K, « A Framework for Decoupling Human Need Satisfaction From Energy Use », Ecological Economics, 2017. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.05.019.
6. Lamb W F, Steinberger J K, « Human Well-Being and Climate Change Mitigation », Wiley Interdisciplinary Reviews – Climate Change, 2017. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1002/wcc.485.
7. Gough I, « Climate Change and Sustainable Welfare: The Centrality of Human Needs », Cambridge Journal of Economics, 2015. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1093/cje/bev039.
8. O'Neill J, « The Overshadowing of Needs », in Rauschmayer F, Omann I, Frühmann J (eds.), Sustainable Development: Capabilities, Needs, and Well-Being, Londres, Routledge, 2012.
9. Doyal L, Gough I, A Theory of Human Need, Londres, Macmillan, 1991.
10. Max-Neef M A, Human Scale Development – Conception, Application and Further Reflections, New York, London, The Apex Press, 1991.
11. Raworth K, Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist, New York, Random House Business, 2017.
12. O'Neill D W, Andrew L F, William F L, Steinberger J K, « A Good Life for All within Planetary Boundaries », Nature Sustainability, 2018. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4.
13. Oswald Y, Owen A, Steinberger J K, « Large Inequality in International and Intranational Energy Footprints between Income Groups and across Consumption Categories », Nature Energy, 2020 ; 5(3) : 231-239. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1038/s41560-020-0579-8.
14. Capstick S, Khosla R, « Bridging the Gap – the Role of Equitable Low-Carbon Lifestyles », UNEP Emissions Gap Report 2020, 2020. Accessible en ligne : www.unep.org/emissions-gap-report-2020.
15. Oswald Y, « Why a More Equal World Would Be Easier to Decarbonise », The Conversation, 2021. Accessible en ligne : http://theconversation.com/why-a-more-equal-world-would-be-easier-to-decarbonise-153593.
16. Rao N D R, Min J, « Decent Living Standards: Material Prerequisites for Human Wellbeing », Social Indicators Research, 2018 ; 138(1) : 225-244. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1007/s11205-017-1650-0.

17. Rao N D R, Min J, Mastrucci A, « Energy Requirements for Decent Living in India, Brazil and South Africa », Nature Energy, 2019 ; 4(12) : 1025-1032. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1038/s41560-019-0497-9.
18. Millward-Hopkins J, Steinberger J K, Rao N D R, Oswald Y, « Providing Decent Living with Minimum Energy: A Global Scenario », Global Environmental Change, 2020 ; 65 : 102168. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102168.
19. Kikstra J S, Alessio M, Jihoon M, Keywan R, Narasimha D R, « Decent Living Gaps and Energy Needs around the World» , Environmental Research Letters, 2021 ; 16(9) : 095006. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1c27.
20. Piketty T, CAPITAL in the Twenty-First Century, Cambridge, Harvard University Press, 2014.
21. Piketty T, Saez E, « Inequality in the Long Run », Science, 2014 ; 344(6186) : 838-843. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1126/science.1251936.
22. Wiedmann T, Manfred Lenzen, Keyßer L T, Steinberger J K, « Scientists' Warning on Affluence », Nature Communications, 2020 ; 11(1) : 3107. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1038/s41467-020-16941-y.
23. Green F, Healy N, « How Inequality Fuels Climate Change: The Climate Case for a Green New Deal », One Earth, 2022 ; 5(6) : 635-649. Accessible en ligne : https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.05.005.

Perspective de la santé publique

17 – Impact global du dérèglement climatique sur la santé

Valérie D'Acremont et Blaise Genton

Pour vivre, l'être humain a besoin d'eau – ni trop ni trop peu et de bonne qualité –, d'air – le plus pur possible – et de terre – qui lui donne une nourriture saine. Il a également besoin de sécurité – physique et émotionnelle – et de trouver un sens à son existence sur cette terre. Lorsque ne serait-ce que l'un de ces éléments essentiels vient à manquer, notre vie – et celle de toute notre espèce – est menacée. Le réchauffement et le dérèglement climatiques, ainsi que la perte de la biodiversité ont un impact direct sur chacun de ces éléments, raison pour laquelle ces perturbations environnementales posent des risques sévères à l'espèce humaine. Dans ce contexte, poursuivre le développement de soins médicaux toujours orientés vers davantage de technologie et ne pas se préoccuper plus des déterminants environnementaux fondamentaux à la santé posent question. Et cela alors que cette orientation des systèmes de soins risque d'augmenter les inégalités et de bénéficier surtout aux personnes privilégiées, en n'augmentant, dans le meilleur des cas, que de quelques mois l'espérance de vie, au détriment souvent de la qualité de vie (voir le chapitre 43 : Vers une resocialisation de la santé). Les menaces que constituent les dégradations environnementales globales pour la santé des populations ne touchent pas que les pays à ressources limitées. Les pays riches sont déjà impactés, même si pour l'instant de manière moins visible et moins forte.

Les émissions de gaz à effet de serre anthropogéniques engendrent une hausse des températures à la surface de la terre et perturbent le climat de manière profonde. Ces perturbations entraînent, avec des boucles de rétroaction qui accélèrent les phénomènes de manière exponentielle, une augmentation des températures moyennes et extrêmes, une altération des régimes de pluies, une montée du niveau de la mer, une acidification des océans et des événements météorologiques extrêmes plus fréquents (voir le chapitre 9 : Les limites planétaires et la santé). Cela se traduit, entre autres, par :

- des **vagues de chaleur** qui entraînent des décès de manière aiguë par déshydratation et atteinte cardiovasculaire, et de manière chronique par une atteinte des reins et des cancers de la peau dus aux UV, ainsi qu'une réduction de la capacité de travail, en particulier dans

les champs, ce qui diminue la productivité agricole et la quantité de nourriture à disposition ;

- des **périodes prolongées de sécheresse** qui entraînent une augmentation du nombre de personnes et d'épisodes allergiques, en particulier asthmatiques, aux pollens, ainsi qu'une péjoration de la pollution de l'air due aux voitures et usines, qui induit des maladies respiratoires chroniques et encore plus – ce qui est moins intuitif – des maladies cardiovasculaires ;
- des **inondations** qui provoquent des débordements des eaux d'égout dans les eaux propres, et donc une contamination de l'eau par des bactéries fécales provoquant des diarrhées – en particulier le choléra –, ainsi que la prolifération de rats transmettant la leptospirose (une zoonose grave atteignant les reins et le foie) ;
- des **incendies de forêt** saturant l'atmosphère de microparticules provoquant des maladies respiratoires ;
- la **prolifération des moustiques**, transmettant la malaria et les arboviroses, ainsi que des **tiques**, transmettant la maladie de Lyme, le typhus (rickettsioses) et l'encéphalite à tiques ;
- une **prolifération des algues marines** toxiques pour l'homme (par exemple, ciguatera) et une diminution du nombre de poissons et fruits de mer naturels et en culture, nourriture essentielle pour beaucoup de populations sans accès à des terres fertiles ;
- des **catastrophes naturelles** (tempêtes, inondations, éboulements, montée des eaux et incendies) entraînant la nécessité d'abandonner son lieu de vie, des conflits sociaux, du stress et des maladies psychiques.

Au dérèglement climatique s'ajoutent la destruction et les pollutions diverses des milieux naturels, avec une perte de la biodiversité. Ces effets s'imbriquent pour potentialiser leur impact négatif sur la santé. S'y ajoutent aussi les intoxications et cancers dus aux métaux lourds, pesticides et autres agents chimiques, ainsi que la survenue de plus en plus fréquente d'épidémies et de pandémies. Ces dernières ne concernent pas seulement les arboviroses, malaria et gastro-entérites bactériennes mentionnées ci-dessus, mais également les zoonoses comme le Covid-19 (voir les chapitres 9 : Les limites planétaires et la santé, et 11 : Biodiversité, perte d'habitat et maladies infectieuses).

L'impact du dérèglement climatique sur la santé n'est pas seulement physique mais également psychosocial. Les individus qui sont conscients

de cette dégradation climatique et environnementale, en particulier ceux de la nouvelle génération qui vivront ces événements de plus en plus fréquemment et fortement, développent souvent une anxiété importante ainsi qu'une perte du sens de la vie. De plus, les événements climatiques majeurs comme les catastrophes dites « naturelles » provoquent des migrations de populations qui peuvent entraîner des tensions et conflits internes à l'origine d'une grande insécurité, et donc de stress psychologique intense.

Mortalité et canicules

De nombreuses régions géographiques de la planète se réchauffent à des vitesses différentes et l'Europe de l'Ouest est spécialement touchée, en particulier l'Espagne mais aussi la France. La Suisse n'y échappe pas avec une augmentation progressive des journées de grande chaleur (> 30 °C). D'une moyenne de 5 jours/année durant la dernière décennie à Zürich par exemple, le nombre est passé à 15 jours en 2018 et 2019, avec des pics de mortalité dans la population âgée jusqu'à 1 000 décès en excès durant la canicule de 2003 en Suisse[1]. Dans le scénario *business as usual*, les prévisions envisagent jusqu'à 30 jours/année de grande chaleur en 2060 en Suisse, ce qui pourrait entraîner une augmentation significative de la mortalité, surtout dans la population âgée mais aussi chez les nouveau-nés. Sur le plan mondial, la mortalité des personnes de plus de 65 ans liée aux vagues de chaleur a augmenté de 54 % entre 2000 et 2018 pour atteindre 296 000 décès, dont la majorité est survenue au Japon, l'est de la Chine, le nord de l'Inde et l'Europe centrale[2]. La cause des décès dus aux canicules tient aux événements cardiovasculaires majeurs, comptant jusqu'à 90 % de la mortalité. Ces événements touchent les personnes avec des antécédents cardiovasculaires (mortalité augmentée de 6 fois) mais aussi sans aucun antécédent. Des états d'hypercoagulabilité et d'hyperviscosité augmentent les risques d'ischémie coronarienne aiguë. Enfin, les désordres électrolytiques et les insuffisances rénales aiguës péjorent souvent la situation[3].

En plus des décès, l'augmentation de la température entraîne une diminution considérable des jours de productivité ; 100 milliards d'heures de travail potentielles ont été perdues dans le monde en 2019 par rapport à celles de l'année 2000, le secteur agricole de l'Inde étant l'un des plus touchés[2]. Cette perte est spécialement délétère pour les travaux extérieurs, rend les conditions de récolte plus difficiles et risque d'aggraver la malnutrition.

Sous- et malnutrition dans le monde : perte des gains antérieurs

Grâce à l'amélioration des conditions de vie, aux développements de l'agriculture, à l'amélioration de l'irrigation, à un accès à des soins primaires plus étendu, la sous- et malnutrition avaient régressé dans les dernières décennies avec une diminution associée de la mortalité, notamment infantile. Malheureusement, depuis 2014, la courbe s'est inversée et la proportion de personnes sous-nourries est à nouveau en augmentation[4]. Cette péjoration est liée à une production de nourriture globalement diminuée dans de nombreuses régions particulièrement affectées par le manque d'eau, les inondations, l'augmentation des maladies infectieuses entériques comme la typhoïde ou le choléra, la montée des eaux avec perte de surfaces cultivables, l'augmentation de la salinité des eaux, la prolifération d'algues et la perte de productivité des travailleurs à cause de la chaleur. Lloyd *et al.* ont développé un modèle statistique permettant de prévoir la prévalence de retard de croissance modéré et grave chez les enfants âgés de moins de 5 ans dans 44 pays en 2030, selon différents scénarios de changement climatique, en tenant compte des facteurs économiques. Leurs estimations indiquent des retards de croissance attribuables au changement climatique de 570 000 d'enfants dans le scénario le plus favorable et de plus de 1 million dans le scénario de pauvreté/changement climatique élevé[5]. Les catastrophes naturelles augmentent encore le nombre de décès prévus, aussi bien directement qu'indirectement en raison de déplacement de populations. Quelque 160 millions d'enfants vivent dans des zones de sécheresse extrême, et 500 millions d'enfants supplémentaires vivent dans des zones présentant des risques d'inondation extrêmes[6]. L'OMS prévoit qu'il pourrait y avoir 77 000 à 131 000 décès supplémentaires chez les enfants de moins de 5 ans en 2030 si aucune stratégie d'atténuation n'est mise en place[7,8].

Extension géographique des maladies à vecteurs

Il existe de nombreuses preuves que les changements climatiques récents ont déjà affecté les systèmes pathogène-vecteur-hôte, en particulier vecteur-hôte, et cela particulièrement dans les régions tempérées et (péri-)arctiques, ainsi que dans les régions tropicales de haute altitude, les impacts étant autant sur la charge de morbidité humaine qu'animale. Cette évolution est clairement en relation avec l'augmentation de la température et la perturbation des pluies qui favorisent le développement du cycle des moustiques anophèles, vecteurs de la malaria, et *Aedes*, vecteurs des

arboviroses[9]. La densité et la distribution géographique de ces vecteurs ont considérablement augmenté avec comme conséquences une multiplication des cas dans les régions déjà affectées et l'apparition d'épidémies dans des régions auparavant indemnes.

Les exemples sont nombreux avec une augmentation des cas de malaria depuis 2015 malgré des mesures de contrôle largement déployées, l'extension de cette maladie étant significative dans des régions comme les montagnes d'Afrique de l'Est, la Colombie et le Népal. Inversement, certaines régions comme la ceinture du Sahel deviendront trop chaudes pour la transmission de malaria. Malgré des conditions de température et d'humidité plus favorables, il est improbable cependant que la malaria devienne à nouveau endémique dans les régions tempérées d'Europe en raison des mesures de contrôle qui peuvent être déployées comme la pulvérisation d'insecticide ou les traitements de masse[10].

Une extension géographique aux zones tempérées existe par contre pour les arboviroses, la température plus chaude ayant déjà favorisé la multiplication des moustiques *Aedes*. Les cas de fièvre dengue ont été multipliés par 30 durant les cinquante dernières années. Le virus du Nil occidental est devenu endémique en Amérique du Nord et a fortement augmenté en Europe[11]. Des épidémies de dengue, chikungunya et Crimée-Congo, suite à une transmission locale, sont apparues dans le pourtour méditerranéen et dans d'autres régions tempérées[9]. Cette évolution épidémiologique est aussi en rapport avec d'autres causes, telles qu'urbanisation, déplacement de population, résistance aux insecticides, le réchauffement climatique étant cependant une des raisons majeures. L'extension des zones favorables aux maladies transmises par les tiques comme la maladie de Lyme ou la méningo-encéphalite à tiques est tout à fait claire et a donné lieu à une augmentation de ces cas, notamment en Amérique du Nord pour la première et en Europe pour la seconde. En Suisse, les tiques se sont installées à des altitudes aussi élevées que 2 000 mètres, ce qui augmente le nombre de personnes susceptibles et donc le nombre de cas potentiels. Les données récentes montrent 10 fois plus cas de méningo-encéphalites en 2020 qu'en 2000, et cela malgré une couverture vaccinale toujours plus importante[12]. Toutes les projections convergent pour annoncer une augmentation importante de la densité vectorielle dans les régions tempérées, en relation avec une multiplication facilitée et prolongée durant les mois propices, y compris en Europe du Nord.

Maladies respiratoires et cardiovasculaires : qualité de l'air = qualité de vie

La pollution de l'air est toujours considérée comme une cause majeure de problèmes respiratoires. Ces observations sont évidemment étayées par d'innombrables études qui montrent bien les liens entre concentration de particules fines et pneumonies, bronchopneumopathies chroniques obstructives et cancers pulmonaires[13]. Ce qui est moins connu est l'influence de la pollution de l'air sur l'incidence des cardiopathies ischémiques et des accidents cérébro-vasculaires, qui représentent en fait plus de la moitié des problèmes de santé liés à la pollution de l'air. Les atteintes cardiaques seraient en relation avec le stress oxydatif et l'inflammation, ainsi que les modifications de la coagulation[3]. Un modèle a récemment estimé que les années de vie perdues liées à la pollution de l'air dépassent celles liées au tabagisme, avec un excès de mortalité globale de 8,8 millions/an, les effets sur la mortalité étant attribuables à l'exposition aux particules fines, au NO_2 et à l'ozone[14,15].

Les particules issues des processus de combustion, et des pneus notamment, augmentent aussi la fréquence et l'intensité des crises d'allergies respiratoires[16]. Cela est d'autant plus délétère que l'augmentation de la température participe à la modification du cycle de croissance des végétaux et allonge la saison de pollinisation. Les pollens arrivent plus tôt dans l'année et durent plus longtemps. De plus, avec la sécheresse, les particules restent plus longtemps en suspension dans l'air et entraînent une hausse de l'incidence du rhume des foins et de l'asthme. Enfin, les événements climatiques extrêmes participent à l'aggravation des pathologies allergiques car l'air des courants disperse les allergènes dans l'atmosphère et l'orage fragmente les pollens, ce qui amplifie leur pouvoir de pénétration dans les voies aériennes, et donc le risque de faire une crise d'asthme.

Maladies psychiatriques et climat : quel futur ?

Qui n'a pas vu le désarroi des personnes dont la maison est balayée par un cyclone ? Les événements climatiques extrêmes sont à l'origine de perturbations psychologiques importantes, notamment le stress post-traumatique et la dépression. Ce ne sont pas seulement les épisodes aigus qui sont responsables de maladies psychiatriques, mais également les phénomènes progressifs comme la sécheresse qui s'aggrave dramatiquement dans certaines régions, ainsi que la montée des eaux. Celle-ci entraîne, et va entraîner, des déplacements de populations importants.

Des régions, voire des pays entiers vont disparaître, ce qui engendrera une augmentation exponentielle de réfugiés climatiques. Le Bangladesh, un pays quasiment au niveau de la mer aujourd'hui, est un exemple flagrant des problèmes à venir. Aujourd'hui, environ 70 millions personnes dans le monde ont dû quitter leur foyer en raison des conséquences du changement climatique, de la famine et/ou des guerres, trois causes souvent liées malheureusement[17]. Ces déplacements affectent en premier lieu les personnes les plus pauvres et les plus vulnérables dans les pays à index socio-économiques bas, celles qui ont le moins contribué aux impacts du climat. Leur survie même est en jeu, ce qui génère des risques considérables de violence et de conflits majeurs.

Certaines personnes, notamment les jeunes, éprouvent une profonde détresse psychique face au dérèglement climatique[18]. Elles souffrent d'« éco-anxiété » ou « solastalgie », définie par l'Association de psychologie américaine comme « la peur chronique d'un environnement condamné[19] ». Ces inquiétudes sont souvent liées également aux théories de l'effondrement imminent de notre civilisation basée sur la consommation d'énergies fossiles et autres matières premières qui se raréfient. Ces peurs sont parfaitement légitimes, voire salvatrices car permettant de se mobiliser contre cet état de fait, et ont une profonde influence sur la manière de se projeter dans le futur (voir le chapitre 13 : Éco-anxiété et société).

Conclusion

Les interactions entre le climat, l'environnement et la santé sont un enjeu majeur pour la survie des individus et des populations. Les dégradations environnementales anthropogéniques qui menacent les conditions d'habitabilité de la planète Terre constituent un risque existentiel pour l'humanité (la nature et la planète – elles – continuant leur destinée, avec ou sans nous). Si des mesures drastiques ne sont pas prises urgemment, on s'attend, au cours des prochaines décennies, à des augmentations substantielles de la morbidité et de la mortalité liées à un ensemble de maladies causées par la mauvaise qualité de l'eau et de l'air, la dénutrition due à la baisse de la qualité et de la sécurité alimentaires, et l'augmentation des maladies vectorielles, surtout en zones tropicales mais aussi en Europe. D'autres conséquences, tout aussi délétères, sont le stress psychologique, l'instabilité politique, les migrations forcées et les conflits. Dans le même temps, on s'attend à une baisse de la productivité des travailleurs, en particulier dans les zones tropicales mais également en Europe pendant les

canicules. Ces effets constituent des défis majeurs de santé globale et des risques existentiels pour toutes et tous. Les populations et les régions vulnérables seront affectées de manière plus importante, avec une augmentation attendue de la pauvreté et des inégalités en conséquence du changement climatique[20].

Les impacts ne seront pas les mêmes pour tous les habitants de la Terre en raison des différences d'exposition (géographie, changements d'écosystème, qualité de base de l'air et de l'eau), de sensibilité (état nutritionnel, statut socio-économique) et de capacité d'adaptation (accès à de la prévention et des soins efficaces, systèmes d'alerte, pratiques agricoles et d'élevage, politique sanitaire) qui augmentent ou atténuent leur vulnérabilité à ces changements. Des indicateurs ont été développés en 2016 dans le cadre de l'initiative « Lancet Countdown » (compte à rebours) afin de permettre un suivi annuel de l'effet du dérèglement climatique sur la santé[2]. Le tableau est très inquiétant avec une péjoration de tous les indicateurs en 2020, et cela en raison de l'inaction des gouvernements et des sociétés pour diminuer la production des gaz à effet de serre et la destruction de la nature. Le GIEC considère que, d'ici 2050, le changement climatique impactera beaucoup plus fortement les populations qui sont déjà actuellement les plus touchées, c'est-à-dire celles des pays pauvres et les gens les plus pauvres à l'intérieur de chaque pays[21]. Malheureusement, les personnes qui auront le moins contribué aux émissions à effet de serre sont celles qui souffrent déjà, et vont souffrir le plus, des conséquences sanitaires.

Références bibliographiques

1. Ragettli MS, Vicedo-Cabrera AM, Schindler C, Röösli M, « Exploring the Association Between Heat and Mortality in Switzerland Between 1995 and 2013 », Environmental Research, 2017 ; 158 : 703-709. DOI: 10.1016/j.envres.2017.07.021. Epub 2017 Jul 20. PMID: 28735231.
2. Watts N, Amann M, Arnell N, et al., « The 2020 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Responding to Converging Crises », Lancet, 2021 ; 397(10269) : 129-170. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)32290-X. Epub 2020 Dec 2. Erratum in: Lancet. 2020 Dec 14. PMID: 33278353.
3. Carballo D, Carballo S, Martin P-Y, « Enjeux climatiques et enjeux cliniques », Revue médicale suisse, 2021 ; 17 : 258-262.
4. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO, The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming Food Systems for Food Security, Improved Nutrition and Affordable Healthy Diets for All, Rome, FAO, 2021. https://doi.org/10.4060/cb4474en.

5. Lloyd SJ, Kovats RS, Chalabi Z, « Climate Change, Crop Yields, and Undernutrition: Development of a Model to Quantify the Impact of Climate Scenarios on Child Undernutrition », Environmental Health Perspectives, 2011 ; 119 : 1817-1823.
6. Lloyd S, Kovats S, Chalabi Z, et al., « Undernutrition », in Hales S, Kovats S, Lloyd S, Campbell-Lendrum D (eds.), Quantitative Risk Assessment of the Effects of Climate Change on Select Causes of Death, 2030s and 2050s, Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2014 : 69-94.
7. Geneva: World Health Organisation, « Adapting to Climate Sensitive Health Impacts: Undernutrition », 2019. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
8. United Nations Children's Fund, Unless We Act Now: the Impact of Climate Change on Children, New York, NY: UNICEF, 2015.
9. Caminade C, McIntyre KM, Jones AE, « Impact of Recent and Future Climate Change on Vector-Borne Diseases », Annals of the New York Academy of Sciences, 2019 ; 1436(1) : 157-173. DOI: 10.1111/nyas.13950. Epub 2018 Aug 18. PMID: 30120891; PMCID: PMC6378404.
10. Fischer L, Gültekin N, Kaelin MB, Fehr J, Schlagenhauf P, « Rising Temperature and Its Impact on Receptivity to Malaria Transmission in Europe: a Systematic Review », Travel Medicine and Infectious Disease, 2020 ; 36 : 101815. DOI: 10.1016/j.tmaid.2020.101815. Epub 2020 Jul 3. PMID: 32629138.
11. www.ecdc.europa.eu/en/west-nile-fever/surveillance-and-disease-data/disease-data-ecdc
12. www.bag.admin.ch/bag/fr/home/krankheiten/ausbrueche-epidemien-pandemien/aktuelle-ausbrueche-epidemien/zeckenuebertragene-krankheiten.html
13. Yu P, Guo S, Xu R, Ye T, Li S, Sim MR, Abramson MJ, Guo Y, « Cohort Studies of Long-Term Exposure to Outdoor Particulate Matter and Risks of Cancer: a Systematic Review and Meta-Analysis », Innovation (N Y), 2021 ; 2(3) : 100143. DOI: 10.1016/j.xinn.2021.100143. PMID: 34557780; PMCID: PMC8454739.
14. Lelieveld J, Pozzer A, Pöschl U, Fnais M, Haines A, Münzel T, « Loss of Life Expectancy from Air Pollution Compared to Other Risk Factors: a Worldwide Perspective », Cardiovascular Research, 2020 ; 116(11) : 1910-1917. DOI: 10.1093/cvr/cvaa025. PMID: 32123898; PMCID: PMC7449554.
15. Chang X, Zhou L, Tang M, Wang B, « Association of Fine Particles with Respiratory Disease Mortality: a Meta-Analysis », Archives of Environmental Occupational Health, 2015 ; 70(2) : 98-101. DOI: 10.1080/19338244.2013.807763. PMID: 24965327.
16. Bayer-Oglesby L, Schindler C, Hazenkamp-von Arx ME, Braun-Fahrländer C, Keidel D, Rapp R, Künzli N, Braendli O, Burdet L, Sally Liu LJ, Leuenberger P, Ackermann-Liebrich U; SAPALDIA Team, « Living Near Main Streets and Respiratory Symptoms in Adults: the Swiss Cohort

Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults », American Journal of Epidemiology, 2006 ; 164(12) : 1190-1198. DOI: 10.1093/aje/kwj338. Epub 2006 Oct 10. PMID: 17032694.

17. www.unhcr.org/fr/news/press/2019/6/5d08a9954/nombre-personnes-deracinees-travers-monde-depasse-70-millions-chef-hcr.html
18. Hickman C, Marks E, Pihkala P, et al., « Young People's Voices on Climate Anxiety, Government Betrayal and Moral Injury: A Global Phenomenon », SSRN: https://ssrn.com/abstract=3918955 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3918955.
19. Clayton S, Manning CM, Krygsman K, Speiser M, Mental Health and Our Changing Climate: Impacts, Implications, and Guidance, Washington, D.C.: American Psychological Association, and ecoAmerica, 2017.
20. www.illustre.ch/magazine/dans-laction-avec-extinction-rebellion 04.08.202
21. Haines A, Ebi K, « The Imperative for Climate Action to Protect Health », New England Journal of Medicine, 2019 ; 380 : 263-273. DOI: 10.1056/NEJMra1807873
22. Intergovernmental Panel on Climate Change. Global warming of 1.5 °C. October 8, 2018, www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/

18 – Géomédecine environnementale pour la mise en relation des données de santé avec les caractéristiques des lieux de résidence

Stéphane Joost et Idris Guessous

Introduction

Les relations entre le (mi)lieu et la santé sont reconnues depuis longtemps. Elles ont été reconnues il y a plus de deux mille ans par Hippocrate dans son traité *Des airs, des eaux, et des lieux*[1]. Ces associations entre la santé et le lieu constituent les fondements de la géographie médicale moderne ou de la géomédecine. Au cours de la révolution industrielle au XVIIIe siècle, de nombreux problèmes de santé publique nouveaux sont apparus en raison d'un développement urbain rapide et d'un mauvais assainissement, ainsi que de la précarité de la population (tuberculose, typhus, choléra ou des maladies respiratoires causées par l'utilisation de la vapeur ou du charbon). Cela a stimulé le développement de la cartographie des maladies ou de la cartographie médicale. Cette discipline a été créée parce qu'il était nécessaire d'informer sur les zones à risque où certaines maladies comme le choléra, la tuberculose ou la fièvre jaune étaient observées. Par exemple, Valentine Seaman a produit des cartes dans le port de New York en 1797 pour localiser des bateaux et documenter des cas de fièvre jaune dans le but de mettre en place des mesures de quarantaine[2].

L'une des figures les plus célèbres de la cartographie médicale est John Snow, médecin et considéré comme un des pères de la santé publique[3]. Son travail sur le choléra à Londres au milieu du XIXe siècle est important et très connu car il a pu identifier une pompe diffusant de l'eau infectée (une cause) à partir de la répartition géographique des cas, ce qui a permis aux autorités de prendre des mesures et de produire un effet, soit l'enrayement de l'épidémie. Un autre médecin et épidémiologiste, Thomas Shapter, avait déjà localisé des regroupements de cas de choléra à Exeter lors de l'épidémie de 1832. Les études de Shapter et Snow illustrent particulièrement bien l'utilité de la localisation géographique pour mettre en valeur un signal sanitaire spatiotemporel, émettre des hypothèses quant à l'existence de facteurs causaux pour finalement guider la prise de décision dans le domaine de la santé publique[2]. À la même époque, Jean-Christian-Marc Boudin – un médecin militaire français qui dirige alors des hôpitaux

militaires en Algérie (1837-1840) – étudie les endémies paludéennes, et il découvre des liens entre la fréquence des cas et leur localisation géographique[4]. Un peu plus tard, Jacques May, chirurgien français né à Paris en 1896, contribue à son tour à façonner la géographie médicale. Il travaille comme médecin à Bangkok, puis à Hanoi et dans les Antilles françaises. Il devient chirurgien à l'hôpital de la Guadeloupe avant d'émigrer aux États-Unis en 1947. En Thaïlande et au Vietnam, May a remarqué des différences entre l'état de santé de ses patients selon les régions d'où ils venaient, et il a noté également des différences importantes avec les patients qu'il avait eus en France. Les premières notes qu'il tire de ses observations forment les prémices d'une formulation systématique de la géographie médicale[5]. Durant la même période, Maximilien Sorre, un géographe français très intéressé par la biologie, développe des recherches sur la relation entre le milieu physique et la vie des hommes, en cherchant constamment à développer des contacts avec des médecins et des biologistes. Sorre a exploré des champs nouveaux, et il a notamment contribué aux premières études de géographie médicale en France[6].

Cette introduction historique non exhaustive met en évidence une intuition qui remonte à très longtemps, celle qu'un emplacement spécifique au sein de l'environnement puisse avoir des effets sur la santé. May a montré comment la localisation géographique permettait d'établir un lien entre les caractéristiques d'un lieu (température, humidité, etc.) et l'occurrence d'agents pathogènes ou la fréquence d'une maladie. C'est ce lien qui est capital pour comprendre une épidémie, ses causes et son processus de diffusion. Ce lien est primordial également pour comprendre et soigner les maladies chroniques qui sont souvent en partie le résultat de l'effet d'un aménagement déficient de l'environnement construit (manque de végétation, bruit, déconnexion des autres quartiers, etc.) pour les populations concernées.

Géomédecine environnementale

Sur ces bases a émergé la santé environnementale qui est la branche de la santé publique qui traite les aspects de l'environnement naturel bâti affectant la santé humaine. La discipline a été précisément définie par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en 1989. Elle aborde tous les facteurs physiques, chimiques et biologiques externes aux êtres humains, et tous les facteurs liés ayant un impact sur les comportements et sur la santé[7].

La santé environnementale est axée sur l'analyse de l'impact des expositions environnementales (l'exposome externe spécifique[8]) sur la santé

humaine. Ce domaine cherche à comprendre comment les facteurs de risque externes peuvent prédisposer à ou protéger contre la maladie, les anomalies du développement ou la mort. Ces facteurs peuvent être naturels ou introduits artificiellement dans les environnements où les gens vivent ou travaillent[9]. En géomédecine environnementale, nous cherchons à mettre en relation l'état de santé de la population avec les caractéristiques de l'environnement en utilisant la localisation géographique précise du lieu de résidence.

Vers une approche géomédicale de précision

L'approche géomédicale de précision[10] s'inscrit au bout d'un processus qui a vu les systèmes de soins évoluer dans la société. En effet, jusqu'à la fin des années 1980, le souci principal de notre système de soins était

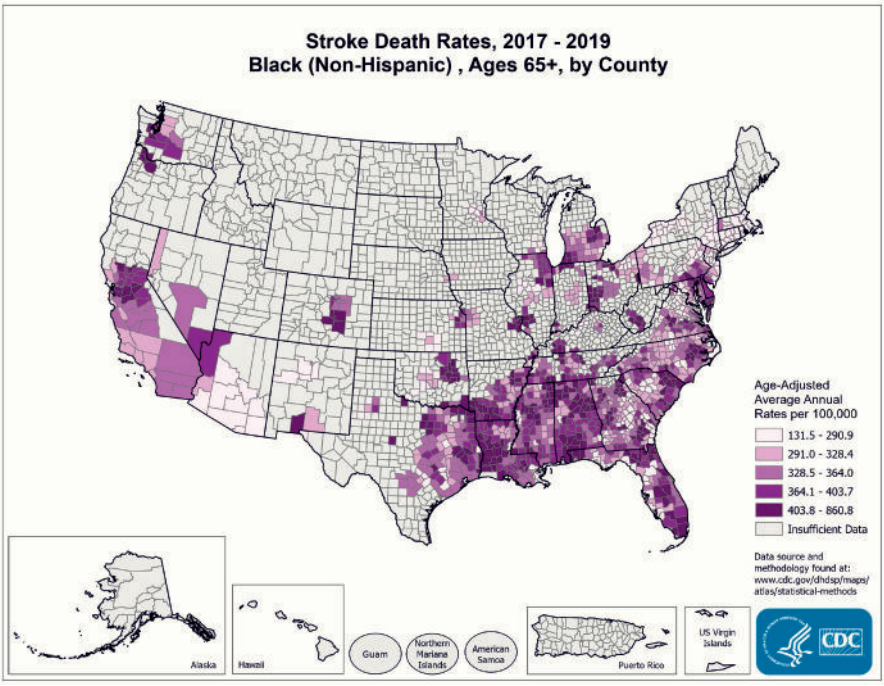


Figure 1. Agrégation géographique des données individuelles au niveau régional : les données individuelles sur les décès par AVC ont été agrégées pour calculer les taux par comté ici pour les Noirs âgés de 65 ans et plus entre 2017 et 2019. Source : National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Division for Heart Disease and Stroke Prevention, États-Unis

de gérer les hôpitaux. On est ensuite passé à une période (1990-2015) centrée sur les soins et la gestion de ces derniers[11]. Et finalement, depuis quelques années, ce sont les populations et les individus qui les composent qui sont au centre du dispositif de soin[12]. La gestion des soins de la population génère des données qui peuvent être rattachées au territoire grâce à l'adresse des patients. En épidémiologie spatiale, la prise en compte du lieu de domicile des personnes soignées a rendu possible la représentation des données de santé en agrégeant les informations (pour des raisons de protection de la sphère privée) au sein d'unités administratives plus ou moins grandes (voir Figure 1), et d'exploiter ainsi le lien entre lieu et santé (c'est le concept de dépendance spatiale) pour faire émerger des distributions géographiques remarquables. Les informations ainsi collectées sont susceptibles d'améliorer les systèmes de soins dans des régions, et d'améliorer la situation sanitaire pour certaines populations exposées. Mais l'échelle géographique à laquelle on appréhende le phénomène reste large.

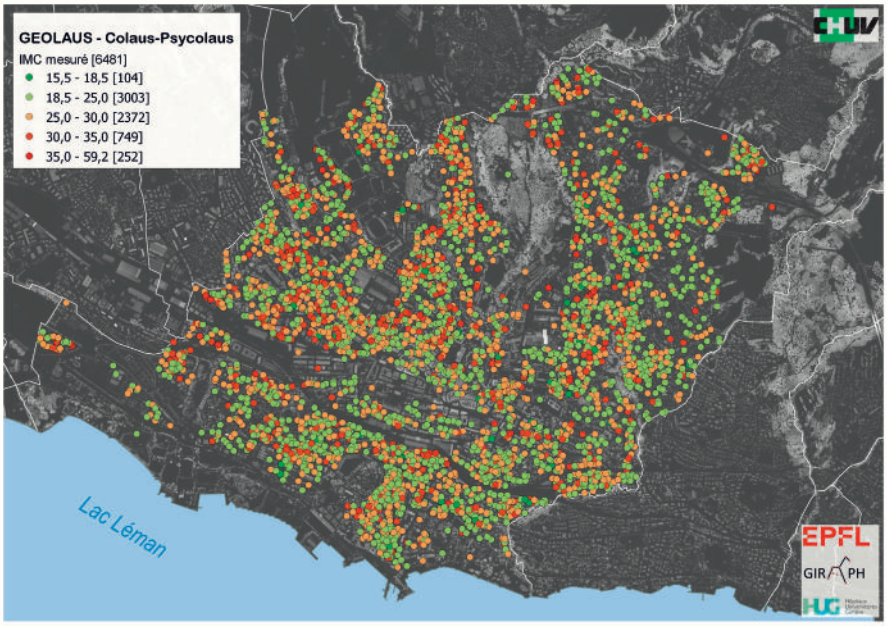


Figure 2. Distribution spatiale de l'indice de masse corporelle (IMC) de 6 481 participants à l'étude Colaus-Psycolaus à Lausanne en Suisse (baseline, données collectées entre 2001 et 2003). L'IMC est distribué en 5 classes selon les seuils définis par l'OMS. Source : www.colaus-psycolaus.ch

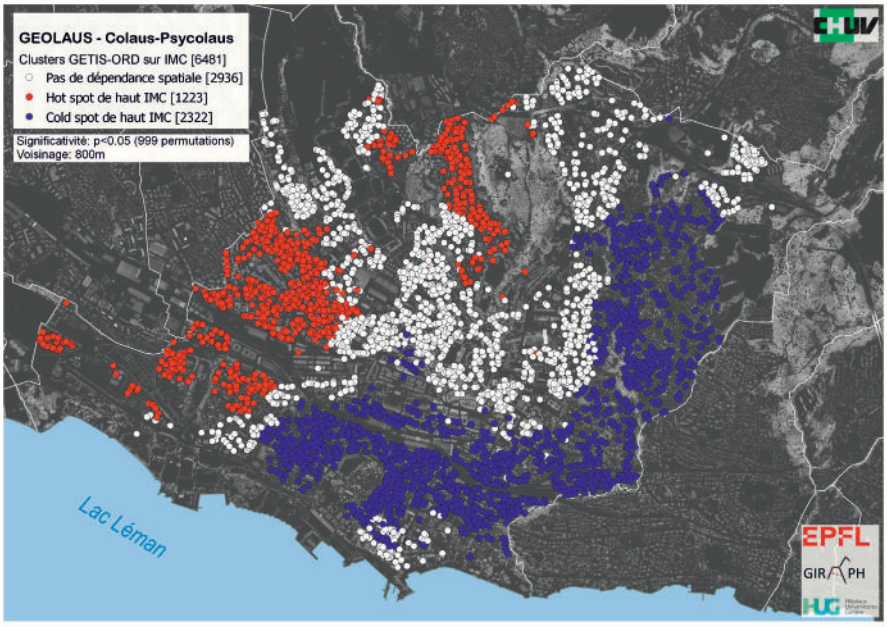


Figure 3. Analyse spatiale de l'indice de masse corporelle (IMC) de 6 481 participants à l'étude Colaus-Psycolaus à Lausanne en Suisse (baseline, données collectées entre 2001 et 2003). La statistique de Getis-Ord qui mesure la ressemblance des valeurs entre participants dans un voisinage donné (ici 800 m) met en évidence la dépendance spatiale de l'IMC : on observe une structure géographique, soit une prépondérance de hautes valeurs d'IMC à l'ouest de la ville, une prépondérance de basses valeurs d'IMC à l'est de la ville, et un centre où la localisation n'influence pas l'IMC (espace géographique neutre). Source : www.colaus-psycolaus.ch

L'efficacité de l'analyse peut être améliorée de manière à exploiter différemment le lien entre lieu et santé, ceci en n'agrégeant pas l'information de santé et en analysant directement la variation de la donnée individuelle dans l'espace géographique, en tenant compte des limites données par les différentes lois sur la protection des données. Souvent la simple représentation par l'intermédiaire de cartes thématiques ne suffit pas pour détecter un signal (voir Figure 2). Ce n'est qu'en mobilisant des outils statistiques spécifiques que des structures spatiales vont émerger, comme le montre la Figure 3 sur laquelle la dépendance spatiale de l'indice de masse corporelle a été évaluée auprès de 6 481 participants à l'étude Colaus-Psycolaus, dont l'objectif global est de mieux comprendre les maladies cardiovasculaires afin d'améliorer leur traitement et leur prévention.

La dépendance spatiale et ses mesures

La dépendance spatiale est la tendance pour des emplacements proches à s'influencer les uns les autres dans un certain voisinage et à posséder des attributs similaires[13]. En d'autres termes, les objets ou individus qui sont proches les uns des autres ont tendance à plus se ressembler que les objets ou individus qui sont éloignés les uns des autres[14]. Il en va de même quand on s'intéresse à l'occurrence de maladies sur le territoire ou à la distribution géographique d'indicateurs de santé puisque les individus qui partagent le même environnement sont exposés à des conditions identiques, mais aussi car certaines habitudes et automatismes de vie sont facilement partagés[15] par mimétisme[16] dans un certain voisinage. La mesure statistique qui quantifie cette similitude des attributs entre les emplacements des points d'échantillonnage (c'est-à-dire le lieu de résidence des individus) est appelée autocorrélation spatiale. Et le fait que la localisation influence significativement les valeurs mesurées est appelé dépendance spatiale.

Plusieurs statistiques ont été développées pour mesurer l'autocorrélation spatiale. La plus couramment utilisée est le I de Moran[17] qui quantifie globalement sur un territoire considéré la ressemblance entre les attributs de tous les objets ou individus et leurs N voisins, ou ceux qui sont situés dans un rayon donné. La version locale de cette statistique est le I de Moran local[18], capable de quantifier et de catégoriser localement la ressemblance ou dissemblance entre comportements.

Caractérisation des clusters d'autocorrélation spatiale

Lorsque des clusters d'autocorrélation spatiale ont été détectés, il devient possible de tester des hypothèses pour tenter d'expliquer pourquoi on observe des valeurs significativement plus élevées (d'hypertension ou d'IMC, par exemple) en certains lieux, et significativement plus basses à d'autres endroits. La manière de procéder consiste à caractériser tous les individus analysés au moyen d'une variable environnementale dont la nature correspond à l'hypothèse en question. La caractérisation est effectuée au moyen d'une fonction de superposition spatiale et de transfert d'attributs dans un système d'information géographique. L'exemple que nous utilisons ici est celui des clusters d'indice de masse corporelle (IMC) montré à la Figure 3 et identifié avec l'aide de la statistique du G de Getis-Ord[19].

Sur leur base, nous pouvons vérifier l'hypothèse généralement admise qu'en milieu urbain la quantité de végétation a un effet positif sur l'IMC, dans le sens où un environnement plus densément végétalisé est associé

avec un IMC plus bas[20]. En effet, la présence de plus d'arbres, de plus de plantes, de plus de jardins privés visibles à tout le monde contribue globalement au bien-être et incitent à sortir de chez soi. À cette fin, il est possible d'utiliser un indice de végétation calculé à partir d'images produites par le satellite Copernicus Sentinel-2[21], ou Landsat (https://landsat.gsfc.nasa.gov/) par exemple. Basé sur la différence entre la bande visible du rouge et celle du proche infrarouge, l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) détermine la quantité de lumière absorbée et réfléchie par les plantes. Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces non végétales (neige, eau), pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales ont des valeurs positives comprises entre 0,1 et 0,7, avec les valeurs les plus élevées correspondant aux espaces végétaux les plus denses.

Nous avons calculé ici la moyenne du NDVI à l'intérieur des hectares habités de la ville de Lausanne (voir Figure 4) puis nous avons attribué cette valeur aux participants à l'étude Colaus-Psycolaus qui y résident. Sur cette base, il a été possible de calculer la moyenne du NDVI pour les participants dans les trois classes d'autocorrélation spatiale (hotspot, coldspot ou espace neutre, voir Figure 3).

Ensuite nous avons utilisé la différence honnêtement significative (HSD) de Tukey[22] pour déterminer si les moyennes de ces trois groupes étaient significativement différentes les unes des autres.

Tableau 1. Test de différence honnêtement significative (HSD) de Tukey entre les trois classes d'autocorrélation spatiale basées sur la statistique du G de Getis-Ord (voir Figure 3)

Groupe	Moyenne	n	Somme des carrés	Degrés de liberté	q-crit
Neutre	0,218	2865	17,505		
Hotspot IMC	0,222	1214	6,702		
Coldspot IMC	0,226	2311	16,259		
		6390	40,467 318 09	6387	3,314

Q TEST

Groupe 1	Groupe 2	Diff. de moyenne	q-stat	p-valeur
Neutre	Hotspot IMC	0,003 328 857	1,727	0,440
Neutre	Coldspot IMC	0,007 941 516	**5,046**	**0,006**
Hotspot IMC	Coldspot IMC	0,004 612 659	2,312	0,231

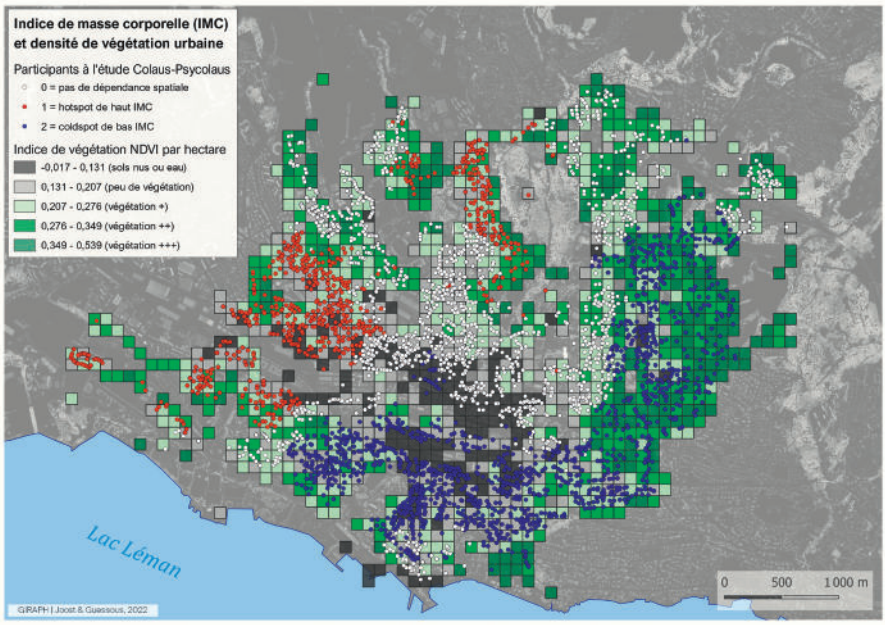


Figure 4. Statistique G de Getis-Ord calculée sur l'indice de masse corporelle (IMC) brut. Les statistiques spatiales sont décrites à la figure 3. Le dégradé de couleur du gris foncé au vert foncé en passant par le vert clair représente les valeurs de l'indice de végétation NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Le NDVI a été calculé sur la base d'une image satellite Sentinel-2 L1C prise le 23 août 2016 (résolution spatiale originale de 10 m). Source des données santé : www.colaus-psycolaus.ch/autres-etudes/geolaus/

Comme le montrent les résultats du Tableau 1, la moyenne du NDVI dans les trois classes est conforme à l'hypothèse puisque l'indice de végétation est le plus élevé dans le coldspot d'IMC, là où les sujets ont un IMC

significativement plus bas que dans le reste de la population. L'indice de végétation est plus faible dans le hotspot que dans le coldspot, ce qui tendrait à confirmer les effets positifs sur la santé d'un environnement de vie plus vert comme mis en évidence dans la littérature[20]. Cependant, ici la différence des moyennes de NDVI entre le hotspot et le coldspot est faible et elle n'est pas statistiquement significative. Seule la différence entre le groupe neutre (pas de dépendance spatiale) et le coldspot est significative.

Importance de la précision de l'information géographique

Ces résultats sont basés sur une analyse géographique menée à l'échelle locale et en utilisant la localisation des lieux de résidence des participants plutôt que sur une agrégation spatiale. Les études qui utilisent des unités administratives prédéfinies, comme les quartiers, se concentrent sur les caractéristiques internes de l'unité et ignorent les effets sur les attributs individuels résultant des interactions entre les quartiers voisins[23]. De plus, les distributions statistiques de phénomène à l'échelle locale, comme un indice de végétation, peuvent être lissées en étant agrégées à une unité spatiale trop grande. Ce type de confusion est ce que l'on appelle une « erreur écologique » (*ecological fallacy*), soit une erreur de raisonnement lors de l'interprétation de résultats statistiques au niveau individuel à partir de données agrégées. L'erreur la plus courante consiste à confondre des propriétés qui caractérisent un individu et celles qui décrivent l'espace géographique dans lequel il s'inscrit[24].

Il est donc particulièrement important d'éviter l'agrégation spatiale lorsqu'on cherche à comprendre l'influence des covariables à l'échelle locale. Ainsi, pour identifier les clusters d'IMC, nous n'avons pas utilisé d'unité prédéfinie, mais avons plutôt considéré l'espace comme un continuum. L'approche basée sur les clusters d'autocorrélation spatiale offre également des avantages supplémentaires par rapport aux approches basées sur la régression standard qui ne prennent pas en compte la dimension spatiale, soit le fait que localement des associations peuvent exister alors que globalement elles s'effacent. Premièrement, elle fournit une base statistique pour l'identification de zones à problème et justifie pleinement la prise en compte de la composante géographique lors de l'évaluation du phénomène étudié. Deuxièmement, et plus important encore, les « hotspots » ou domaines prioritaires d'intervention sont précisément délimités.

Une vieille méthode…

À Londres en 1855, John Snow avait visité tous les logements du quartier de Soho, accompagné d'un prêtre. Chaque fois, il a demandé combien de personnes étaient décédées du choléra et a associé cette information au lieu de résidence. Avec l'aide d'Edmund Cooper, un ingénieur civil, il a représenté ces informations sous forme d'histogrammes directement sur une carte géographique. Et cette carte a mis en évidence un grand cluster (grand nombre de décès) proche d'une des pompes à eau du quartier. L'identification de cette source d'eau contaminée a mené à la mise hors service de la pompe, permettant de préserver la santé de nombreux habitants du quartier. Nous avons donc là, au milieu du XIXe siècle, tous les ingrédients d'une santé populationnelle de précision que nous tentons de construire aujourd'hui avec l'aide de cohortes populationnelles et des systèmes d'information géographique.

Références bibliographiques

1. Hippocrate, Airs, eaux, lieux, Paris, Rivages, 1995.
2. Koch T, Cartographies of Disease – Maps, Mapping, and Medicine, 1st ed., Redlands, Californie, ESRI Press, 2005.
3. Hempel S, The Medical Detective – John Snow, Cholera And The Mystery of the Broad Street Pump, Royaume-Uni, Granta Books, 2014.
4. Grmek MD, « Géographie médicale et histoire des civilisations », Annales – Économies, sociétés, civilisations. 18e année, 1963 ; (6) : 1071-1097.
5. Barney T, « Diagnosing the Third World: The "Map Doctor" and the Spatialized Discourses of Disease and Development in the Cold War », Quarterly Journal of Speech, 2014 ; 100(1) ; 1-30.
6. Claval P, Histoire de la géographie française de 1870 à nos jours, Paris, Nathan, 1998.
7. Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalán C, et al., Preventing Disease through Healthy Environments: a Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks, Genève, WHO Press, World Health Organization, 2016.
8. Wild CP, « The Exposome: from Concept to Utility », International Journal of Epidemiology, 2012 ; 41 : 24-32.
9. Slama R, Le Mal du dehors – L'influence de l'environnement sur la santé humaine, Versailles, Quæ.
10. Kamel Boulos MN, Le Blond J, « On the Road to Personalised and Precision Geomedicine: Medical Geology and a Renewed Call for Interdisciplinarity », International Journal of Health Geographics, 2016 ; 15 : 5.
11. Wendt C, « Health System Typologies », *in* Levy A, Goring S, Gatsonis C, et al. (eds.), Health Services Evaluation, New York, Health Services Research, Springer US, 2019, pp. 927-937.

12. Trein P, Wagner J, « Governing Personalized Health: A Scoping Review », Frontiers in Genetics, 2021 ; 12 : 650504.
13. Goodchild MF, « Geographical Information Science », International Journal of Geographical Information Systems, 1992 ; 6 : 31-45.
14. Tobler WR, « A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region », Economic Geography, 1970 ; 46 : 234-240.
15. Marteau TM, Hollands GJ, Fletcher PC, « Changing Human Behavior to Prevent Disease: The Importance of Targeting Automatic Processes », Science, 2012 ; 337(6101) : 1492-1495.
16. Duffy KA, Green PA, Chartrand TL, « Mimicry and Modeling of Health (-Risk) Behaviors: How Others Impact Our Health(-Risk) Behaviors Without Our Awareness », Journal of Nonverbal Behavior, 2020 ; 44 : 5-40.
17. Moran PAP, « Notes on Continuous Stochastic Phenomena », Biometrika, 1950 ; 37(1-2) : 17-23.
18. Anselin L, « Local Indicators of Spatial Association – LISA », Geographical Analysis, 1995 ; 27 : 93-115.
19. Getis A, Ord JK, « The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics », Geographical Analysis, 1992 ; 24 : 189-206.
20. Luo YN, Huang WZ, Liu XX, et al., « Greenspace with Overweight and Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis of Epidemiological Studies up to 2020 », Obesity Reviews, 2020 ; 21 : e13078.
21. Li L, Zhou X, Chen L, et al., « Estimating Urban Vegetation Biomass from Sentinel-2A Image Data », Forests, 2020 ; 11 : 125.
22. Tukey JW, « Comparing Individual Means in the Analysis of Variance », Biometrics, 1949 ; 5 : 99-114.
23. Guessous I, Joost S, Jeannot E, et al., « A Comparison of the Spatial Dependence of Body Mass Index Among Adults and Children in a Swiss General Population », Nutrition & Diabetes, 2014 ; 4 : e111.
24. Pumain D, Saint-Julien T, L'Analyse spatiale, Paris, Armand Colin, 2010.

19 – Requalifier l'urgence environnementale en urgence sanitaire : les enjeux d'un nouveau récit autour du changement climatique

Anneliese Depoux

Si les effets du changement climatique sur l'environnement sont désormais bien connus du grand public et communément acceptés, les impacts pour la santé humaine induits par la multiplication des expositions à certains risques en lien avec les changements climatiques (catastrophes naturelles, vagues de chaleur, maladies infectieuses…) ne bénéficient pas encore de la même couverture[1,2]. Les principaux acteurs de la santé publique, à commencer par l'Organisation mondiale de la santé, ont plaidé pour un changement radical de stratégie : plutôt que de souligner les impacts écologiques du changement climatique, il faudrait en faire avant tout une question de santé publique (Margaret Chan, Déclaration liminaire à la Conférence sur la santé et le climat, 27 août 2014).

La communication en santé publique s'est considérablement développée au cours des dernières décennies et constitue désormais un domaine de recherche important. Les campagnes de santé publique ont en commun avec les campagnes de sensibilisation au changement climatique l'incitation des populations à faire évoluer leur comportement. Ce que la recherche a permis de comprendre dans le champ de la santé publique pourrait se traduire empiriquement pour susciter une meilleure adhésion aux impacts du changement climatique[3,4]. Plusieurs études ont désormais permis de montrer qu'envisager le changement climatique comme un problème de santé publique plutôt que comme un problème environnemental était déterminant pour impliquer la population dans sa participation au changement climatique[5-7].

Au printemps 2020, la crise du Covid-19 a été une occasion brutale de prendre conscience des conséquences sanitaires des perturbations environnementales (la pandémie actuelle était profondément liée aux dégradations de l'environnement par l'homme : déforestation, élevage intensif, et même, selon certaines études, pollution atmosphérique, qui favoriserait la propagation du virus), tandis que les confinements imposés à plus de la moitié du monde ont été l'occasion de ressentir l'impact des activités humaines sur les écosystèmes (la plupart de ces mesures ont entraîné des

réductions très importantes des émissions de gaz à effet de serre et de la pollution atmosphérique[a]). Cette crise recèle de nombreux enseignements pour appréhender la manière dont nous communiquons sur le changement climatique[8].

Réduire l'effet de distance psychologique : l'« ici et maintenant » du changement climatique

Avant la pandémie, et malgré les appels répétés des scientifiques et des activistes pour décréter « l'urgence climatique », les émissions mondiales de gaz à effet de serre continuaient à croître de 1 % par an en moyenne, très loin des objectifs de l'accord de Paris. Alors que nous sommes parvenus à traiter la pandémie du coronavirus pour ce qu'elle était – une urgence absolue, nécessitant des mesures radicales sur la base d'avis scientifiques –, la menace du changement climatique n'a pas induit de mesures aussi radicales jusqu'à présent.

Des recherches récentes sur la communication des enjeux du changement climatique auprès du grand public[9-11], il ressort que la population ne se sent pas assez largement concernée par la lutte contre le changement climatique et que les efforts mis en œuvre individuellement sont encore insuffisants et ne concernent que certains groupes sociaux. Cette réserve s'explique par plusieurs facteurs qui tiennent notamment à un manque de connaissances sur le sujet[12], à la « distance psychologique[13] » ou encore à l'écart entre les changements nécessaires et la possibilité pour chacun de mettre en œuvre ces mesures dans son propre quotidien. Le changement climatique est trop souvent encore présenté d'une manière qui peut amener les gens à se sentir impuissants et inutiles[14,15]. Une logique complexe sous-tend le mécanisme d'appropriation de ces enjeux. Pour une grande partie de la population occidentale, le changement climatique apparaît comme un sujet abstrait, qui n'affecte pas encore le quotidien. Les motifs désignés par les médias pour agir contre le changement climatique (la fonte des glaciers, la montée des océans) ne sont pas suffisamment impliquants pour les populations[5]. Alors que nous avons peur d'être contaminés par le virus, nous ne considérons pas le changement climatique comme contagieux[16]. En effet, si la plupart connaissent quelqu'un qui a été

a. Marshall Burke, du Département des sciences du système terrestre de l'Université de Stanford, a calculé que « les réductions de la pollution de l'air en Chine causées par cette perturbation économique ont probablement sauvé vingt fois plus de vies en Chine que ce qui a été perdu actuellement en raison d'une infection par le virus dans ce pays » (Burke, 2020).

affecté par le coronavirus, inversement nous ne connaissons pas nécessairement quelqu'un qui a été affecté par le changement climatique. Or le fait d'avoir subi des impacts du changement climatique (financiers, sanitaires, infrastructures, etc.) augmente l'éco-anxiété (voir le chapitre 13 : Éco-anxiété et société) et la perception de l'urgence d'agir[17-19]. Si la menace du coronavirus inquiète autant, et davantage que celle du changement climatique, c'est d'abord parce que la population craint de manière plus directe de contracter le virus. La recherche en psychologie sociale a montré que la contagion – ou la menace de contagion – était un puissant moteur de nouvelles normes sociales que nous adoptons pour nous protéger[20].

Avec le changement climatique, une forme de distance psychologique se trouve maintenue. Le changement climatique est appréhendé à travers une distance spatiale, physique ou temporelle.

- D'une part, alors que les pays industrialisés sont durement touchés par la pandémie, les travaux scientifiques sur le changement climatique ont mis en évidence que les pays les plus vulnérables aux impacts du changement climatique étaient les pays en développement, ou que les populations les plus pauvres et les plus marginalisées seraient affectées de manière disproportionnée par les impacts climatiques. Si ces faits sont incontestables, cela favorise une certaine distance psychologique.
- D'autre part, nous pouvons nous attendre à un bénéfice immédiat pour nous-mêmes des mesures que nous prenons contre le coronavirus, cela ne semble pas si évident dès lors que l'on considère les enjeux du changement climatique ; or, si des mesures radicales étaient mises en œuvre pour lutter contre le changement climatique, nous pourrions éprouver un certain bénéfice, à brève échéance, sur notre santé[21,22].

C'est en cela qu'il nous faudrait insister davantage sur les conséquences immédiates du changement climatique sur notre santé (maladies respiratoires, maladies cardiovasculaires, maladies infectieuses, etc.[1]), davantage que sur les objectifs à long terme. L'argument de la santé est un levier très puissant pour réduire cette distance sociale et augmenter l'intérêt et la préoccupation des populations pour le changement climatique et ses impacts – pour eux-mêmes comme pour les autres[23].

Les cobénéfices : un levier de communication puissant

L'argument de santé publique est aussi l'un de ceux qui résonnent le plus fort auprès des populations, en ce qu'il permet de faire émerger dans la conversation sur le climat un nouveau discours, moins alarmiste et plus positif, qui est axé sur les « cobénéfices »[7,14,24] – le concept de « cobénéfices » désignant des comportements bénéfiques à la fois pour l'environnement et la santé publique[25,26,28,40] (voir la partie 3 : Cobénéfices santé-environnement). Les cobénéfices jouent aujourd'hui un rôle de plus en plus important dans la communication des mesures à prendre pour protéger le climat. Une enquête de 2018 montre que le fait d'informer sur les cobénéfices directs et individuels constitue un élément incitatif capable de déterminer les ménages des pays à revenu élevé à adopter des mesures d'atténuation[38]. Dans le même sens, les derniers rapports du *Lancet Countdown* sur les impacts sanitaires du changement climatique soulignent le fait que des messages plus positifs devraient être utilisés et que l'argument de la santé devrait être davantage mobilisé pour engager la population[29].

Les professionnels de santé constituent ici des acteurs clés pour surmonter les obstacles à la communication sur le changement climatique[23,30-32]. Les médecins généralistes, en particulier, sont au contact d'une large population, avec une culture scientifique et des représentations très variables. En tant que figures d'autorité, ils peuvent susciter une meilleure adhésion à ces enjeux et contribuer à renforcer la résilience de la communauté[27,33-36].

Un changement de paradigme se met donc en œuvre et devra sans doute être renforcé au lendemain de la pandémie de Covid-19. La manière d'aborder ces enjeux induit très fortement la perception de l'urgence et la volonté de réagir. En mettant l'accent sur les cobénéfices directs de l'action climatique en faveur de la santé, on réduit l'effet dit « de myopie[37] » qui tient au fait que les populations sont plus réticentes à faire des sacrifices immédiats pour des avantages futurs, considérant que les actions individuelles ont un impact très mineur au regard de l'ampleur de l'enjeu.

Références bibliographiques

1. Hachad H, Depoux A, « Impacts sanitaires du changement climatique : données récentes, éléments de réflexion », La Presse Médicale Formation, 2021 ; 2(6) : 598-605.
2. Barouki R, Depoux A, Devès M, « Environnement et santé : quels impacts, quelles gouvernances ? », Annales des Mines-Responsabilite et environnement, 2021 ; 4 : 75-78. FFE.

3. Sarfaty M, Maibach E, « Communication », in Levy BS, Patz JA (eds), Climate change and Public Health, New York, Oxford University Press, 2015.
4. Raimi KT, Stern PC, Maki A, « The Promise and Limitations of Using Analogies to Improve Decision-Relevant Understanding of Climate Change », PloS One, 2017 ; 12(1).
5. Myers TA, Nisbet MC, Maibach EW, Leiserowitz AA, « A Public Health Frame Arouses Hopeful Emotions about Climate Change », Climatic Change, 2012 ; 113(3-4) : 1105-1112.
6. Petrovic N, Madrigano J, Zaval L, « Motivating mitigation: when health matters more than climate change », Climatic Change, 2014 ; 126(1) : 245-254.
7. Weathers MR, Mosher MM, Maibach E, « Communicating the public health implications of climate change », in Research Handbook on Communicating Climate Change, Cheltenham, Edward Elgar Publishing, 2020.
8. Depoux A, Gemenne F, « A Few Points that Communication on Climate Change Could Learn from the COVID-19 Crisis », in Research Handbook on Communicating Climate Change, Cheltenham, Edward Elgar Publishing, 2020.
9. Holmes DC, « Introduction to the Research Handbook on Communicating Climate Change », in Research Handbook on Communicating Climate Change, Cheltenham, Edward Elgar Publishing, 2020.
10. Badullovich N, Grant WJ, Colvin RM, « Framing Climate Change for Effective Communication: a Systematic Map », Environmental Research Letters, 2020 ; 15(12) : 123002.
11. Markowitz EM, Guckian ML, « Climate Change Communication: Challenges, Insights, and Opportunities », in Psychology and Climate Change, San Diego, Academic Press, 2018 : 35-63.
12. Lorenzoni I, Nicholson-Cole S, Whitmarsh L, « Barriers Perceived to Engaging with Climate Change Among the UK Public and their Policy Implications », Global Environmental Change, 2007 ; 17 : 445-459.
13. Loy LS, Spence A, « Reducing, and Bridging, the Psychological Distance of Climate Change », Journal of Environmental Psychology, 2020 ; 67 : 101388.
14. Cardwell FS, Elliott SJ, « Making the Links: Do We Connect Climate Change with Health? A Qualitative Case Study from Canada », BMC Public Health, 2013 ; 13(1) : 1-12.
15. Williams MN, Jaftha BA, « Perceptions of Powerlessness Are Negatively Associated with Taking Action on Climate Change: a Preregistered Replication », Ecopsychology, 2020 ; 12(4) : 257-266.
16. Gemenne F, Depoux A, « What Our Response to the COVID-19 Pandemic Tells Us of Our Capacity to Respond to Climate Change », Environmental Research Letters, 2020 ; 15(10) : 1002.

17. Desbiolles A, Galais C, « Éco-anxiété et effets du dérèglement global sur la santé mentale des populations », La Presse Médicale Formation, 2021 ; 2(6) : 615-621.
18. Cunsolo A, Ellis NR, « Ecological Grief as a Mental Health Response to Climate Change-Related Loss », Nature Climate Change, 2018 ; 8(4) : 275-281.
19. Clayton S, « Climate Anxiety: Psychological Responses to Climate Change », Journal of Anxiety Disorders, 2020 ; 74 : 102263.
20. Sperber D, La Contagion des idées, Paris, Odile Jacob, 1996.
21. Giani P, Castruccio S, Anav A, Howard D, Hu W, Crippa P, « Short-Term and Long-Term Health Impacts of Air Pollution Reductions from COVID-19 Lockdowns in China and Europe: a Modelling Study », The Lancet Planetary Health, 2020 ; 4(10) : e474-e482.
22. Gao J, Woodward A, Vardoulakis S, Kovats S, Wilkinson P, Li L, Liu Q, et al., « Haze, Public Health and Mitigation Measures in China: a Review of the Current Evidence for Further Policy Response », Science of the Total Environment, 2017 ; 578 : 148-157.
23. Hathaway J, Maibach EW, « Health Implications of Climate Change: a Review of the Literature About the Perception of the Public and Health Professionals », Current Environmental Health Reports, 2018 ; 5(1) : 197-204.
24. Maibach EW, Nisbet M, Baldwin P, Akerlof K, Diao G, « Reframing Climate Change as a Public Health Issue: an Exploratory Study of Public Reactions », BMC Public Health, 2010 ; 10(1) : 299.
25. Friel S, Dangour AD, Garnett T, Lock K, Chalabi Z, Roberts I, Haines A, et al., « Public Health Benefits of Strategies to Reduce Greenhouse-Gas Emissions: Food and Agriculture », The Lancet, 2009 ; 374(9706) : 2016-2025.
26. Haines A, McMichael AJ, Smith KR, Roberts I, Woodcock J, Markandya A, Bruce N, et al., « Public Health Benefits of Strategies to Reduce Greenhouse-Gas Emissions: Overview and Implications for Policy Makers », The Lancet, 2009 ; 374(9707) : 2104-2114.
27. Green E, Blashki G, Berry H, Harley D, Horton G, Hall G, « Preparing Australian Medical Students for Climate Change », Australian Family Physician, 2009 ; 38 : 726-729.
28. Whitmee S, Haines A, Beyrer C, Boltz F, Capon AG, de Souza Dias BF, Horton R, et al., « Safeguarding Human Health in the Anthropocene Epoch: Report of the Rockefeller Foundation–Lancet Commission on Planetary Health », The Lancet, 2015 ; 386(10007) : 1973-2028.
29. Watts N, Amann M, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Bouley T, Boykoff M, Cox PM, et al., « The Lancet Countdown on Health and Climate Change: from 25 Years of Inaction to a Global Transformation for Public Health », The Lancet, 2018 ; 391(10120) : 581-630.

30. Stott R, Godlee F, « What Should We Do About Climate Change?: Health Professionals Need to Act Now, Collectively and Individually », British Medical Journal, 2006 ; 333 : 983-984.
31. Kotcher J, Maibach E, Miller J, Campbell E, Alqodmani L, Maiero M, Wyns A, « Views of Health Professionals on Climate Change and Health: a Multinational Survey Study », The Lancet Planetary Health, 2021 ; 5(5) : e316-e323.
32. Ramanathan V, Haines A, « Healthcare Professionals Must Lead on Climate Change », British Medical Journal, 2016 ; 355 : i5245.
33. Dupraz J, Burnand B, « Role of Health Professionals Regarding the Impact of Climate Change on Health—An Exploratory Review », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021 ; 18(6) : 3222.
34. Boland TM, Temte JL, « Family Medicine Patient and Physician Attitudes Toward Climate Change and Health in Wisconsin », Wilderness & Environmental Medicine, 2019 ; 30(4) : 386-393.
35. Xie E, de Barros EF, Abelsohn A, Stein AT, Haines A, (2018). « Challenges and Opportunities in Planetary Health for Primary Care Providers », The Lancet Planetary Health, 2018 ; 2(5) : e185-e187.
36. Gómez A, Balsari S, Nusbaum J, Heerboth A, Lemery J, « Perspective: Environment, Biodiversity, and the Education of the Physician of the Future », Academic Medicine : Journal of the Association of American Medical Colleges, 2013 ; 88 : 168-172.
37. Herrmann A, Amelung D, Fischer H, Sauerborn R, « Communicating the Health Co-Benefits of Climate Change Mitigation to Households and Policy Makers », in Research Handbook on Communicating Climate Change, Cheltenham, Edward Elgar Publishing, 2020.
38. Amelung D, Fischer H, Herrmann A, Aall C, Louis VR, Becher H, Sauerborn R, et al., « Human Health as a Motivator for Climate Change Mitigation: Results from Four European High-Income Countries », Global Environmental Change, 2019 ; 57 : 101918.
39. Green EC, Witte K, « Can Fear Arousal in Public Health Campaigns Contribute to the Decline of HIV Prevalence? », Journal of Health Communication, 2006 ; 11(3) : 245-259.
40. Green R, Milner J, Dangour AD, Haines A, Chalabi Z, Markandya A, Wilkinson P, et al., « The Potential to Reduce Greenhouse Gas Emissions in the UK Through Healthy and Realistic Dietary Change », Climatic Change, 2015 ; 129(1-2) : 253-265.

20 – Impact des dégradations environnementales sur la santé mentale des populations

Elisa Hyde et Philippe Conus

Introduction

Le changement climatique est en grande partie lié à l'utilisation d'énergies fossiles et à nombre d'activités humaines qui conduisent à la production puis à l'accumulation de CO_2 et d'autres gaz dans l'atmosphère, générant un phénomène d'effet de serre, à la hausse des températures terrestres et aux modifications d'équilibres climatiques en place depuis des millénaires. Le climat a déjà changé dans le passé, mais jamais aussi vite et jamais de manière aussi directement corrélée à l'activité humaine. Si nous insistons sur ces mécanismes déjà clairement évoqués dans d'autres parties de ce livre, et surtout sur cet aspect de lien direct entre l'activité humaine et le changement climatique dont nous observons déjà les conséquences, c'est que la question de l'implication des comportements humains dans cette chaîne d'événements participe de son impact psychologique. En effet, nous sommes confrontés non seulement aux conséquences que ces changements de climat peuvent avoir sur notre équilibre psychique et sur la prévalence de troubles dans ce domaine, ce dont il sera principalement question dans ce chapitre, mais également à la perception, par un nombre croissant d'entre nous, de notre responsabilité à cet égard, de l'urgence d'agir, et pour certains du sentiment d'impuissance qui en découle.

Les conséquences d'un changement climatique qui est déjà perceptible, et leur ampleur annoncées par les experts à l'horizon 2030 si rien n'est fait de décisif, seraient dramatiques au niveau des écosystèmes en général. On parle souvent des conséquences sur la santé physique telles que la déshydratation et les accidents cardiovasculaires liés aux pics de chaleur extrême et aux canicules ou les pathologies respiratoires liées à la pollution. On parle aussi régulièrement de l'augmentation de la prévalence de maladies telles que la malaria, la dengue, voire de la fréquence de pandémies telles que celle du Covid-19 du fait de la modification de nos interactions avec la faune pour ne citer que quelques exemples. On parle par contre beaucoup plus rarement des conséquences sur la santé mentale qui sont pourtant nombreuses et potentiellement plus durables et torpides. C'est ce que nous ferons dans ce chapitre considérant l'importance

de cet aspect de la problématique. En effet, l'équilibre psychique est un élément déterminant de la qualité de la vie de chacun mais également un des facteurs clés de la stabilité des rapports entre les humains et entre les nations, tant nos comportements peuvent être influencés par les conditions du milieu dans lequel nous vivons et l'impact qu'ils ont sur notre fonctionnement psychique[1,2] ; il est donc primordial de tout faire pour le maintenir.

Quelques chiffres

Les données relatives aux conséquences psychiques des diverses manifestations du changement climatique s'accumulent au fil du temps. Par exemple, (a) 25 à 50 % des personnes exposées à une catastrophe naturelle (inondation, ouragan, feu de forêt…) développent des troubles psychiques ; (b) parmi les survivants de l'ouragan Katrina par exemple, 49 % des personnes exposées présentent ou ont présenté des troubles anxieux ou de l'humeur, 18 % un état de stress posttraumatique et le taux de suicide a été multiplié par 2 dans cette région au cours des années qui ont suivi la catastrophe ; (c) ce même phénomène a été observé dans le cadre de nombreuses autres catastrophes naturelles, où on relève en général que près de 50 % des adultes et 45 % des enfants souffrent de dépression après un tel événement ; (d) suite à un épisode grave de sécheresse dans le Midwest américain, on a assisté au doublement du taux de suicide chez les fermiers de cette région. Ce ne sont que des exemples qui s'accumulent année après année pour nous montrer que cet aspect de la question demande qu'une attention particulière y soit rapidement portée.

Impact sur la société

En effet, le réchauffement climatique et les changements globaux qui en découlent conduisent entre autres à la raréfaction de certaines ressources, modifient l'accès à celle-ci et, progressivement ou de manière brutale en cas de catastrophes subites, au durcissement des conditions de vie. Dans le contexte de tels basculements des équilibres, les rapports entre sociétés sont susceptibles de se transformer de manière drastique et de libérer de manière très rapide des pulsions agressives que l'on pourrait croire solidement contenues. Sans basculer dans un alarmisme excessif, on peut en effet craindre que le sens d'appartenance sociale ou que la cohésion des sociétés ne se délite rapidement, avec une augmentation de la fréquence des agressions entre individus, entre groupes, ou encore au niveau politique sous la forme de conflits pour l'accès à des ressources qui

deviennent peu accessibles. Outre son impact direct sur les individus, un tel délitement du contexte sociétal aurait à l'évidence un impact majeur sur la santé psychique de ceux qui la composent ; en effet, le modèle de compréhension de la majorité des troubles psychiques postule, en particulier pour les troubles sévères tels que la schizophrénie ou les autres formes de psychose ou encore pour le trouble bipolaire, une interaction entre stress et vulnérabilité. Les sujets susceptibles de développer de tels troubles se trouveraient rapidement dans une zone de stress suffisante pour qu'émergent des manifestations pathologiques qui seraient restées dormantes ou contenues dans un contexte plus stable ; on peut donc craindre la survenue d'une augmentation de la prévalence globale de troubles psychiques graves dans un tel contexte de changement sociétal.

Populations les plus vulnérables

Ceci dit, toutes les populations et toutes les couches sociales qui la composent ne sont pas vulnérables au même degré à l'égard de l'impact du changement climatique sur la santé mentale. Les personnes qui le sont le plus sont celles vivant dans des zones à risques tels que les bords de mer ou les zones déjà arides, les communautés indigènes, les communautés les plus pauvres, certains groupes professionnels qui dépendent directement du milieu naturel pour générer leur revenu (agriculteurs, pêcheurs, industrie du tourisme par exemple). Comme face à tous les facteurs de stress et les situations d'inégalité, ce sont également les personnes avec handicap ou maladie chronique, les personnes âgées, les femmes, les enfants et les patients souffrant de troubles psychiques qui sont le plus exposés. Si des plans de prévention doivent être élaborés, il s'agira donc de se préoccuper avant tout de ces groupes à risque et de prévoir des stratégies adaptées en premier lieu à leurs besoins.

Modalités d'impact du changement climatique sur la santé mentale

Comme on l'a déjà partiellement évoqué, l'impact du changement climatique sur la santé psychique peut survenir de diverses façons que l'on peut regrouper selon certains auteurs en trois catégories principales : l'impact direct, l'impact graduel et l'impact indirect[3].

Impact direct

Les catastrophes naturelles telles que les tempêtes majeures, les inondations, les incendies, ou la survenue de phases de chaleur extrême ont un impact sur la santé. On sait aussi que dans de tels contextes, la prévalence des troubles psychiques est 40 fois plus élevée que celle des problèmes somatiques[4] ; la santé psychique est donc un domaine de vulnérabilité principal dans un contexte de changement climatique que nous connaissons déjà et qui va aller en s'accentuant. La forme la plus visible et la mieux documentée de tels troubles est la survenue d'états de stress posttraumatique après un événement aigu, et ce d'autant plus si l'on y a été directement exposé ou si l'on y a perdu un proche. Une étude conduite à Porto Rico à la suite de l'ouragan Maria montre que 6 mois après l'événement, 41,9 % des personnes directement exposées souffraient de symptômes d'état de stress posttraumatique[3]. Une forte augmentation de ce trouble a également été remarquée au Royaume-Uni après une inondation, avec une prévalence de 30,4 % d'état de stress posttraumatique, pouvant être comparée à une prévalence au cours de la vie de 7,8 % dans la population générale[5]. Ces événements conduisent habituellement à des mouvements de solidarité, à la mise en place de stratégies de soutien international et d'encadrement transitoire des populations affectées. Mais le problème le plus préoccupant est certainement le développement d'épisodes dépressifs de longue durée, de troubles anxieux, voire de décompensation psychotique (chez des patients déjà connus pour de tels troubles ou sous forme d'un épisode initial) ou de suicides, qui sont clairement observés et qui se maintiennent bien au-delà de la phase d'aide internationale qui consiste souvent principalement en une aide d'urgence logistique et somatique. Les populations précarisées se trouvent alors seules pour faire face à une situation souvent très détériorée qui impacte gravement leur santé psychique.

Impacts graduels

Dans la population générale, et dans certaines régions du globe ou dans certains groupes professionnels particuliers, outre les catastrophes aiguës mentionnées ci-dessus, les populations sont exposées à l'évolution plus lente du changement climatique et des désordres qui en découlent (montée des températures, élévation du niveau de la mer, changement des cycles de précipitations, sécheresse récurrente, insécurité alimentaire, exode et migration). Cette érosion progressive de l'identité liée à la transformation de l'environnement naturel et du mode de vie conduit à diverses formes de troubles. On observe une accumulation de stress, la survenue d'épisodes de dépression

(par perte progressive de territoire, de ressources, de capacité à pratiquer son activité professionnelle pour les agriculteurs par exemple et donc chute de la production agricole et de la disponibilité en aliments), une irritabilité accrue, l'émergence de conflits (migration liée au climat, au manque de nourriture) et la victimisation des plus fragiles[6]. De plus, on constate une augmentation du taux de suicide, pouvant atteindre par exemple 15 % parmi les agriculteurs lors des périodes de sécheresse, comme le montre une étude conduite en Australie entre les années 1970 et 2007[7].

Il est aussi important de mentionner l'effet cumulatif au fil du développement, et ce depuis la vie intra-utérine, des changements climatiques sur la santé. On sait que l'accumulation de traumatismes, durant le développement prénatal et dans l'enfance, génère une vulnérabilité ultérieure à l'émergence de troubles psychiques et à des manifestations plus graves de ces troubles[8]. Des phases répétées de stress biologique ou psychologique, d'abord chez la mère puis chez l'enfant en développement, conduisent à une accumulation d'effets qui convergent ainsi sur une vulnérabilité accrue.

Enfin, pour les patients qui souffrent déjà de troubles psychiques, le changement climatique en lui-même peut constituer un facteur de risque de déstabilisation et d'augmentation de la fréquence des crises aiguës. Par exemple les vagues de chaleur en elles-mêmes peuvent contribuer à la survenue de rechute plus fréquente chez les patients bipolaires, ou aggraver des déficits cognitifs déjà existants, en particulier chez les personnes âgées. Ce phénomène se traduit notamment par une augmentation des visites et des admissions dans les services d'urgences psychiatriques lors des périodes de chaleur intense. En effet, lors de la canicule qui a touché l'Europe en été 2003, on remarque que 32,1 % des personnes qui ont consulté les urgences psychiatriques ont été hospitalisées, contre 15,4 % à la même période en été 2002. Il existe plusieurs théories pouvant expliquer ce phénomène, par exemple le lien entre une altération du sommeil liée à la chaleur et l'exacerbation de troubles psychiques, ou encore une atteinte de la thermorégulation chez les personnes sous médication antipsychotique. Le risque de déshydratation, plus important chez les personnes atteintes de troubles psychiques, lié à une adaptation comportementale moins efficiente face à la chaleur, peut également expliquer l'augmentation des déficits cognitifs dans ce contexte[9]. Immanquablement, les déséquilibres sociaux décrits plus haut auraient aussi une influence majeure sur ces personnes déjà fragilisées par un équilibre psychique parfois précaire.

Impact indirect

La définition par l'OMS de la « santé mentale » comme un « état de bien-être dans lequel l'individu peut réaliser son potentiel, peut faire face aux stress normaux de la vie, peut travailler de manière productive et fructueuse, et est capable d'apporter une contribution à sa communauté » étant très large et dépassant la seule absence de troubles psychiques, il est clair que les conséquences du changement climatique toucheront ce domaine de diverses manières. C'est au fond la relation globale de l'humain à son environnement et donc sa façon de voir le monde qui se modifie peu à peu. Dans le contexte d'un système dominant basé sur la croissance et la consommation de ressources comme si elles étaient illimitées, l'émergence des problèmes environnementaux confronte l'humanité à la nécessité de changer de paradigme, de revisiter les valeurs qui sous-tendent l'organisation des sociétés et inévitablement de remettre en question des modes de vie très établis et difficiles à modifier. Cette nécessité de changer notre façon de voir le monde, le futur, les autres et soi-même peut conduire à un sentiment de perte d'identité et de rôle social, voire à un sentiment d'impuissance tant la tâche est gigantesque et semble hors de portée. Cette situation pèse sur l'équilibre psychique, ce qui peut se manifester par la survenue de sentiments de désespoir, de dépression, d'angoisse, voire d'idées suicidaires, mais aussi de tensions dans la population, dans les familles ou dans les couples. Il peut aussi en résulter ce qu'on appelle un état d'éco-anxiété ou de « solastalgie », concepts récents que nous allons développer ci-dessous[10].

Éco-anxiété ou solastalgie

Les concepts de solastalgie et d'éco-anxiété justifient un paragraphe spécifique tant ils ont reçu d'écho dans les médias (voir le chapitre 13 : Éco-anxiété et société). Le terme « solastalgie » a été développé par le philosophe australien Albrecht dans le contexte des graves épisodes de sécheresse et dans celui de l'étude de l'impact sur la population locale de gigantesques exploitations minières à ciel ouvert en Nouvelle-Galles du Sud au début des années 2000. Il vise à mieux décrire le sentiment de détresse induit chez les humains par la modification de l'environnement[11]. L'opposant à la nostalgie – mélancolie ou mal du pays que ressentent les individus lorsqu'ils sont séparés de leur foyer –, Albrecht définit la solastalgie comme le sentiment de détresse qu'éprouvent ceux qui souffrent face aux changements dans leur environnement d'origine. L'éco-anxiété quant à elle se définit comme un sentiment d'angoisse ressenti face à la menace globale du changement climatique, exacerbé par un sentiment

d'impuissance et de manque de contrôle sur la situation. Plus récemment, ce concept s'est d'une certaine manière étendu, considérant que ce sentiment n'est pas réservé exclusivement aux personnes dont l'environnement direct est modifié ou détruit : c'est toute une partie de la population mondiale et particulièrement les jeunes qui, dans le cadre de la prise de conscience de l'impact du changement climatique et de leur fréquent sentiment d'impuissance, éprouvent ce sentiment et remettent en question un modèle de vie ainsi que les projets qu'ils pouvaient avoir, y compris l'idée même de faire des enfants. Une étude conduite en 2021 au sein de la population des jeunes entre 16 et 25 ans du monde entier a mis en évidence que 62 % d'entre eux sont actuellement très, voire extrêmement, inquiets à propos du changement climatique et 45 % sont impactés dans leur fonctionnement quotidien par cette inquiétude[12]. Dans certains cas, le syndrome d'éco-anxiété peut conduire à l'émergence de troubles cliniques tels que l'anxiété, les attaques de panique, l'insomnie ou la dépression.

Actuellement, la recherche d'interventions thérapeutiques pour diminuer le mal-être lié à l'éco-anxiété en est à ses débuts. Cependant, la plupart des études s'accordent sur le fait qu'il est possible de diminuer les émotions négatives en validant la réponse émotionnelle des personnes qui souffrent d'éco-anxiété par une écoute et une attitude compréhensive. Le fait de s'engager au sein d'organisations de lutte pour le climat permet à la fois de renforcer des liens sociaux avec des personnes ayant les mêmes inquiétudes et partageant les mêmes valeurs environnementales, mais également d'avoir un impact sur la source de ces inquiétudes en adoptant un comportement visant à atténuer le problème[10]. Les décisions et les actions prises par les gouvernements jouent également un rôle majeur dans l'éco-anxiété. Les personnes au pouvoir ont aujourd'hui le devoir de reconnaître l'urgence climatique et d'agir en conséquence afin de limiter les affects négatifs liés à l'éco-anxiété et ainsi protéger la santé mentale des populations[12].

Conclusion

On voit donc à travers ce bref chapitre que l'impact du changement climatique sur la santé psychique ne devrait pas être négligé tant ses conséquences peuvent être graves et durables. Ces éléments doivent être pris en compte afin de protéger les plus vulnérables et éviter que ne survienne un tsunami de problématiques de cette nature dont la prise en charge sera très complexe. C'est naturellement l'ensemble du fonctionnement social qui doit être adapté si l'on veut limiter ces effets et la tâche est

vaste. Outre la protection des plus faibles et des plus vulnérables pour prévenir l'émergence de troubles, il est utile, de manière plus générale et en particulier pour faire face à la prévalence croissante du phénomène d'éco-anxiété, d'orienter ces personnes vers l'action (associative, politique ou individuelle), vers des stratégies concrètes qui leur permettent de reprendre ne serait-ce qu'un contrôle limité sur ces phénomènes et de sortir ainsi d'un sentiment d'impuissance qui les paralyse.

Références bibliographiques

1. Clayton S, « Climate Change and Mental Health », Current Environmental Health Reports, 2021 ; 8(1) : 1-6. DOI: 10.1007/s40572-020-00303-3. Epub 2021 Jan 2. PMID: 33389625.
2. Cianconi P, Betrò S, Janiri L, « The Impact of Climate Change on Mental Health: a Systematic Descriptive Review », Frontiers in Psychiatry, 2020 ; 11 : 74. DOI: 10.3389/fpsyt.2020.00074. PMID: 32210846; PMCID: PMC7068211.
3. Palinkas LA, Wong M, « Global Climate Change and Mental Health », Current Opinion Psychology, 2020 ; 32 : 12-16. DOI: 10.1016/j.copsyc.2019.06.023. Epub 2019 Jul 2. PMID: 31349129.
4. Hayes K, Blashki G, Wiseman J, Burke S, Reifels L, « Climate Change and Mental Health: Risks, Impacts and Priority Actions », International Journal of Mental Health Systems, 2018 ; 12 : 28. DOI: 10.1186/s13033-018-0210-6. PMID: 29881451; PMCID: PMC5984805.
5. Cruz J, White PCL, Bell A, Coventry PA, « Effect of Extreme Weather Events on Mental Health: A Narrative Synthesis and Meta-Analysis for the UK », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020 ; 17(22) : 8581. DOI: 10.3390/ijerph17228581. PMID: 33227944; PMCID: PMC7699288.
6. Padhy SK, Sarkar S, Panigrahi M, Paul S, « Mental Health Effects of Climate Change », Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2015 ; 19(1) : 3-7. DOI: 10.4103/0019-5278.156997. PMID: 26023264; PMCID: PMC4446935.
7. Hanigan IC, Butler CD, Kokic PN, Hutchinson MF, « Suicide and Drought in New South Wales, Australia, 1970–2007 », Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States America, 2012 ; 109(35) : 13950-13955. DOI: 10.1073/pnas.1112965109. PMID: 22891347; PMCID: PMC3435226.
8. Garcia DM, Sheehan MC, « Extreme Weather-Driven Disasters and Children's Health », International Journal of Health Services, 2016 ; 46(1) : 79-105. DOI: 1177/0020731415625254. Epub 2015 Dec 30. PMID: 26721564.
9. Vida S, Durocher M, Ouarda TBMJ, Gosselin P, « Relationship between Ambient Temperature and Humidity and Visits to Mental Health

Emergency Departments in Québec », Psychiatric Services, 2012 ; 63(11) : 1150-1153. DOI: 10.1176/appi.ps.201100485.

10. Clayton S, « Climate Anxiety: Psychological Responses to Climate Change », Journal of Anxiety Disorders, 2020 ; 74 : 102263. DOI: 10.1016/j.janxdis.2020.102263. Epub 2020 Jun 26. PMID: 32623280.
11. Albrecht G, Sartore GM, Connor L, Higginbotham N, Freeman S, Kelly B, Stain H, Tonna A, Pollard G, « Solastalgia: the Distress Caused by Environmental Change », Australasian Psychiatry, 2007 ;15(Suppl 1) : S95-S98. DOI: 10.1080/10398560701701288. PMID: 18027145.
12. Hickman C, Marks E, Pihkala P, Clayton S, Lewandowski RE, Mayall EE, et al., « Climate Anxiety in Children and Young People and their Beliefs about Government Responses to Climate Change: a Global Survey », The Lancet Planetary Health, 2021 ; 5(12) : e863-73. DOI: 10.1016/S2542-5196(21)00278-3. PMID: 34895496.

21 – Impact environnemental du tabagisme

Isabelle Jacot Sadowski, Esfandiar Aminian, Jacques Cornuz

Introduction

Les effets néfastes du tabac ne se limitent pas à la santé humaine mais s'étendent à celle de l'environnement. De la culture du tabac à la consommation de cigarettes, plusieurs étapes sont nécessaires. Ce chapitre a pour objectif de présenter l'impact environnemental des différentes étapes du cycle de vie du tabac (Figure 1). Il résume avec quelques mises à jour un article publié dans la *Revue médicale suisse* en 2019 qui se base principalement sur des documents de l'OMS publiés en 2017 et 2018[1-3]. Les chiffres se réfèrent aux cigarettes manufacturées, soit 90 % des produits de tabac vendus. Les autres formes de tabac (cigares, cigarillos, tabac à usage oral et produits du tabac chauffé) ne sont pas incluses dans cette évaluation.

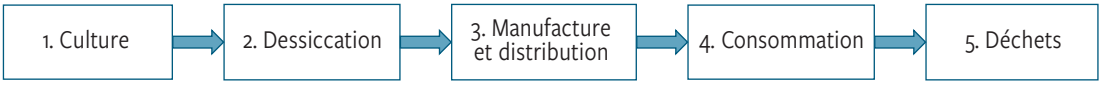


Figure 1. Les cinq étapes du cycle de vie du tabac

Cycle de vie du tabac

Culture du tabac

La production des feuilles de tabac (appelées à ce stade « tabac vert ») est estimée à 32,4 millions de tonnes par an, permettant la production de 6,5 millions de tonnes de tabac sec à l'origine des 6 000 milliards de cigarettes produites annuellement[4]. La culture du tabac comprend la constitution de terrains agricoles, la plantation, l'entretien des plantes et la récolte.

La surface des plantations de tabac s'élevait à 3,2 millions d'hectares en 2020, soit 78 % de la superficie de la Suisse. En 2013 elle était estimée à 4,2 millions d'hectares[5]. Même si les plantations ont tendance à diminuer depuis quelques années, la culture du tabac amène les agriculteurs à défricher la forêt, souvent en la brûlant, pour créer de nouvelles surfaces de culture, qui après quelques saisons seulement sont abandonnées, créant des zones de désertification[2,6].

Ce déboisement par le feu et la perte de surfaces forestières ont un impact sur l'augmentation des gaz à effet de serre. Ce défrichement est aussi à l'origine d'une perte de la biodiversité.

Les surfaces de culture du tabac pourraient servir à la culture vivrière, ce qui favoriserait la consommation locale, la souveraineté alimentaire et réduirait l'insécurité alimentaire touchant des pays producteurs[2,6-9]. Selon des estimations, ces surfaces permettraient de couvrir les besoins alimentaires de 10 à 20 millions de personnes[7,9].

La culture du tabac nécessite d'importantes quantités d'eau, environ 670 tonnes pour la production de 1 tonne de tabac vert, ce qui représente un apport 5 à 8 fois supérieur à celui nécessaire pour cultiver 1 tonne de pommes de terre, de tomates ou de blé (Tableau 1)[4].

Le tabac est cultivé dans des régions plus ou moins humides mais avec une période sèche. La part d'eau apportée pour l'irrigation varie en fonction du climat régional. L'apport en eau se fait parfois au détriment d'autres cultures et crée dans certaines régions un déclin des nappes phréatiques[3]. La production d'une cigarette nécessite sur l'ensemble des étapes de production 3,7 litres d'eau. La culture du tabac représente une source de pollution de l'eau en raison d'un usage en grande quantité de produits phytosanitaires contaminant les sols et les milieux aquatiques[6,9].

Le mode de culture du tabac impacte négativement l'écosystème. Cultivé en monoculture, il conduit à un appauvrissement des sols et de la biodiversité et favorise le développement de maladies végétales[3]. Ce type de culture nécessite une utilisation importante de produits phytosanitaires, parmi lesquels se trouvent des substances toxiques pour la santé humaine et environnementale[2]. Des produits organochlorés comme le DDT sont toujours utilisés[6]. L'aldicarbe, le chlorpyrifos et le 1,3-dichloropropène, interdits dans de nombreuses régions dont la Suisse et l'Europe, figurent parmi les substances toxiques le plus souvent identifiées dans les pays à faible ou moyen revenu qui sont les principaux pays cultivateurs[6]. Il existe peu d'alternatives possibles à ce mode de culture, les agriculteurs étant généralement liés à des contrats avec l'industrie, comprenant des contraintes de productivité[3].

La culture du tabac expose aussi les agriculteurs à différents problèmes sanitaires, dont l'exposition aux pesticides et la maladie du tabac vert, intoxication à la nicotine provoquée par l'absorption cutanée de la nicotine présente sur les feuilles de tabac humides. Les personnes travaillant dans les champs de tabac ne disposent souvent pas d'équipements de protection suffisants ou ne sont pas assez informées des risques de cette

exposition[3]. Les agriculteurs sont liés à des contrats favorisant un endettement souvent durable et la pauvreté[3].

Tableau 1. Utilisation de ressources naturelles pour la culture et la dessiccation du tabac

	Tabac mondial	Comparatif
Surfaces agricoles	3,2 millions d'hectares	78 % de la superficie de la Suisse
Eau	670 tonnes d'eau pour 1 tonne de tabac vert	• 8 fois plus que pour 1 tonne de pommes de terre • 5 fois plus que pour 1 tonne de tomates ou de blé • Équivalent à la production de 1 tonne de riz
Bois	8 millions de tonnes/an	Environ 80 % de la consommation annuelle de bois en Suisse

Dessiccation du tabac

La dessiccation est le processus de séchage des feuilles de tabac vert et correspond au traitement primaire. Le séchage est effectué par des entreprises, dites « de première transformation ». Ces sociétés, situées dans les pays producteurs, achètent le tabac vert aux cultivateurs et revendent le produit transformé aux compagnies de tabac.

La dessiccation peut se faire soit à l'aide de combustibles (bois ou charbon), soit à l'air libre. L'usage d'un combustible est le mode privilégié (68 % de la dessiccation mondiale), celle-ci ne durant en moyenne qu'une semaine *versus* quatre à huit semaines pour la dessiccation à l'air libre[2]. Ce processus mobilise 8 millions de tonnes de bois par année et 13,6 millions de tonnes de charbon[3]. La dessiccation représente une source de déforestation, pratique courante dans les pays cultivateurs pour l'obtention du bois utilisé comme combustible. On estime que la production de tabac (culture et dessiccation) est à l'origine de 2 à 4 % de la déforestation mondiale[9,10]. Depuis quelques années l'industrie du tabac a entrepris des démarches et communiqué des engagements pour limiter la déforestation, notamment des forêts primaires et protégées, et pour favoriser les activités de reboisement. Les preuves publiées sont cependant peu nombreuses[11].

Manufacture et distribution

Cette étape comprend le transport du tabac séché vers les usines de manufacture et la fabrication de cigarettes. Les feuilles de tabac sont d'abord transformées en scaferlati. Durant ce processus, elles sont humidifiées, découpées, torréfiées et subissent un « sauçage » apportant notamment une aromatisation spécifique aux cigarettes. Les cigarettes sont ensuite confectionnées en assemblant le tabac, le papier et les filtres. Le papier est blanchi et traité avec des additifs favorisant la combustion. Les filtres sont fabriqués à partir d'acétate de cellulose. Finalement, les cigarettes sont placées dans les paquets étiquetés, plastifiés et regroupés par dix dans les cartouches qui seront distribuées dans les différents points de vente[2].

La solidité des données quant à l'impact environnemental de la manufacture et de la distribution des cigarettes est limitée, les études sur cette thématique étant publiées ou financées par les grandes firmes de l'industrie du tabac ; il se peut donc qu'il soit sous-estimé. L'impact environnemental de cette étape est lié à l'énergie nécessaire au transport des feuilles de tabac aux manufactures, celles-ci ne se situant pas nécessairement dans le pays cultivateur, mais souvent installées dans les régions où sont vendues les cigarettes. La manufacture de cigarettes requiert de l'énergie, de l'eau ainsi que des produits chimiques (arômes, conservateurs) dans la transformation du tabac et des matières premières pour la synthèse du papier et des filtres.

Consommation de cigarettes

L'impact environnemental de la consommation de tabac est lié à la production de fumée. On distingue trois modes de dissémination de la fumée : la fumée primaire, issue de la combustion de la cigarette, inhalée par le consommateur ; la fumée secondaire, issue de la combustion de la cigarette directement libérée dans l'environnement et celle exhalée par le consommateur ; et la fumée tertiaire résultant de l'accumulation dans l'environnement des résidus de fumées[2,12].

La fumée du tabac contient un grand nombre de composés toxiques pour l'humain et l'environnement tels que les goudrons, le dioxyde et le monoxyde de carbone, des oxydes d'azote, les nitrosamines, le formaldéhyde ou encore la pyridine[12].

Déchets postconsommation

Une fois les cigarettes consommées, elles deviennent une source importante de déchets. Chaque année, plus de 3 millions de tonnes de déchets sont créés par la consommation de cigarettes : plus de 1 million de tonnes

liées aux mégots, dont les deux tiers finissent directement dans l'environnement et non à la poubelle, ainsi qu'environ 2 millions de tonnes liées aux paquets de cigarettes (carton, papier, plastique, colle). Les filtres sont une source de déchets importante au niveau mondial. Ceux-ci sont fabriqués à partir d'acétate de cellulose (bioplastique) et sont donc une source de pollution plastique[3,13]. Les mégots contiennent plus de 40 substances considérées toxiques pour les organismes aquatiques, parmi elles des hydrocarbures aromatiques polycycliques, des phtalates, la nicotine et l'éthylphénol ; l'émission de métaux lourds est également rapportée[14,15]. Selon une modélisation, les mégots de cigarettes prendraient jusqu'à quatorze ans pour se décomposer complètement[13].

Synthèse

Au total, 84 millions de tonnes d'équivalent CO_2 sont émises annuellement dans la chaîne de production du tabac[3]. Cela représente 0,2 % de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine au niveau mondial par année et équivaut à environ le double des émissions directes de CO_2 de la Suisse[16]. L'étape de dessiccation des feuilles de tabac est la principale responsable, soit environ la moitié des émissions CO_2 de l'ensemble du cycle de vie (Figure 2).

La consommation d'un paquet de cigarettes par jour a un impact annuel sur le changement climatique estimé entre 15 à 50 % de celui de la consommation moyenne de viande rouge d'une personne (14,4 kg/an)[3,17,18]. Les émissions CO_2 hebdomadaires d'une consommation de 1 paquet de cigarettes par jour correspondent à celles de la production de 1 litre de lait, respectivement environ 10 jours de tabagisme pour 1 kg de pommes de terre (Tableau 2)[17].

Afin d'illustrer certains impacts environnementaux de la consommation de cigarettes, nous avons estimé les conséquences d'une personne fumant un paquet par jour pendant 50 ans sur la base des paramètres suivants : les émissions en équivalent CO_2, la consommation d'eau, ainsi que celle en énergies fossiles en équivalent pétrole. Nous avons ensuite calculé l'impact de 1 million de personnes aux caractéristiques similaires (Figure 3)[3,19,20]. Les émissions de CO_2 associées à la consommation d'un paquet par jour se situent à 0,1 tonne par an, soit environ 0,7 % des émissions moyennes de CO_2 d'une personne vivant en Suisse (14 tonnes/an).

Bien que les émissions de CO_2 liées à la production et à la consommation de tabac soient plutôt faibles si l'on considère les émissions totales

associées au mode de vie d'une personne, il est important d'y ajouter d'autres impacts tels que la déforestation, l'utilisation de ressources, la perte de la biodiversité ainsi que la pollution des sols et des milieux aquatiques. La consommation d'eau, les émissions CO_2 ou la génération de déchets sont sans doute sous-estimées car la production d'engrais, de pesticides et d'additifs utilisés dans la culture de tabac et la fabrication de cigarettes n'est pas considérée dans cette analyse.

Tableau 2. Comparaison des émissions CO_2 pour la fabrication de différents produits[3,17]

	1 paquet de cigarettes/j	1 kg de pommes de terre	1 kg de viande de bœuf	1 litre de lait
Émissions CO_2 (kg)	1 jour : 0,28 kg 1 semaine : 2 kg 1 an : 100 kg	2,9 kg	27 kg	1,9 kg

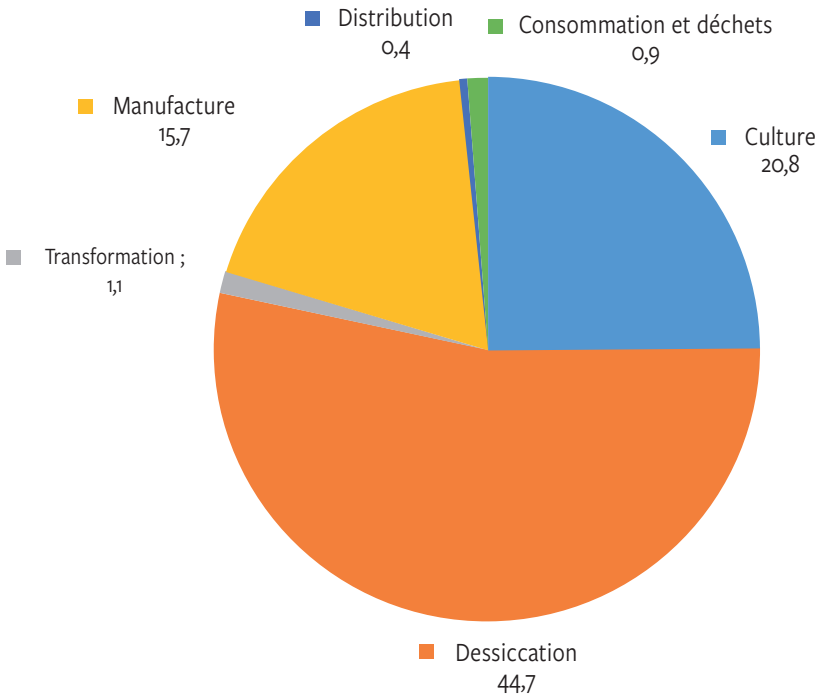


Figure 2. Émissions annuelles de CO_2 (mio tonnes) aux différentes étapes du cycle de vie du tabac (d'après la réf. [3])

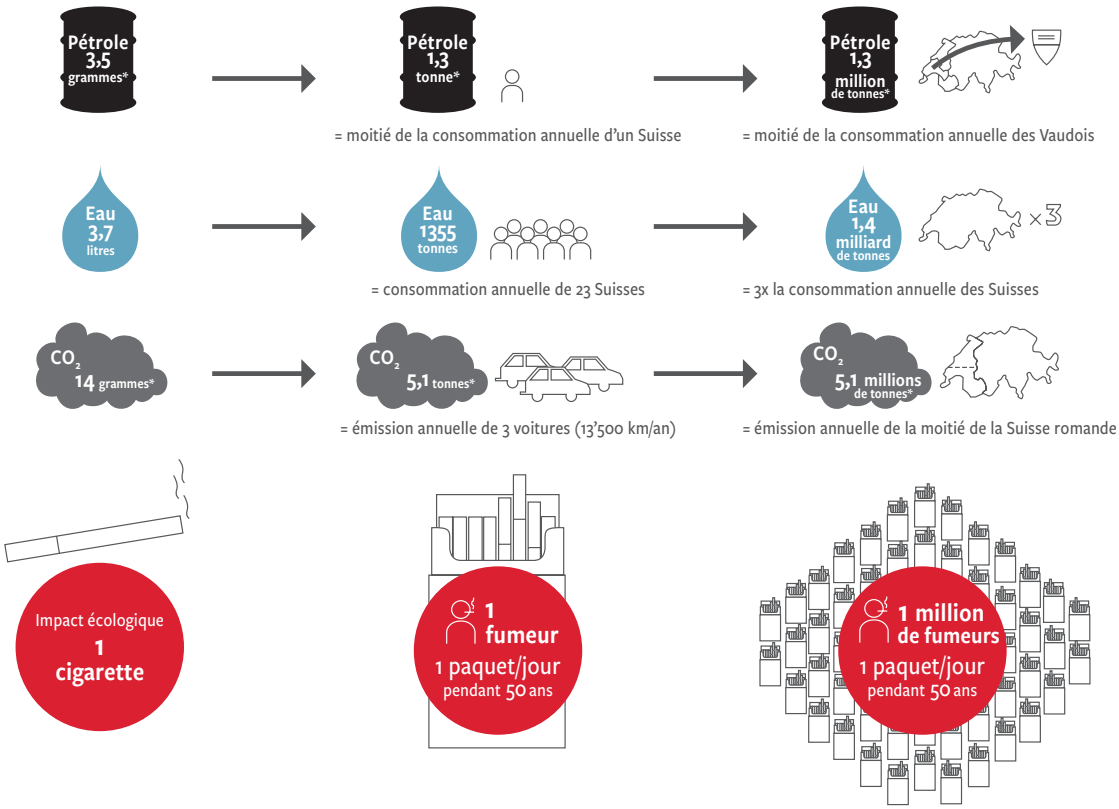


Figure 3. Impact environnemental du tabagisme
***équivalents pétrole /équivalents CO_2**

Solutions

Diminution de la demande

Une solution pour réduire l'impact environnemental du tabac est la diminution de la demande. La convention-cadre de l'OMS pour la lutte antitabac, traité de santé publique abordant les impacts sociaux, économiques et environnementaux du tabagisme, a dressé une liste des mesures efficaces pour diminuer la demande telles que l'augmentation du prix, la protection contre la fumée passive, l'interdiction de la publicité, l'information et l'aide au sevrage tabagique[21].

Régulation de la production de tabac

L'appui à des activités de remplacement économiquement viables figure parmi les dispositions visant à diminuer l'offre. Le Programme de développement durable à l'horizon 2030 adopté en 2015 par les pays membres de l'ONU vise également des objectifs à dimensions économiques, sociales et environnementales avec une application claire dans le domaine de la production de tabac[21,22]. L'OMS a publié les recommandations suivantes pour atteindre ces objectifs[3] :

- Renforcer les connaissances sur l'impact écologique du tabac.
- Encourager l'investissement dans le développement durable.
- Instaurer une taxe écologique.
- Réguler la production de déchets.
- Aider les agriculteurs dans le passage à de nouvelles cultures.
- Minimiser les dommages environnementaux liés aux exploitations.
- Informer le public et les consommateurs.
- Favoriser la coopération entre les différents acteurs de la prévention du tabagisme et de la protection de l'environnement.

Conclusion

Ce chapitre, en grande partie basé sur différents rapports de l'OMS, résume l'impact environnemental néfaste de la production et de la consommation de tabac. Son empreinte écologique est liée à la quantité importante de ressources utilisées et à son effet sur l'écosystème *via* la déforestation, le mode de culture et les déchets. La culture du tabac est source d'insécurité alimentaire, d'endettement souvent durable et de problèmes sanitaires chez les agriculteurs.

L'industrie du tabac rapporte s'engager dans différentes activités pour limiter son impact nuisible pour l'environnement et ainsi communiquer une image écoresponsable. Les données objectives manquent cependant concernant leur mise en œuvre.

La prévention du tabagisme vise avant tout à réduire les risques sanitaires majeurs liés à sa consommation. Une diminution du tabagisme représente aussi un levier pour réduire son impact environnemental et sociétal, notamment en termes d'utilisation de ressources, de perte de la biodiversité, d'appauvrissement et de pollution des sols. L'argument écologique est une motivation supplémentaire pour ne pas fumer. Il s'agit du thème communiqué par l'OMS pour la Journée mondiale sans tabac 2022.

Références bibliographiques

1. Aminian E, Jacot Sadowski I, Cornuz J, « Impact environnemental du tabagisme », Revue médicale suisse, 2019 ; 15(669) : 1974-1978.
2. World Health Organization, Tobacco and Its Environmental Impact: an Overview, Genève, WHO, 2017.
3. Zafeiridou M, Hopkinson NS, Voulvoulis N, Cigarette Smoking: an Assessment of Tobacco's Global Environmental Footprint Across Its Entire Supply Chain, and Policy Strategies to Reduce It, Genève, World Health Organization, 2018.
4. Zafeiridou M, Hopkinson NS, Voulvoulis N, « Cigarette Smoking: An Assessment of Tobacco's Global Environmental Footprint Across Its Entire Supply Chain », Environmental Science & Technology, 2018 ; 52(15) : 8087-8094.
5. Statista, Global Area of Harvested Tobacco 2020, www.statista.com/statistics/261192/global-area-of-harvested-tobacco-since-1980/.
6. Lecours N, Almeida GE, Abdallah JM, Novotny TE, « Environmental Health Impacts of Tobacco Farming: a Review of the Literature », Tobacco Control, 2012 ; 21(2) : 191-196.
7. Barry M, « The Influence of the U.S. Tobacco Industry on the Health, Economy, and Environment of Developing Countries », The New England Journal of Medicine, 1991 ; 324(13) : 917-920.
8. Hu TW, Lee AH, « Commentary: Tobacco Control and Tobacco Farming in African Countries », Journal of Public Health Policy, 2015 ; 36(1) : 41-51.
9. WHO Framework Convention on Tobacco Control. Discussion paper, The WHO Framework Convention on Tobacco Control an Accelerator for Sustainable Development, United Nations Development Programme, 2017.
10. Geist HJ, « Tobacco and Deforestation Revisited. How to Move towards a Global Land-Use Transition? » Sustainability, 2021 ; 13 : 9242.
11. Lee K, Carrillo Botero N, Novotny T, « Manage and Mitigate Punitive Regulatory Measures, Enhance The Corporate Image, Influence Public Policy': Industry Efforts To Shape Understanding Of Tobacco-Attributable Deforestation », Globalization and Health, 2016 ; 12(1) : 55.
12. Technology Planning and Management Corporation, Report on Carcinogens Background Document for Environmental Tobacco Smoke, Durham 1998.
13. Green DS, Tongue ADW, Boots B, « The Ecological Impacts of Discarded Cigarette Butts », Trends In Ecology & Evolution, 2022 ; 37(2) : 183-192.
14. Micevska T, Warne MS, Pablo F, Patra R, « Variation in, and Causes of, Toxicity of Cigarette Butts to a Cladoceran and Microtox », Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2006 ; 50(2) : 205-212.
15. Moerman JW, Potts GE, « Analysis of Metals Leached from Smoked Cigarette Litter », Tobacco Control, 2011 ; 20 Suppl 1(Suppl_1) : i30-5.
16. Office fédéral de l'environnement, Thème climat, émissions de gaz à effet de serre, www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/en-bref.html.

17. Green Eatz, « Food's Carbon Footprint », www.greeneatz.com/foods-carbon-footprint.html.
18. Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, Falcucci A, Tempio G, Tackling Climate Change Through Livestock – A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 2013.
19. Confédération suisse-Direction du développement et de la coopération et WWF Suisse, Étude de l'empreinte hydrique suisse : illustration de la dépendance de la Suisse à l'égard de l'eau, WWF Suisse, 2012.
20. Office fédéral du développement territorial, Distances parcourues par les véhicules suisses. Résultats de l'enquête périodique sur les prestations kilométriques (PEFA) 2000, Berne, 2002.
21. Organisation mondiale de la santé, Convention-cadre de l'OMS pour la lutte antitabac, Genève, OMS, 2005.
22. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, L'Économie mondiale du tabac : un choix d'études de cas, Rome, 2004, www.fao.org/3/a-y4997f.pdf

22 – Migration forcée, crise climatique et équité en santé : quels enjeux ?[a]

Kevin Morisod, Marie Vann, Nicolas Senn et Patrick Bodenmann

La crise climatique est au centre des préoccupations en santé globale, tout comme le sont les mouvements migratoires forcés. Or, ces deux problématiques sont étroitement liées ; les catastrophes naturelles, la montée des eaux ou l'aridification des terres causées par la crise climatique, forcent de nombreuses populations à la migration. De plus, la crise climatique affecte la santé des migrants forcés, que ce soit dans leurs pays d'origine en dégradant leurs conditions de vie ou lors du parcours migratoire en les exposant à des conditions environnementales plus difficiles. Finalement, la non-reconnaissance du statut juridique de « réfugié climatique » peut être un obstacle à une bonne prise en charge médicale des migrants climatiques transnationaux dans le pays d'accueil et être une source de précarisation sociale. Ainsi, la migration climatique est au cœur de l'équité en santé globale : les populations concernées étant les moins responsables de la crise climatique, mais parmi les plus sévèrement impactées.

Introduction

En 2019, selon le Haut-Commissariat aux réfugiés, le nombre de personnes déracinées à travers le monde a atteint le record sans précédent de 79,5 millions, dont 45,7 millions de déplacés internes et 26 millions de réfugiés internationaux[1]. On compte parmi eux de plus en plus de personnes forcées à quitter leur lieu de résidence à la suite des conséquences de la crise climatique sur leurs conditions de vie. L'augmentation des températures, la montée des eaux, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité d'événements météorologiques extrêmes tels que des cyclones tropicaux ou des pluies torrentielles rendent moins vivables des régions entières. L'impossibilité de cultiver des champs devenus trop arides ou inondés pousse également des populations à l'exil[2]. Plus précisément, la littérature distingue les phénomènes climatiques d'apparition rapide ou brutale (tels que cyclones, inondations, incendies, glissements de terrain)

a. Chapitre adapté de Vann M et al. Migration climatique et iniquités : un enjeu majeur de santé globale. Rev Med Suisse. 2021 ; 7 (724) : 263-267.

des phénomènes d'apparition lente et progressive (tels que la montée des eaux, l'aridification des sols et l'augmentation des températures).

Bien qu'il n'y ait pas de frontière claire entre ces phénomènes, cette distinction importante permet de mieux saisir les différents types de migration associés à la crise climatique. Il est effectivement possible de distinguer les migrations internes (au sein d'un même pays) ou transnationales et les migrations à court ou long terme. Ainsi, les phénomènes d'apparition brutale, tels que les cyclones, auront tendance à provoquer plus de migrations internes à court terme, alors que la montée des eaux entraînera des migrations à long terme[3,4]. Finalement, les phénomènes climatiques tels que les sécheresses tendent à générer une migration à long terme de type rurale-urbaine, l'aridification des terres rendant impossible leur culture et forçant des agriculteurs à partir, à la recherche de plus de sécurité alimentaire. Les impacts de la crise climatique ont donc un effet direct sur la santé des populations[5] qui peuvent les pousser à la migration. La migration forcée, elle aussi, a un fort impact sur la santé[6]. Selon l'IDMC[b], rien que pour l'année 2019, les catastrophes naturelles ont forcé près de 25 millions de personnes à se déplacer à l'intérieur de leur pays (migration interne) ; ces catastrophes naturelles étant accentuées – pour la plupart – par la crise climatique (tempêtes, ouragans, inondations, sécheresses, feux de forêt, canicules, etc.[7]). Quant aux causes de la crise climatique, elles sont, du moins en partie, similaires à celles de la migration forcée : surexploitation des ressources naturelles, destruction de l'environnement et modèles économiques axés sur le productivisme et le profit à court terme[6]. Il est toutefois important de préciser que la crise climatique n'est jamais seul vecteur de migration forcée, fruit de nombreuses interactions entre contexte économique et géopolitique (persécutions, conflits armés, etc.) et déterminants sociaux et individuels. Ainsi, bien que de multiples facteurs interdépendants poussent à la migration, la crise climatique semble devenir un paramètre de plus en plus important au XXIe siècle[6]. Le besoin de recherches scientifiques à ce sujet demeure toutefois considérable. Or, si de nombreuses publications existent concernant l'effet de la migration forcée sur la santé[6], tout comme celui de la crise climatique[5], peu d'articles allient les trois problématiques et s'intéressent à l'impact de la crise climatique sur la santé des populations migrantes forcées. Cet article a pour but d'apporter une synthèse de la littérature récente sur cette thématique et ses principaux enjeux, au travers de différents exemples internationaux récents.

b. Internal Displacement Monitoring Centre.

Vulnérabilités et iniquités face aux conséquences de la crise climatique

La vulnérabilité face aux catastrophes naturelles a deux composantes : d'un côté la susceptibilité d'être exposé à un événement dangereux et de l'autre la capacité d'adaptation à la suite de l'événement (la résilience[8]). Or, dans la crise climatique actuelle, on remarque que les premières populations touchées (les plus susceptibles de l'être) ont également une plus faible résilience, cumulant ainsi les deux composantes de la vulnérabilité. Ce sont en effet en grande partie les populations de plus faible niveau socio-économique des pays à faible et moyen revenu qui subissent les conséquences de ces catastrophes naturelles induites par la crise climatique[9,10].

Ainsi, la crise climatique participe à renforcer les iniquités entre les régions et populations les plus favorisées et celles les plus pauvres, compromettant la lutte contre les iniquités de santé[10]. Cependant, il demeure très difficile de quantifier précisément l'association entre crise climatique et migration forcée. Du fait de ces difficultés, la commission spéciale du *Lancet* (*The Lancet Countdown on Health and Climate Change*) qui analyse les impacts de la crise climatique sur la santé a, par exemple, retiré de ses trois derniers rapports annuels son indicateur concernant la migration[5], et ce malgré de nombreuses évidences qui tendent à montrer que la crise climatique est une cause grandissante de migration forcée dans le monde[6,11]. Dans sa dernière édition, la revue a toutefois ajouté un nouvel indicateur concernant les migrations associées à la montée des eaux. Selon différents scénarios de montée des eaux, entre 145 et 565 millions de personnes vivant dans des régions côtières seraient directement concernées[12].

Un autre exemple qui témoigne de la complexité du recensement des migrants climatiques est la sécheresse sévère de 2011 qui a touché la Somalie, le Kenya, l'Éthiopie et le Djibouti et qui a causé des dizaines de milliers de morts. L'impossibilité de cultiver des terres asséchées a mené à une famine et une augmentation de la malnutrition infantile, cause principale de l'excès de mortalité durant cette crise. Toutefois, dans cette région, le taux d'émigration était déjà élevé à cause de l'instabilité politique et sociale préexistante. L'effet de la sécheresse a donc été à l'origine d'une augmentation du nombre de déplacés dans une région déjà particulièrement vulnérable[13]. Il est ainsi très souvent impossible d'isoler la crise climatique comme cause unique de déplacements forcés et de nombreux autres facteurs sont à considérer, de même que l'interaction de ces facteurs avec la crise climatique. Toutefois, l'exemple précité illustre également les

conséquences de la crise climatique sur les iniquités de santé et le défi qu'elles représentent en termes de santé globale.

Enjeux de santé des migrants climatiques

L'état de santé des migrants climatiques est impacté à trois différents niveaux (Figure 1) :

- Premièrement, *les conséquences de la crise climatique influencent directement la santé des populations et peuvent les contraindre à migrer*. Un premier effet de la crise climatique est l'augmentation de fréquence et d'intensité des événements météorologiques extrêmes tels que les cyclones tropicaux, les incendies et les inondations. Les images impressionnantes du décor apocalyptique en Californie lors des incendies de 2020 en est un exemple[14]. Déjà lors des feux de 2018, les plus meurtriers et destructeurs de l'histoire de la Californie, des villes entières ont été détruites. C'est ainsi que la ville de Paradise a été ravagée par le feu en novembre 2018. L'incendie a tué 85 personnes et a anéanti près de 14 000 maisons, forçant plus de 50 000 habitants à quitter leur ville par peur des récidives ou à cause du traumatisme consécutif à l'événement[15]. Certains ont décidé de quitter l'État, d'autres se sont installés proche du lieu de la catastrophe, ce qui a mené à une augmentation de plus de 10 000 habitants dans la ville voisine de Chico. L'événement a conduit à beaucoup de précarité, notamment en santé, et ce sont ceux qui ont le moins de ressources qui ont été confrontés aux plus grands défis[16,17]. Un autre effet de la crise climatique sur la santé est dû à la montée du niveau des océans qui entraîne une salinisation des eaux potables dans les régions côtières, notamment au Bangladesh. Cette salinisation des eaux potables a de nombreux impacts sur la santé. Elle augmente notamment les maladies de la peau, l'hypertension, les maladies cardiaques et rénales ainsi que les infections respiratoires aiguës. Une étude récente montre d'ailleurs qu'un lien existe entre les déplacements des populations côtières et la salinisation de l'eau[18].
- Deuxièmement, *le parcours migratoire peut avoir de lourdes conséquences sur l'état de santé des personnes déplacées*. Le manque d'accès à des besoins primaires lors du transit tels qu'à de l'eau, de la nourriture, un abri salubre, ainsi qu'à des soins de base, rend les risques pour la santé conséquents[6]. Le manque de liens sociaux et le déracinement du lieu d'origine conduisent également à de nombreuses conséquences psychologiques[2]. Dans les camps de réfugiés,

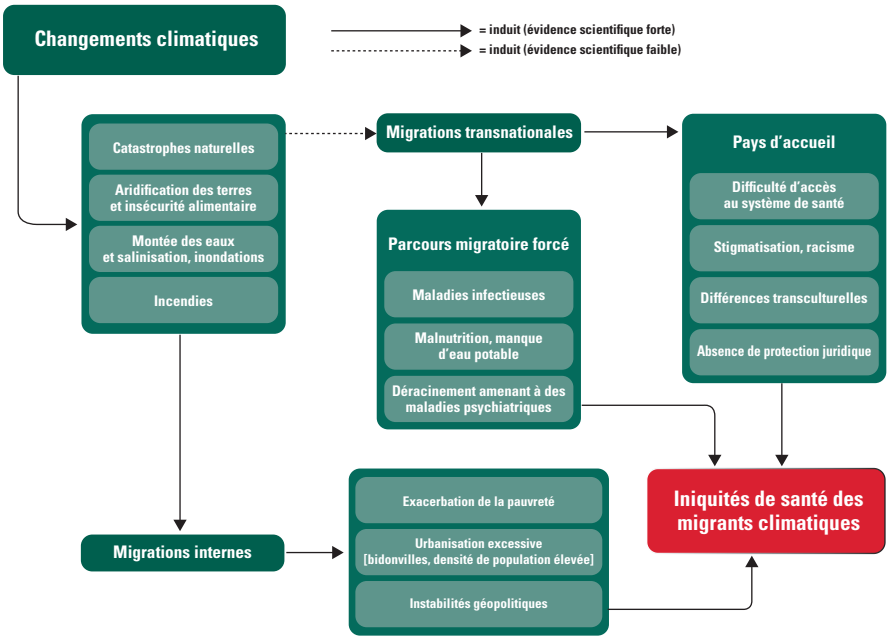


Figure 1. Conséquences de la crise climatique sur les phénomènes migratoires et les iniquités de santé

les maladies infectieuses sont une cause majeure de morbidité et de mortalité[19]. En effet, la promiscuité augmente la fréquence de maladies telles que la rougeole, la méningite ou encore les infections respiratoires aiguës[2]. La déshydratation induite par les diarrhées infectieuses, notamment le choléra, est une autre cause importante de morbidité et de mortalité dans les camps de réfugiés[20]. Si peu d'études existent sur les impacts spécifiques de la crise climatique sur le parcours migratoire[21], beaucoup de données sur l'impact sanitaire de la migration forcée existent[7], il est donc possible d'extrapoler que les migrants climatiques transnationaux feront face aux mêmes défis, en plus des enjeux spécifiques tels que la non-reconnaissance du statut légal de migrant climatique[22]. Finalement, on constate que de nombreux camps de réfugiés se situent dans des régions du monde particulièrement frappées par la crise climatique, exposant leurs habitants à des conditions environnementales particulièrement difficiles (températures extrêmes, accès à l'eau potable réduit, etc.[23]).

- Troisièmement, *les migrants climatiques transnationaux peuvent péjorer leur état de santé lors de leur arrivée dans le pays hôte par manque*

de protection juridique. Le statut juridique du migrant peut en effet empêcher une intégration au système de santé et compromettre une bonne prise en charge[6]. Tout comme les autres migrants transnationaux, la discrimination, le changement de langue et l'état du système de santé dans le pays d'accueil peuvent également compliquer une bonne prise en charge des migrants climatiques. Le durcissement des politiques d'asile des pays d'accueil fait d'ailleurs craindre une dégradation progressive de l'accès aux soins et une augmentation des iniquités de santé des populations migrantes forcées et plus particulièrement des migrants climatiques.

Quel statut légal pour les « migrants climatiques » ?

Malgré les projections qui prédisent une augmentation importante de migrants climatiques d'ici 2050[2,11], le statut de « réfugié climatique » n'est pas reconnu par les Conventions internationales actuelles[21]. La Convention de Genève énonce à ce sujet qu'« un réfugié est une personne qui craint avec raison d'être persécutée du fait de sa race, de sa religion, de sa nationalité, de son appartenance à un certain groupe social ou de ses opinions politiques[21] ». Cette définition n'inclut pas les déplacés suite aux conséquences de la crise climatique, notamment parce que la décision de migrer est multifactorielle et qu'il est difficile d'isoler la crise climatique comme unique cause. Ceci est d'autant plus complexe que les prédictions des effets réels des modifications climatiques sur la société sont incertaines, particulièrement à long terme[24,25]. Un autre enjeu est que les déplacements de populations peuvent être internes ou internationaux, saisonniers ou définitifs, les habitants revenant ou pas au lieu de résidence d'origine lorsque ceci redevient viable, ce qui complique le recensement des migrants climatiques[6]. Le terme « réfugié climatique » a tout de même été défini en 1985 par le programme des Nations unies pour l'environnement (UNEP), qui les définit comme « les personnes qui ont été contraintes de quitter leur habitat traditionnel, temporairement ou définitivement, en raison d'une perturbation environnementale marquée [...][22] ». La définition n'est que peu précise et n'a aucune application pratique possible. Le manque de reconnaissance et le flou juridique autour des migrants climatiques mènent à de nombreux problèmes, concernant leur comptabilisation, leur protection dans le pays d'accueil et la recherche de solutions politiques. Ceci augmente ainsi leur précarité durant le transit comme dans le pays d'arrivée, compliquant notamment leur accès au système de santé et à des soins équitables. De nombreuses questions se

posent, notamment de savoir quels pourraient être les critères pour définir un réfugié climatique et quels seraient leurs droits, dans un contexte politique particulièrement compliqué, où les migrants forcés reconnus font déjà face à de nombreux obstacles[6].

L'exemple du Bangladesh : un cas d'école

Le Bangladesh est un exemple de pays affecté par les conséquences de la crise climatique. Plus de 5 millions de Bangladais vivent, en effet, en zone à risque d'inondations, de cyclones et de tempêtes[26]. En Asie du Sud-Est, le Bangladesh est l'un des pays les plus exposés aux catastrophes naturelles, notamment à cause de sa situation à la confluence des fleuves Gange, Brahmapoutre et Meghna[27]. Le pays est vulnérable à la montée des eaux également du fait de l'altitude très faible d'une grande partie de son territoire. En 2002, des estimations montraient que plus de 26 millions de Bangladais, soit 16 % de la population, étaient susceptibles de migrer en raison de l'impossibilité de s'adapter aux conséquences de la crise climatique[28]. Les déplacements à l'intérieur du pays peuvent être saisonniers, temporaires ou permanents. En effet, en réponse à l'incapacité de cultiver leurs terres, les paysans peuvent être poussés à migrer cycliquement d'une région rurale à une autre. D'autres décident de rejoindre les villes, où les difficultés liées au marché du travail et à la situation économique sont susceptibles d'augmenter leur précarité. Entre 2001 et 2011, la commission spéciale du *Lancet* a identifié plus de 4 millions de migrants internes, déplacés à cause des dérèglements hydrométéorologiques[7]. Suite au cyclone Aila en 2009, les populations touchées se sont retrouvées sans terre, sans travail et sans nourriture, exacerbant les risques pour leur santé (malnutrition, blessures dues à la catastrophe, accès aux soins limités) déjà vulnérable. Malgré les aides humanitaires répondant aux besoins les plus urgents des victimes, un manque de ressources et d'aide a été constaté sur le long terme.

« *Trapped populations* » : et ceux qui n'arrivent pas à partir ?

Tout au long de l'article, les exemples montrent des populations ayant la capacité de se déplacer pour fuir le danger. Mais qu'en est-il des populations qui n'ont pas les ressources nécessaires pour s'en aller ? Pour la première fois évoqué en 2011, le concept de « *trapped populations* » ou « populations piégées » fait référence aux personnes incapables de quitter les zones à hauts risques environnementaux[29]. Cette notion inclut les

populations touchées par la pauvreté profonde et persistante, les rendant incapables d'assumer les coûts de la migration[30]. C'est ainsi qu'en Zambie, un des pays les plus pauvres au monde, une étude a montré une mobilité moindre dans les quartiers très pauvres, pourtant autant exposés aux conséquences de la crise climatique que les quartiers plus aisés dont les populations ont fui leurs terres devenues arides[30]. Ces personnes sont donc doublement vulnérables, d'une part, en raison de leur grande pauvreté et, d'autre part, du fait de leur exposition accrue aux conséquences de la crise climatique[30,31]. Leur santé est donc particulièrement fragilisée. Les recherches à ce sujet sont rares, bien que ces populations puissent être en augmentation à l'avenir et les défis en santé d'autant plus importants.

Conclusion

La migration climatique des populations est un enjeu majeur de santé globale, regroupant à elle seule les grands défis sociaux et environnementaux actuels. Sans des mesures rapides et drastiques à large échelle pour lutter contre la crise climatique et améliorer les capacités de résilience, ses conséquences seront considérables, notamment sur la santé des populations forcées à la migration. En effet, bien que complexes, les interactions entre crise climatique et migrations forcées tendront à se renforcer à mesure de la dégradation de l'environnement et des catastrophes naturelles induites par cette première. Toutefois, la plupart des paramètres de ces interactions demeurent actuellement difficilement prédictibles et mesurables. Il est donc primordial de continuer les recherches, dans les domaines de la géographie humaine et de la santé globale, afin de combler le manque de données et de permettre la mise en place de politiques sociales et de santé publique adaptées.

Implications pratiques

- Un nombre de plus en plus grand de personnes seront contraintes à migrer à cause des effets de la crise climatique dans les prochaines décennies.
- Les conséquences sur la santé de la crise climatique et des mouvements migratoires sur ces populations seront majeures.
- Il est donc essentiel de renforcer la recherche dans le domaine afin de limiter les conséquences désastreuses, autant globales que spécifiques à la santé, de la crise climatique.
- Il est également essentiel d'améliorer les conditions de vie des migrants forcés lors du transit et de diminuer la vulnérabilité extrême en santé à laquelle ils font face, notamment due à l'absence de statut juridique.

Références bibliographiques

1. UNHCR, « Statistiques », 2020. Accessible en ligne : www.unhcr.org/dach/ch-fr/services-en-suisse/statistiques (cité le 12 octobre 2020).
2. International Organization for Migration, « World Migration Report 2020 », UN, novembre 2019. Accessible en ligne : www.un-ilibrary.org/migration/world-migration-report-2020_b1710e30-en (cité le 9 novembre 2020).
3. Piguet É, Pécoud A, de Guchteneire P, « Changements climatiques et migrations : quels risques, quelles politiques ? », L'Information géographique, 2011 ; 75(4) : 86.
4. Cattaneo C, Beine M, Fröhlich CJ, Kniveton D, Martinez-Zarzoso I, Mastrorillo M, et al., « Human Migration in the Era of Climate Change », Review of Environmental Economics and Policy, 2019 ; 13(2) : 189-206.
5. Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Boykoff M, et al., « The 2019 Report of The Lancet Countdown on Health and Climate Change: Ensuring that the Health of a Child Born Today Is Not Defined by a Changing Climate », The Lancet, 2019 ; 394(10211) : 1836-1878.
6. Abubakar I, Aldridge RW, Devakumar D, Orcutt M, Burns R, Barreto ML, et al., « The UCL–Lancet Commission on Migration and Health: The Health of a World on the Move », The Lancet, 2018 ; 392(10164) : 2606-2654.
7. Center ID, « Global Report on Internal Displacement, 2020 », Noruega, Norwegian Refugee Council, 2020.
8. Keim ME, « Building Human Resilience: The Role of Public Health Preparedness and Response as an Adaptation to Climate Change », American Journal of Preventive Medicine, 2008 ; 35(5) : 508-516.
9. Salas RN, Jha AK, « Climate Change Threatens the Achievement of Effective Universal Healthcare », British Medical Journal, 2019 ; 366 : l5302.
10. Levy BS, Patz JA, « Climate Change, Human Rights, and Social Justice », Annals of Global Health, 2015 ; 81(3) : 310-322.
11. Haines A, Ebi K, « The Imperative for Climate Action to Protect Health », New England Journal of Medicine, 2019 ; 380(3) : 263-273.
12. Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Beagley J, Belesova K, et al., « The 2020 Report of The Lancet Countdown on Health and Climate Change: Responding to Converging Crises », The Lancet, 2021 ; 397(10269) : 129-170.
13. Zarocostas J, « Famine and Disease Threaten Millions in Drought Hit Horn of Africa », British Medical Journal, 2011 ; 343 : d4696.
14. Raynaldy R, « Aux États-Unis, la science se retrouve en zone sinistrée », Le Temps, 14 octobre 2020. Accessible en ligne : www.letemps.ch/sciences/aux-etatsunis-science-se-retrouve-zone-sinistree
15. Palinkas LA, Wong M, « Global Climate Change and Mental Health », Current Opinion in Psychology, 2020 ; 32 : 12-16.

16. Anguiano D, « Trauma, Fear, Homelessness: Life after California's Deadliest Fire Shows the Future of Climate Crisis », The Guardian, septembre 2020. Accessible en ligne : www.theguardian.com/us-news/2020/sep/09/trauma-fear-homelessness-paradise-camp-fire-migrants-climate-change
17. Rossiello MR, Szema A, « Health Effects of Climate Change-induced Wildfires and Heatwaves », Cureus, 28 mai 2019. Accessible en ligne : www.cureus.com/articles/18351-health-effects-of-climate-change-induced-wildfires-and-heatwaves
18. Rakib MA, Sasaki J, Matsuda H, Fukunaga M, « Severe Salinity Contamination in Drinking Water and Associated Human Health Hazards Increase Migration Risk in the Southwestern Coastal Part of Bangladesh », Journal of Environmental Management, 2019 ; 240 : 238-248.
19. IFRC (International Federation of Red Cross), « The John Hopkins and Red Cross and Red Crescent Public Health Guide in Emergencies », 2007.
20. Shannon K, Hast M, Azman AS, Legros D, McKay H, Lessler J, « Cholera Prevention and Control in Refugee Settings: Successes and Continued Challenges », PLoS Neglected Tropical Diseases, 2019 ; 13(6) : e0007347.
21. Lobry D, « Pour une définition juridique des réfugiés écologiques : réflexion autour de la qualification juridique de l'atteinte à l'environnement », Revue Asylon(s), 2008 ; (6). Accessible en ligne : www.reseau-terra.eu/article846.html
22. Bates DC, « Environmental Refugees? Classifying Human Migrations Caused by Environmental Change », Population and Environment, 2002 ; 23(5) : 465-477.
23. Khadka NS, « Refugees at "Increased Risk" from Extreme Weather », BBC News, 10 décembre 2019. Accessible en ligne : www.bbc.com/news/science-environment-50692857
24. Watts N, Adger WN, Agnolucci P, Blackstock J, Byass P, Cai W, et al., « Health and Climate Change: Policy Responses to Protect Public Health », The Lancet, 2015 ; 386(10006) : 1861-1914.
25. Cattaneo C, Beine M, Fröhlich CJ, Kniveton D, Martinez-Zarzoso I, Mastrorillo M, et al., « Human Migration in the Era of Climate Change » Review of Environmental Economics and Policy, 2019 ; 13(2) : 189-206.
26. Watts N, Adger WN, Agnolucci P, Blackstock J, Byass P, Cai W, et al., « Health and Climate Change: Policy Responses to Protect Public Health », The Lancet, 2015 ; 386(10006) : 1861-1914.
27. Kartiki K, « Climate Change and Migration: A Case Study from Rural Bangladesh », Gender and Development, 2011 ; 19(1) : 23-38.
28. Myers N, « Environmental Refugees: A Growing Phenomenon of the 21st Century », Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 2002 ; 357(1420) : 609-613.

29. Ayeb-Karlsson S, Smith CD, Kniveton D, « A Discursive Review of the Textual Use of “Trapped” in Environmental Migration Studies: The Conceptual Birth and Troubled Teenage Years of Trapped Populations ». Ambio, 2018 ; 47(5) : 557-573.
30. Nawrotzki RJ, DeWaard J, « Putting Trapped Populations into Place: Climate Change and Inter-District Migration Flows in Zambia », Regional Environmental Change, 2018 ; 18(2) : 533-546.
31. Climig. University of Neuchatel, « Migration, Climate Change and the Environnement », Accessible en ligne : https://climig.com/

Perspective des risques environnementaux pour la santé humaine

23 – Concepts généraux autour de la mesure des risques sanitaires environnementaux

Christine Cohidon

Introduction

En 2016, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) estimait que 24 % des décès et 14 à 16 % de la charge morbide mondiale étaient attribuables à des facteurs environnementaux[a,1]. Les effets de santé rapportés sont multiples, des maladies infectieuses aux maladies non transmissibles (principalement cancers, maladies respiratoires et cardiopathies) en passant par les troubles de la reproduction et les effets sur la santé neuropsychique[1-3]. Le rapport précisait aussi qu'une partie seulement de ces estimations avait pu être obtenue à l'aide de méthodes fondées sur des preuves, les évaluations des autres expositions environnementales ayant été complétées par des avis d'experts. Cela illustre la difficulté de mesure des risques sanitaires environnementaux. En effet, la caractérisation et surtout la quantification de ces risques s'avèrent complexes, principalement du fait de la multiplicité des expositions, des difficultés liées à leur mesure, de niveaux de risque souvent faibles et de temps de latence longs[4]. Pour autant, les avancées scientifiques permettent sans cesse de faire reculer ces limites. Par ailleurs, l'approche pluridisciplinaire de mise dans ce domaine, impliquant des épidémiologistes, des biostatisticiens, des cliniciens, des toxicologues mais aussi des hygiénistes, biologistes, ingénieurs, voire enfin des sociologues, y contribue également.

Dans ce chapitre, deux approches classiques sont décrites, l'approche épidémiologique, qui permet, de caractériser, en les quantifiant, les liens entre pathologie(s) et exposition(s), et la démarche dite d'« évaluation des risques sanitaires » (ERS) qui consiste à estimer un risque environnemental populationnel. Le chapitre se termine en abordant le récent concept de l'exposome, qui fait évoluer ce domaine vers une nouvelle façon de penser et de caractériser ces risques environnementaux.

a. L'OMS définit les risques environnementaux pour la santé comme l'ensemble des facteurs environnementaux physiques, chimiques, biologiques et professionnels (externes à une personne), ainsi que tous les comportements qui y sont liés[2].

L'approche épidémiologique pour une estimation des risques sanitaires environnementaux

La première composante de l'épidémiologie, descriptive, permet de caractériser les fréquences des maladies (incidence et prévalence) et de générer des hypothèses sur l'existence de facteurs de risque. En épidémiologie environnementale, les variations spatiales et/ou temporelles de fréquences de maladies conduisent à proposer des hypothèses sur l'origine de ces variations. Sa seconde composante, étiologique, permet d'établir des associations entre des problèmes de santé et des facteurs d'exposition, qui, sous certaines conditions de design d'étude, peuvent être reconnues comme causales[5,6]. En épidémiologie environnementale, l'exposition est souvent caractérisée sur une base collective que l'on appelle aussi « écologique » (au sens sociologique du terme, par opposition à une exposition individuelle). On le comprend facilement lorsque l'on pense par exemple aux expositions chimiques atmosphériques. Par extension, cela a mené à la conduite d'études dites de **corrélations écologiques** (ou corrélations de groupe). Ces études recherchent des associations entre des prévalences ou des incidences de maladies dans une population et une exposition collective à certains facteurs. L'exemple le plus fameux est celui historique de Snow démontrant la transmission du choléra par le système de distribution d'eau londonien[7]. Malgré un regain d'intérêt en fin de XXe siècle, ces études restent contestées par certains de par l'existence de biais écologiques qui limitent les conclusions en termes de causalité[8]. Dans les **études étiologiques individuelles**, les données de santé sont mesurées individuellement (ainsi généralement que les facteurs de confusion) et étudiées en fonction d'expositions. Ces dernières peuvent être mesurées collectivement ou individuellement. Il s'agit d'études cas-témoins ou de cohorte générant un niveau de preuve variable sur le rôle causal de la variable exposition (les études de cohorte qui impliquent un suivi temporel des sujets étant les plus probantes)[5].

Une autre mesure, la fraction attribuable, combinant la fréquence de la maladie et l'intensité de son association à une exposition (sous la condition ou l'hypothèse d'un lien de causalité), est particulièrement intéressante pour les politiques de santé publique car elle permet de quantifier la proportion des malades attribuable à une exposition spécifique (en d'autres termes, la proportion de cas qui pourraient être évités si cette exposition était absente)[1]. Ainsi, en 2015 en France, les fractions de cancers attribuables à la pollution atmosphérique, à l'exposition solaire, aux

expositions professionnelles étaient estimées respectivement à 0,4, 3 et 3,4 % (contre 19,8 % pour le tabac et 8 % pour l'alcool par exemple)[9].

Limites et perspectives de l'approche épidémiologique environnementale

Certaines limites inhérentes à l'épidémiologie peuvent apparaître comme fortes dans le domaine environnemental. Ainsi, **l'exposition** est souvent issue de **multiples sources** ou milieux (air, eau, sols) impliquant **différentes voies de contamination** pour l'individu (inhalation, ingestion directe ou indirecte *via* l'alimentation, pénétration cutanée). Le niveau des expositions considérées séparément selon leur milieu d'origine est souvent faible, nécessitant des techniques de mesure performantes. Enfin se pose la question de la cible et du moment de mesure du polluant, celle-ci pouvant se faire depuis son émission, à la source ou une fois dispersée dans les milieux, jusqu'à l'individu *via* des métabolites, sanguin, tissulaire ou urinaire[10,11]. Cependant, les progrès techniques réalisés au cours des dernières décennies, en particulier dans le champ de la chimie analytique à très haute résolution, permettent désormais de mieux caractériser les expositions et les mécanismes conduisant à la toxicité pour un organisme[12-14]. Pour ce qui concerne les effets, les **pathologies sont souvent peu spécifiques** d'une exposition, en dehors de quelques cas emblématiques tels que le mésothéliome pleural et l'exposition à l'amiante, et le temps de latence de survenue de la maladie est parfois important (dans le cas des cancers par exemple). La **susceptibilité individuelle** d'origine génétique peut compliquer l'établissement de liens épidémiologiques dans ce domaine[15]. La distinction de l'effet d'**expositions conjointes** (comme c'est souvent le cas) et la prise en compte de **facteurs de confusion**, voire d'interaction, sont à l'origine d'une inférence causale possiblement limitée, ce qui justifie aussi l'intérêt du recours aux méta-analyses[16].

Face à ces difficultés et pour pallier l'aspect « boîte noire » de l'épidémiologie (pas d'étude des mécanismes d'action), les approches pluridisciplinaires intégratives se développent[17]. Il s'agit alors d'intégrer non seulement les preuves épidémiologiques « traditionnelles », mais aussi les preuves recueillies en ouvrant la « boîte noire » et en y intégrant les données de la biologie moléculaire, de la toxicologie, de la génotoxicologie et d'autres disciplines dans les évaluations de la causalité[17-19]. Les monographies du Centre international de recherche contre le cancer (CIRC), qui identifient les facteurs environnementaux constituant un danger cancérogène pour l'homme, mettent en œuvre ce principe et ont montré sa plus-value dans le cas des effets cancérigènes de l'exposition aux dioxines par exemple[20].

La démarche d'évaluation des risques sanitaires pour une mesure populationnelle des risques

La démarche d'ERS répond à un objectif pratique et « rapide » d'identification et d'estimation de risques pour la santé de populations vivant des situations environnementales potentiellement dégradées, que ce soit dans un environnement « naturel » ou professionnel[21]. Elle est également utilisée, dans un objectif de prévention des risques, généralement dans un cadre réglementaire, que ce soit en santé-travail ou en santé-environnement[22,23]. Initialement développée aux États-Unis par l'Académie des sciences[24,25], cette démarche est largement utilisée par les agences et institutions sanitaires au niveau international.

L'ERS se base sur l'ensemble des données disponibles pour caractériser un risque sanitaire populationnel, en particulier des données toxicologiques, issues de l'expérimentation animale, et épidémiologiques[21,23]. La démarche inclut quatre étapes.

L'identification des dangers recense l'ensemble des composants présents dans le ou les milieux suspectés d'être dégradés. Le potentiel dangereux des produits, les modes d'exposition (aigu, subchronique ou chronique) et les voies de contamination pour l'homme sont listés à partir de revues de la littérature et de sites internet spécialisés (Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR], l'U.S. Environmental Protection Agency [US EPA] par exemple).

La caractérisation des dangers ou estimation de la relation dose-effet permet de caractériser les effets potentiels en relation avec la dose pour chacun des polluants, à partir des données disponibles toxicologiques et/ou épidémiologiques. L'étape aboutira au choix d'une valeur toxicologique de référence (VTR) pour chaque agent dangereux inclus dans l'étude. La VTR est une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent de caractériser une relation entre une dose et un effet (toxique à effet déterministe, c'est-à-dire avec seuil, correspondant généralement aux effets aigus et à certains effets chroniques non cancérigènes, non génotoxiques et non mutagènes), ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxique à effet stochastique ou probabiliste, pour l'essentiel d'effets cancérigènes génotoxiques). Ces données seront fournies par des bases de données tenues par des institutions internationales (par exemple le Centre international de recherche sur le cancer [CIRC-IARC]) ou nationales.

La mesure de l'exposition cherche à estimer la fréquence et l'intensité de l'exposition aux différents produits dans la population considérée. Elle utilise, comme l'étape précédente, le plus souvent des données existantes,

biologique, toxicologique, épidémiologiques mais aussi sociologiques (habitudes de vie). Progrès de la chimie analytique.

Enfin, **l'estimation du risque** calcule, à partir des résultats des étapes précédentes, le niveau de risque pour chacun des composés étudiés en fonction de leur type de toxicité, déterministe ou stochastique. La caractérisation du risque doit présenter une estimation du risque pour chaque circonstance d'exposition, mais aussi préciser clairement les hypothèses retenues à chaque étape du processus et les justifier.

Les limites inhérentes aux disciplines impliquées et aux données utilisées sont à l'origine de l'incertitude qui peut entourer la démarche d'ERS. Cependant, ce niveau d'incertitude est explicité en toute transparence, ce qui constitue un des intérêts de la démarche par rapport à un « simple » avis d'experts. Par ailleurs, la démarche, initialement appropriée par des chercheurs restreints en nombre et quant à leur discipline, a largement évolué vers une expertise collective pluridisciplinaire. Cette ouverture doit permettre une meilleure indépendance scientifique et une meilleure prise en compte des niveaux de preuve pour la gestion de l'incertitude. Enfin, l'intégration de gestionnaires de risque dans le processus rend la démarche plus cohérente du point de vue sociétale[26,27]. Ainsi, comme le soulignait déjà W. Dab dès le début de l'implantation de la démarche en France, plus l'incertitude est grande et plus le processus décisionnel doit être formalisé, consigné et débattu publiquement[28].

Nouvelles perspectives

Plus récemment, le concept d'exposome est apparu, dans un premier temps en épidémiologie du cancer, puis plus généralement dans l'étude de la survenue des maladies chroniques. Il s'appuie sur la nécessité de prendre en compte simultanément l'ensemble des facteurs environnementaux auxquels les individus sont exposés, et ce durant toute leur vie, afin de comprendre leur rôle dans le développement de maladies chroniques (comme complément des facteurs génétiques)[29-31]. Conceptuellement attractive, cette approche soulève encore d'importants défis en termes d'applicabilité. Elle implique la nécessité d'un recueil concomitant de données d'expositions multiples (en termes de composants et de modes d'expositions) et sur un très long terme. Par ailleurs, les méthodes statistiques d'analyse de ces données ne sont pas encore clairement identifiées[31,32].

Néanmoins, plusieurs études internationales relèvent actuellement ces défis. Ainsi, l'étude européenne HELIX (*Human Early LIfe eXposome*),

combinant les données de six cohortes mises en place en péri-natalité et déjà constituées en Europe, a pour objectif d'estimer les expositions pré- et postnatales à un ensemble de facteurs environnementaux (organismes chimiques persistants et non persistants, les métaux, les pesticides, la fumée de cigarette, les contaminants de l'eau, les polluants de l'air, le bruit, les radiations UV, et l'utilisation des espaces verts), et d'étudier leurs liens avec certains problèmes de santé[33]. Des premiers résultats sont encourageants quant à des effets potentiels sur la fonction respiratoire et les troubles comportementaux durant l'enfance[34,35].

Comme autres exemples, on peut citer le projet européen EXPOsOMICS qui se concentre sur les contaminants de l'air et de l'eau pendant les périodes critiques de la vie[36], ou le projet FLEXiGUT qui étudie l'impact de l'exposition environnementale au cours de la vie sur l'inflammation intestinale et les maladies qui y sont liées[37].

Pour une présentation plus approfondie de la démarche, nous renvoyons le lecteur au chapitre 30, largement dédié à l'approche exposomique.

Conclusion

Les risques environnementaux sont la plupart du temps de niveaux faibles, voire très faibles. Néanmoins, la proportion de personnes potentiellement concernées peut être considérable, ce qui en fait un problème de santé publique. Malgré les difficultés soulignées dans ce chapitre, l'évolution des disciplines et des démarches scientifiques impliquées permettent de caractériser de plus en plus finement ces risques. Le potentiel d'amélioration des connaissances et des méthodes pour les produire reste élevé et nécessite une mise en commun des savoirs issus de multiples disciplines.

La santé environnementale est en grande partie à l'origine du développement de l'épidémiologie et de la santé publique (hygiénisme au XIXe siècle). Il est dommage que les progrès scientifiques et techniques du XXe siècle aient fait évoluer les questions de santé publique vers une prédominance du soin individuel curatif au détriment de la lutte contre les déterminants défavorables à la santé. En parallèle, des efforts importants ont permis de réduire les expositions professionnelles en particulier chimiques, dans les pays industrialisés au moins. Pour autant, l'allongement de la durée vie, l'augmentation des maladies chroniques évitables et le souci de réduction de la charge morbide, ont replacé cette thématique au centre des préoccupations de santé. Il s'agit certainement de l'un des enjeux sanitaires majeurs du XXIe siècle.

Références bibliographiques

1. Prüss-Üstün A, Corvalán C, Bos R, Neira M, Preventing Disease through Healthy Environments. A Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks, Genève, World Health Organization, 2016.
2. Zmirou-Navier D, « Risques pour la santé liés à l'environnement : état des lieux et principe de sécurité sanitaire environnementale », in Bourdillon F, Brücker G, Tabuteau D (dir.), Traité de santé publique, Paris, Lavoisier, 2016, p. 395-404.
3. World Health Organization, Global Strategy on Health, Environment and Climate Change: The Transformation Needed to Improve Lives and Well-Being Sustainably through Healthy Environments, Genève, World Health Organization, 2020.
4. Chevalier P, Cordier S, Dab W, et al., « Santé environnementale », in Gérin M, Gosselin P, Cordier S, et al. (eds.), Environnement et santé publique. Fondements et pratiques, Paris, Tec & Doc, 2003, p. 59-86.
5. Rothman KJ, Greenland S, Lash TL, Modern Epidemiology, Philadelphie, Wolters Kluwer, 2008.
6. Fedak KM, Bernal A, Capshaw ZA, Gross S, « Applying the Bradford Hill Criteria in the 21st Century: How Data Integration Has Changed Causal Inference in Molecular Epidemiology », Emerging Themes in Epidemiology, 2015 ; 12 : 14.
7. Caniglia EC, Murray EJ, « Difference-in-Difference in the Time of Cholera: A Gentle Introduction for Epidemiologists », Current Epidemiology Reports, 2020 ; 7(4) : 203-11.
8. Ciocan C, Franco N, Pira E, et al., « Methodological Issues in Descriptive Environmental Epidemiology. The Example of Study Sentieri », La Medicina del Lavoro, 2021 ; 112(1) : 15-33.
9. Marant-Micalle C, Shield K, Vignat J, et al., « Nombre et fractions de cancers attribuables au mode de vie et à l'environnement en France métropolitaine en 2015 : résultats principaux », Bulletin épidemiologique hebdomadaire, 2018 ; (21) : 442-448.
10. Baldacci S, Gorini F, Santoro M, et al., « Environmental and Individual Exposure and the Risk of Congenital Anomalies: A Review of Recent Epidemiological Evidence », Epidemiologia e prevenzione, 2018 ; 42(3-4 Suppl 1) : 1-34.
11. Istvan M, Rouget F, Michineau L, et al., « Landfills and Preterm Birth in the Guadeloupe Archipelago (French West Indies): A Spatial Cluster Analysis », Tropical Medicine and Health, 2019 ; 47 : 4.
12. Creusot N, Casado-Martinez C, Chiaia-Hernandez A, et al., « Retrospective Screening of High-Resolution Mass Spectrometry Archived Digital Samples Can Improve Environmental Risk Assessment of Emerging Contaminants: A Case Study on Antifungal Azoles », Environmental International, 2020 ; 139 : 105708.

13. Schymanski EL, Singer HP, Longrée P, et al., « Strategies to Characterize Polar Organic Contamination in Wastewater: Exploring the Capability of High Resolution Mass Spectrometry », Environmental Science & Technology, 2014 ; 48(3) : 1811-1818.
14. Carré V. Apport de la spectrométrie de masse de très haute résolution à l'étude de mélanges complexes pourl'énergie, l'environnement et le vivant, Metz, Université de Lorraine, 2020.
15. Khan MA, Hira-Smith M, Ahmed SI, et al., « Prospective Cohort Study of Respiratory Effects at Ages 14 to 26 Following Early Life Exposure to Arsenic in Drinking Water », Environmental Epidemiology, 2020 ; 4(2) : e089.
16. Moon J, Yoo H, « Residential Radon Exposure and Leukemia: A Meta-Analysis and Dose-Response Meta-Analyses for Ecological, Case-Control, and Cohort Studies », Environmental Research, 2021 ; 202 : 111714.
17. Heederik D, « The One Health Approach: Perspectives for Environmental Epidemiology », Environmental Epidemiology, 2019 ; 3 : 157.
18. Pearce N, Vandenbroucke JP, Lawlor DA, « Causal Inference in Environmental Epidemiology: Old and New Approaches », Epidemiology, 2019 ; 30(3) : 311-316.
19. Steenland K, Schubauer-Berigan MK, Vermeulen R, et al., « Risk of Bias Assessments and Evidence Syntheses for Observational Epidemiologic Studies of Environmental and Occupational Exposures: Strengths and Limitations », Environmental Health Perspectives, 2020 ; 128(9) : 95002.
20. Steenland K, Bertazzi P, Baccarelli A, Kogevinas M, « Dioxin Revisited: Developments since the 1997 IARC Classification of Dioxin as a Human Carcinogen », Environmental Health Perspectives, 2004 ; 112(13) : 1265-1268.
21. Bard D, « Principles of Evaluation of Public Health Risk for Environmental Exposures », Revue d'épidémiologie et de santé publique, 1995 ; 43(5) : 423-431.
22. Bonvallot N, Péry A, Lafon D, et al., « Évaluation du risque chimique en santé-travail et en santé-environnement : objectifs et méthodes », Environnement, risques & santé, 2013 ; 12(5) : 434-441.
23. Quenel P, Burgei E, Ledrans M, et al., Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact, Saint-Maurice, Institut de veille sanitaire, 2000, 49 p.
24. National Research Council, Science and Decisions: Advancing Risk Assessment, Washington, DC, The National Academies Press, 2009, 422 p.
25. National Research Council Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks to Public Health. Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process. Washington DC, National Academies Press, 1983.

26. Boutaric F, « L'appropriation de la méthode de l'évaluation des risques sanitaires en France », Écologie & politique, 2010 ; 40(2) : 117-135.
27. Boutaric F, « La méthode de l'évaluation des risques sanitaires en France : représentations, évolutions et lectures plurielles », VertigO [Internet], 2013 ; 13(1), accessible sur : https://journals.openedition.org/vertigo/13277
28. Dab W, « Connaissances et actions. L'exemple des champs électromagnétiques », Actualité et dossier en santé publique, 1995 ; (13) : 15-20.
29. Wild CP, « Complementing the Genome with an "Exposome": The Outstanding Challenge of Environmental Exposure Measurement in Molecular Epidemiology », Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention, 2005 ; 14(8) : 1847-1850.
30. Siroux V, Agier L, Slama R, « The Exposome Concept: A Challenge and a Potential Driver for Environmental Health Research », European Respiratory Review, 2016 ; 25(140) : 124-129.
31. DeBord DG, Carreón T, Lentz TJ, et al., « Use of the "Exposome" in the Practice of Epidemiology: A Primer on -Omic Technologies », American Journal of Epidemiology, 2016 ; 184(4) : 302-314.
32. Santos S, Maitre L, Warembourg C, et al., « Applying the Exposome Concept in Birth Cohort Research: A Review of Statistical Approaches », European Journal of Epidemiology, 2020 ; 35(3) : 193-204.
33. Maitre L, de Bont J, Casas M, et al., « Human Early Life Exposome (HELIX) Study: A European Population-Based Exposome Cohort », BMJ Open, 2018 ; 8(9) : e021311.
34. Agier L, Basagaña X, Maitre L, et al., « Early-Life Exposome and Lung Function in Children in Europe: An Analysis of Data from the Longitudinal, Population-Based HELIX Cohort », The Lancet. Planetary Health, 2019 ; 3(2) : e81-e92.
35. Maitre L, Julvez J, López-Vicente M, et al., « Early-Life Environmental Exposure Determinants of Child Behavior in Europe: A Longitudinal, Population-Based Study », Environmental International, 2021 ; 153 : 106523.
36. Vineis P, Chadeau-Hyam M, Gmuender H, et al., « The Exposome in Practice: Design of the EXPOsOMICS Project », International Journal of Hygyene and Environmental Health, 2017 ; 220(2 Pt A) : 142-151.
37. Pero-Gascon R, Hemeryck LY, Poma G, et al., « FLEXiGUT: Rationale for Exposomics Associations with Chronic Low-Grade Gut Inflammation », Environmental International, 2021 ; 158 : 106906.

24 – Écotoxicologie et santé humaine : du canari au poisson-zèbre

David Vernez

Un lien avec la santé sous-exploité

Il ne fait pas de doute que les sciences environnementales, et en particulier l'écotoxicologie, ont un lien essentiel avec le domaine de la santé humaine. L'une des illustrations sans doute la plus connue de cette relation est celle du DDT, dont la toxicité a été mise en exergue par la biologiste Rachel Carson dans son ouvrage *Silent spring*, notamment sur la base d'observations animales. L'effet des pesticides sur l'environnement (au sens large) et sur la santé humaine, s'il est connu de longue date, n'est qu'un exemple parmi d'autres. D'autres polluants, qui font l'objet d'une attention plus récente, peuvent être mentionnés, comme : les résidus antibiotiques qui peuvent provoquer l'altération des populations microbiennes dans les eaux[2] ; les microplastiques, particulièrement nuisibles pour les espèces marines[3], certains perturbateurs endocriniens, qui affectent aussi les fonctions reproductrices d'espèces animales (par exemple les polychlorobiphényles [PCB] chez les phoques[4]), ou la présence quasi ubiquitaire des substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS), dont la persistance est très longue et dont les effets sur la reproduction et le développement sont encore difficiles à estimer[5].

Silent spring (le printemps silencieux) de Rachel Carson, publié en 1962, dénonce les conséquences écologiques de l'usage massif des pesticides et en particulier du dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT). Le titre de l'ouvrage fait référence à l'absence de bruit dans les champs, liée à la disparition des insectes. Les travaux de Carson ont été déterminants dans la reconnaissance de la toxicité du DDT et de son interdiction ultérieure et sont considérés comme l'un des fondements historiques des mouvements environnementaux.

Ces exemples illustrent l'importance des observations environnementales dans l'appréciation des risques pour l'homme. La concentration des polluants dans des zones ou compartiments spécifiques (sols, eaux) et la sensibilité de certaines populations animales ou végétales font de l'écotoxicologie un outil d'évaluation précieux. En toxicologie réglementaire, la toxicité animale est d'ailleurs un critère déterminant de l'évaluation du

risque et de l'autorisation de mise sur le marché des substances chimiques. Dans le cadre de la réglementation REACH[a] par exemple, des expérimentations *in vivo* chez les mammifères (par exemple rats, lapins) sont utilisées pour évaluer la toxicité des substances chimiques en l'absence de données chez l'homme. D'autres espèces, moins évidentes, sont aussi utilisées en toxicologie. C'est le cas par exemple du poisson zèbre (*zebrafish*), dont la sensibilité à la pollution aquatique en fait un bon indicateur de risque écotoxicologique dans ce compartiment. Mais le génome du *zebrafish* est aussi relativement proche de l'humain, ce qui en fait un modèle intéressant pour certains effets chez l'homme (par exemple développementaux, cardiovasculaires, neurologiques[6]).

Un précurseur de l'usage systématique de l'écotoxicologie en santé humaine ? C'est John Scott Haldane (1860-1936), un physiologiste écossais considéré comme le père de l'oxygénothérapie, qui a proposé l'usage des canaris dans les mines. Ses recherches avaient en effet montré que ces oiseaux étaient particulièrement sensibles au monoxyde de carbone, un gaz dangereux car inodore, incolore et toxique. Leur mort indiquait une contamination imposant une évaluation rapide de la galerie.

Vogesella indigofera est une bactérie non pathogène, d'eau douce, qui produit un pigment bleu (indigoidine). L'exposition au chrome hexavalent (Cr VI), une forme particulièrement dangereuse de ce métal lourd, inhibe la production du pigment et provoque une décoloration des colonies de bactéries.

Hors des essais standardisés en laboratoire, force est de reconnaître que les données écotoxicologiques sont sous-exploitées lorsqu'il s'agit de santé humaine. Leur usage se limite souvent à un rôle d'alerte dans une situation de danger imminent ou de crise environnementale. Dans cette version moderne du *canari dans la mine de charbon*, les données écotoxicologiques ont avant tout un rôle qualitatif et permettent parfois de mobiliser l'opinion publique, comme dans le cas de la disparition des abeilles. L'exploitation plus systématique de ces informations est, elle, encore en devenir.

a. Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (REACH) – Réglementation européenne sur les produits chimiques.

Les bio-indicateurs en écotoxicologie

La surveillance d'organismes indicateurs

Les bio-indicateurs sont des indicateurs naturels permettant de détecter une altération de l'environnement. La sensibilité de certaines espèces végétales ou animales à la présence de polluants dans leur environnement est telle que des indicateurs aussi triviaux que la disparition de leurs individus de certaines zones aquatiques ou terrestres peuvent constituer un signal fiable. Les lichens sont par exemple de bons exemples de bio-indicateurs de la contamination aérienne. Du fait de leur absence de racine, leur alimentation repose sur les échanges directs avec l'air. L'accroissement de certains polluants, comme le dioxyde de soufre (SO_2), a notamment été associé à la disparition du lichen en forêt[7]. De la même façon, les plantes marines, qui sont immobiles et se mettent rapidement en équilibre avec leur environnement, sont généralement de bons indicateurs de la pollution aquatique. Dans le règne animal, les grenouilles sont considérées comme de bons indicateurs de qualité de l'eau douce. Les exemples sont nombreux et l'utilisation de ces espèces à des fins d'alerte ou d'évaluation d'un risque potentiel présente plusieurs avantages, notamment :

- de fournir une mesure directe, peu coûteuse, de l'impact biologique de certaines expositions ;
- de permettre un diagnostic précoce et un monitorage des effets ;
- d'être facilement mesurable, du fait d'une prévalence élevée.

Des indicateurs plus élaborés que la seule présence ou absence de certaines espèces peuvent aussi être utilisés. Le dosage direct des polluants dans l'organisme est possible et parfois relativement simple (par exemple le dosage de la présence de métaux dans les mousses ou lichens). Certains micro-organismes, comme la bactérie *Vogesella indigofera*, exposés à des métaux lourds, produisent des réponses spécifiques, qui peuvent être utilisées comme des indicateurs d'une contamination anormale de leur environnement. Les colonies d'abeilles constituent un exemple connu de bio-indicateurs. Celles-ci peuvent collecter leur nourriture dans une zone allant jusqu'à 7 km² autour de la ruche. Ce faisant, elles ramènent aussi les résidus de métaux lourds ou pesticides présents dans les végétaux de cette zone. Ces toxiques peuvent avoir un effet direct sur la mortalité de la ruche, mais il est aussi possible de doser leur concentration, chez les abeilles ou dans leur miel, à des fins de biomonitoring environnemental[8]. De nombreux autres insectes ont encore été identifiés comme des

bio-indicateurs naturels, par exemple les scarabées, les papillons, les termites, les fourmis ou les libellules. Au-delà de ces réponses physiques ou physico-chimiques à la présence d'un stresseur environnemental, d'autres altérations, plus subtiles, peuvent aussi être recherchées par le biais de l'écologie comportementale.

L'écotoxicologie comportementale

L'écotoxicologie comportementale, dont le développement est relativement récent, étudie les effets de polluants environnementaux sur le comportement des animaux. Cette branche de l'écotoxicologie, qui a émergé dès les années 1960, offre des perspectives prometteuses, notamment du fait du développement du numérique et de l'analyse automatisée des images[9]. L'observation d'altérations, parfois mineures, comme une modification des mouvements, des pratiques alimentaires, du comportement lié à la reproduction ou des interactions avec les congénères, peut en effet être révélatrice d'une altération biochimique ou physiologique, mais aussi d'un mécanisme adaptatif destiné à faire face à une modification du milieu de vie. Cette approche présente elle aussi plusieurs avantages, comme :

- sa grande sensibilité, les changements de comportements animaux étant parmi les indicateurs les plus sensibles d'une altération environnementale car ils apparaissent à des doses typiquement 10 à 100 fois inférieures aux seuils létaux ;
- son caractère précoce, avec des temps de réponses relativement courts (pour les comportements adaptatifs en tout cas), comparativement à l'apparition d'effets toxiques classiques (par exemple de développement ou de reproduction) ;
- son caractère non invasif, essentiellement basé sur l'observation, permettant l'étude non destructive des organismes vivants.

Plus d'une vingtaine de polluants environnementaux, incluant des hormones stéroïdiennes et des pesticides, ont été par exemple identifiés comme des perturbateurs du comportement du *zebrafish*[10]. La présence de ces polluants dans l'eau peut en effet conduire à des modifications de son activité locomotrice, de ses conduites sociales ou reproductrices. Les altérations du comportement animal conduisent souvent à des modifications de dynamique de populations, par le changement du cycle de reproduction ou des relations proie/prédateur. Leurs effets sont alors visibles sur la taille de la population animale ou sa présence/absence dans certaines zones.

Si le terme « écotoxicologie » apparaît à la fin des années 1960, les premières observations scientifiques faites dans ce domaine sont largement antérieures à cette période. Des études réalisées dès le début des années 1900 mettent par exemple en évidence des changements de comportement de plusieurs espèces de poissons, comme l'évitement ou la fréquentation des zones polluées en fonction des niveaux de concentration en polluant[1].

Quel usage en pratique ?

Malgré ces développements, l'apport de l'écotoxicologie et des sciences de l'environnement au sens large dans l'évaluation des risques sanitaires chez l'homme reste modeste. Qualitativement, le lien est assez évident, mais le développement d'outils reproductibles et quantitatifs est fastidieux. Il faut d'une part déterminer dans quelle mesure les données obtenues à partir d'essais sur le terrain ou sur des modèles expérimentaux peuvent être extrapolées à l'homme. D'autre part, il s'agit de disposer de méthodes d'évaluation reproductibles et fiables pour permettre leur intégration dans des processus normatifs[11]. Dans le domaine de l'écotoxicologie « classique », ce travail a déjà commencé et a permis d'intégrer des modèles animaux ou *in vitro* dans les processus d'évaluation du risque. Pour l'écotoxicologie comportementale, la route est encore longue. L'observation des altérations du comportement *per se*, quoique connue de longue date, souffre encore d'un manque de standardisation et de reconnaissance parmi les outils réglementaires d'évaluation du risque[12].

Dans une perspective globale, force est de constater que l'on est encore loin de la vision holistique du *One Health*, qui intègre à la fois la santé humaine, la santé animale et la santé environnementale[13]. Outre la question de la pertinence de la transposition des mécanismes toxiques chez l'homme, la présence de « silos » réglementaires et disciplinaires constitue sans doute un frein important à une approche globale. Les sciences de l'ingénieur, la chimie, la physique ou la géologie occupent, par exemple, une place importante dans le domaine des sciences de l'environnement. Lorsqu'il s'agit de polluants physiques ou physico-chimiques, ces disciplines sont essentielles dans la compréhension des mécanismes de distribution, de transport et de devenir dans les différents compartiments (sol, eau, air). Malheureusement, la formation de ces spécialistes dans les domaines de la santé ou de la toxicologie est très lacunaire. En formation prégraduée, seules quelques écoles spécialisées, comme la Haute École de santé publique de Rennes (France) ou le *Johns Hopkins School of Public Health* (États-Unis), offrent des *cursus* qui intègrent ces disciplines. Inversement,

le *cursus* médical ne propose pas de formation structurée dans le domaine des sciences environnementales. Cette absence de bases communes et de compréhensions des domaines respectifs constitue un frein important à une approche pluridisciplinaire.

Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) estime que 7 à 19 % des cancers sont attribuables à des expositions environnementales. L'impact quantitatif des pollutions environnementales sur la santé humaine demeure toutefois difficile à établir, malgré la présence quasi ubiquitaire de ces polluants dans notre environnement[14]. Malgré l'ampleur de la problématique, les praticiens sont souvent impuissants face aux besoins ou aux demandes des patients et du public en matière de santé environnementale[15]. Si l'insuffisance d'offre de formation est sans doute un obstacle important au développement de la médecine environnementale, d'autres freins peuvent être évoqués comme :

- la faible considération du monde médical pour les données animales, dans un domaine où les données chez l'homme sont rares ;
- la complexité inhérente à la problématique, notamment le caractère ubiquitaire des polluants rencontrés et la multiplicité des expositions simultanées, qui rend l'appréciation du lien de causalité difficile pour un facteur spécifique ;
- l'inhomogénéité des outils d'évaluation réglementaires et de messages de prévention des risques sanitaires dans le domaine environnemental, qui peut être difficile à transposer dans une pratique clinique ;
- le positionnement actuel de la santé environnementale, essentiellement située dans le domaine de la santé publique, qui a une perspective populationnelle et n'intègre pas nécessairement l'appréciation des facteurs de risque individuels des patients.

Il n'est donc pas surprenant que la prise en charge des demandes liées à des expositions environnementales puisse être délicate pour le praticien. Là où un ensemble de connaissances pluridisciplinaires (par exemple en toxicologie, hygiène, génomique, santé au travail, santé publique...) serait utile, les outils à disposition sont souvent limités au seul biomonitoring pour tenter d'objectiver la situation, avec les difficultés d'interprétation que cette mesure peut poser dans le contexte de multiples expositions environnementales simultanées[16].

Références bibliographiques

1. Ford AT, Ågerstrand M, Brooks BW, et al., « The Role of Behavioral Ecotoxicology in Environmental Protection », Environmental Science & Technology, 2021 ; 55 : 5620-5628.
2. Grenni P, Ancona V, Barra Caracciolo A,« Ecological Effects of Antibiotics on Natural Ecosystems: A Review », Microchemical Journal, 2018 ; 136 : 25-39.
3. Ma P, Wei Wang M, Liu H, Feng Chen Y, Xia J, « Research on Ecotoxicology of Microplastics on Freshwater Aquatic Organisms », Environmental Pollutants and Bioavailability, 2019 ; 31 : 131-137.
4. Brouwer A, Reijnders PJH, Koeman JH, « Polychlorinated Biphenyl (PCB)-Contaminated Fish Induces Vitamin A and Thyroid Hormone Deficiency in the Common Seal (Phoca vitulina) », Aquatic Toxicology, 1989 ; 15 : 99-105.
5. Sinclair GM, Long SM, Jones OAH, « What Are the Effects of PFAS Exposure at Environmentally Relevant Concentrations? », Chemosphere, 2020 ; 258 : 127340.
6. Garcia GR, Noyes PD, Tanguay RL, « Advancements in Zebrafish Applications for 21st Century Toxicology », Pharmacology & Therapeutics, 2016 ; 161 : 11-21.
7. Parmar TK, Rawtani D, Agrawal YK, « Bioindicators: the Natural Indicator of Environmental Pollution », Frontiers in Life Science, 2016 ; 9 : 110-118.
8. Bargańska Ż, Ślebioda M, Namieśnik J, « Honey Bees and their Products: Bioindicators of Environmental Contamination », Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2016 ; 46 : 235-248.
9. Gerhardt A, « Aquatic Behavioral Ecotoxicology – Prospects and Limitations », Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 2007 ; 13 : 481-491.
10. Zheng X, Zhang K, Zhao Y, Fent K, « Environmental Chemicals Affect Circadian Rhythms: An Underexplored Effect Influencing Health and Fitness in Animals and Humans », Environ International, 2021 ; 149 : 106159.
11. Lopes AM, Dahms H-U, Converti A, Mariottini GL, « Role of Model Organisms and Nanocompounds in Human Health Risk Assessment », Environmental Monitoring and Assessment, 2021 ; 193 : 285.
12. Ford AT, Ågerstrand M, Brooks BW, et al., « The Role of Behavioral Ecotoxicology in Environmental Protection », Environmental Science & Technology, 2021 ; 55 : 5620-5628.
13. Destoumieux-Garzón D, Mavingui P, Boetsch G, et al., « The One Health Concept: 10 Years Old and a Long Road Ahead », Frontiers in Veterinary Science, 2018 ; 5 : 14.
14. Chèvre N, Erkman S, Alerte aux micropolluants – Un péril invisible, 2e éd., Presses polytechniques et universitaires romandes, 2017.
15. Bijlsma N, Cohen MM, « Environmental Chemical Assessment in Clinical Practice: Unveiling the Elephant in the Room », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2016 ; 13 : 181.

16. Zajac L, Johnson SA, Hauptman M, « Doc, can you Test me for “Toxic Metals”? Challenges of Testing for Toxicants in Patients with Environmental Concerns », Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care, 2020 ; 50 : 100762.

25 – Perturbateurs endocriniens et santé

Tony Musu

Introduction

Les perturbateurs endocriniens (PE) sont des substances ou des mélanges de substances chimiques exogènes qui ont la capacité d'interférer avec le système endocrinien (appelé également système hormonal) et qui peuvent par conséquent induire des effets néfastes chez un organisme intact, sa descendance ou ses (sous)populations. Cette définition proposée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en 2002 dans le cadre de son programme international sur la sécurité des substances chimiques fait désormais l'objet d'un large consensus entre scientifiques. Le terme « perturbateur endocrinien » et les effets néfastes de l'exposition aux PE ont été décrits et reconnus par la communauté scientifique pour la première fois au début des années 1990[2]. Depuis, des milliers de publications scientifiques ont identifié les nombreux polluants chimiques qui ont une activité endocrinienne, les différentes modalités d'actions de ces substances et les multiples maladies qui peuvent être liées à leurs expositions[3,4,5].

Dans la législation de l'UE[a], une substance est considérée comme ayant des propriétés perturbant le système endocrinien chez l'homme si elle répond à l'ensemble des trois critères suivants : elle présente un effet indésirable chez un organisme intact ou ses descendants ; elle altère la ou les fonctions du système endocrinien et l'effet indésirable est une conséquence du mode d'action endocrinien.

Les PE sont largement présents dans les produits de grande consommation et donc dans notre environnement de vie et de travail. Ils peuvent être d'origine naturelle (végétaux alimentaires) ou issus de la chimie de synthèse (pesticides, produits pharmaceutiques, cosmétiques, nettoyants, peintures, jouets, textiles, etc.). Ils peuvent également contaminer l'eau potable. Les résultats d'études de biosurveillance montrent que les enfants sont exposés à un large éventail de contaminants environnementaux (dont certains PE avérés selon la législation européenne) pendant la vie fœtale et l'enfance[6]. L'exposition aux PE serait l'une des causes de l'explosion ces

a. Règlement délégué (UE) n° 2017/2100 relatif aux produits biocides et règlement (UE) n° 2018/605 relatif aux pesticides.

dernières années de certaines pathologies : obésité et troubles métaboliques, problèmes de reproduction, cancers hormonaux, maladies thyroïdiennes, maladies neurologiques, etc.

Les PE longtemps qualifiés de risques émergents sont aujourd'hui en passe d'être répertoriés dans la législation européenne sur la classification et l'étiquetage des substances chimiques dangereuses (règlement CLP[b]) sous une nouvelle classe spécifique de danger pour la santé humaine et l'environnement au même titre que, par exemple, les substances cancérogènes, les substances mutagènes et les substances toxiques pour la reproduction (substances CMR[7]).

Mécanismes d'action et caractéristiques des perturbateurs endocriniens

Les PE agissent selon différents mécanismes. Ils peuvent imiter l'action d'une hormone et induire des réactions non désirées de l'organisme, bloquer l'action d'une hormone en l'empêchant d'agir sur ses cellules cibles ou encore perturber la production, le transport, l'élimination ou la régulation d'une hormone ou de son récepteur. Les PE se distinguent généralement des autres substances chimiques dangereuses par diverses caractéristiques.

Effets à faibles doses et relation dose-réponse non monotone

L'étude des mécanismes d'action des PE a remis en question le vieux principe de Paracelse utilisé en toxicologie selon lequel : « C'est la dose qui fait le poison » et qui signifie que l'effet du poison augmente avec la dose. Contrairement à la plupart des substances chimiques dangereuses, les effets engendrés par les PE peuvent être plus importants à faibles doses qu'à des doses plus élevées[8]. C'est ce que l'on appelle une relation dose-réponse non monotone. Par ailleurs, même si cette question reste débattue parmi les scientifiques, des experts de différentes disciplines (épidémiologie, endocrinologie, toxicologie) se sont accordés sur le fait que les PE doivent être considérés comme des substances « sans seuil », c'est-à-dire des substances dangereuses pour lesquelles il n'est pas possible de définir une concentration sous laquelle il n'y aurait pas d'effets néfastes[9].

b. Règlement (CE) n° 1272/2008.

Fenêtres de vulnérabilité

Le système hormonal joue un rôle essentiel dans le contrôle fin de chacune des étapes de la reproduction et ce avec des concentrations d'hormones extrêmement faibles de l'ordre de quelques parties par milliard (ppb). Ce contrôle s'exerce depuis la formation des spermatozoïdes et des ovules, jusqu'à la fécondation, la croissance du fœtus, le déclenchement de l'accouchement et tous les aspects du développement postnatal de l'enfance à la puberté. En conséquence, toute perturbation exogène du système hormonal dans une de ces fenêtres de vulnérabilité peut provoquer des effets néfastes à court ou à long terme (problèmes de fertilité, malformations congénitales, développement neurologique altéré, diabète de type 2, cancers du sein ou de la prostate).

Effets transgénérationnels

Les effets néfastes de l'exposition aux PE peuvent aussi affecter la descendance des personnes exposées. Ainsi, des études ont montré que les filles nées de femmes exposées à des doses élevées de l'insecticide DDT (un PE aujourd'hui bien connu) ont un risque accru de développer un cancer du sein vers l'âge de 50 ans[10]. D'autres auteurs ont démontré que les filles nées de femmes traitées au diéthylstilbestrol (DES), une hormone synthétique utilisée entre les années 1940 et 1970 aux États-Unis et en Europe pour traiter le risque de fausse couche, ont développé des cancers du vagin à l'adolescence alors que ce type de cancer ne survient généralement qu'après la ménopause. Des études épidémiologiques ont également montré que l'exposition au DES *in utero* était liée à davantage de problèmes de fertilité et d'avortements spontanés chez les filles des mères exposées[11]. Chez les garçons exposés *in utero* au DES, une augmentation de certaines anomalies de l'appareil urogénital a été constatée, notamment des hypotrophies testiculaires, des cryptorchidies (l'un ou les deux testicules ne sont pas descendus) et des hypospadias (l'ouverture par laquelle passe l'urine se situe le long plutôt qu'au bout du pénis[12]). De plus, chez les petits-enfants des femmes traitées au DES, des effets tels qu'une augmentation des malformations de l'appareil génital masculin et des troubles du déficit de l'attention (TDA) ont également été rapportés[13].

Les effets des PE sur la santé

Les PE sont soupçonnés d'être à l'origine de diverses pathologies dont l'incidence a fortement augmenté ces vingt dernières années (obésité, diabète, cancers hormonaux, TDA). Même si le nombre d'études qui permet

d'établir un lien causal clair entre l'exposition à un PE et une maladie chez les humains est encore limité, nous disposons aujourd'hui d'énormément de données issues de l'expérimentation animale qui soutiennent l'hypothèse de ce lien. Le tableau 1 reprend les effets néfastes suspectés pour une sélection de substances qui sont considérées comme PE. Les voies d'exposition aux PE ne diffèrent pas des autres substances chimiques dangereuses et peuvent donc être l'ingestion (alimentation ou contact d'un objet contaminé avec la bouche), le passage percutané (produits présents sur la peau) ou l'inhalation (vapeurs ou fumées).

Outre les substances déjà citées et utilisées comme pesticides ou médicaments, on trouve parmi les PE les mieux connus des ingrédients cosmétiques comme les alkylphénols (détergents) et les parabènes (conservateurs), des substances utilisées pour la fabrication de plastiques (certains phtalates, bisphénol A), des substances utilisées pour la fabrication de revêtements antiadhésifs (substances perfluoroalkylées ou PFAS) ou encore des substances utilisées dans divers matériaux dont les textiles pour les rendre moins facilement inflammables (retardateurs de flamme bromés).

Tableau 1. Effets néfastes suspectés pour diverses substances considérées comme PE

Substances	Effets néfastes			
	Métaboliques	Neurologiques ou thyroïdiens	Reproduction	Cancers
Pesticides				
DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane)		Troubles thyroïdiens	Avortements spontanés	Cancer du sein
Triclosan	Augmentation de l'IMC	Troubles comportementaux		
Médicaments				
DES (diéthylstilbestrol)		TDA	Cryptorchidies, hypospadias, infertilité, avortements spontanés	Cancer du vagin

Substances	Effets néfastes			
	Métaboliques	Neurologiques ou thyroïdiens	Reproduction	Cancers
Cosmétiques/détergents				
Alkylphénols (nonylphénol)			Infertilité, faible poids à la naissance	Cancer du sein
Parabènes	Obésité infantile	Troubles thyroïdiens	Malformations génitales, réduction du nombre de spermatozoïdes	
Plastiques/matériaux en contact avec les aliments				
Phtalates : DEHP ; BBP ; DBP ; DIBP		Fonction thyroïdienne modifiée, perte de quotient intellectuel	Malformations génitales, réduction du nombre de spermatozoïdes, cryptorchidies, naissance prématurée	
Bisphénol A	Diabète (type 2), obésité	Hyperactivité, troubles de l'apprentissage	Infertilité, endométriose, perturbation des cycles ovariens	Cancer du sein, cancer de la prostate
PFAS		Troubles thyroïdiens	Malformations congénitales	Cancer des testicules, cancer du rein
Matériaux divers (textiles, équipements électroniques, etc.)				
Retardateurs de flamme bromés		Troubles thyroïdiens, perte de quotient intellectuel, TDA		

Source : adapté à partir de la référence 17.

Coûts associés à l'exposition aux PE

Selon certains auteurs, les coûts économiques de santé liés à l'exposition aux PE ont été évalués à 163 milliards d'euros par an (soit ~ 1 % du PIB annuel) pour l'Union européenne[14,15]. Les pathologies qui contribuent le plus à ces coûts sont les troubles neurologiques (dont les TDA) (avec 132 milliards d'euros par an), l'obésité et le diabète (15 milliards d'euros par an), les morts prématurées (6 milliards d'euros par an) et les troubles de la reproduction (4 milliards d'euros par an). Les PE responsables de ces coûts sont d'abord les pesticides (76,4 %), les phtalates et le bisphénol A (16,6 %), les retardateurs de flamme (5,7 %) ; d'autres PE (1,3 %). Il est à noter que cette étude ne prend en compte qu'un nombre limité de PE pour lesquels les liens avec les affections étudiées sont probants. Les auteurs soulignent que ces coûts pourraient être beaucoup plus importants si des PE supplémentaires et leurs pathologies associées étaient pris en compte. D'autres auteurs sont très critiques avec l'approche utilisée dans ces études et les conclusions qui en sont tirées[16].

Prévention

L'absence d'un étiquetage spécifique sur les produits utilisés par les consommateurs ou les travailleurs rend l'identification des PE difficile et complique la prévention des risques sanitaires liés à l'exposition à ces substances dangereuses. Il existe néanmoins des sites internet, comme *Endocrine Disruptor Lists*[c], qui compilent les informations disponibles sur les substances déjà identifiées comme PE ou en cours d'évaluation pour leurs propriétés de perturbation endocrinienne au sein de l'UE.

Dans l'attente de l'obligation d'étiquetage qui devrait découler de la création d'une nouvelle classe de danger spécifique pour les PE dans le règlement CLP et donc des tests réglementaires nécessaires pour leur identification, les données disponibles en ligne devraient permettre aux fabricants de privilégier l'élimination des PE et des produits qui en contiennent ou encore leur substitution par des substances ou des produits plus sûrs. Les femmes ayant un projet de grossesse, qui sont enceintes ou allaitantes devraient réduire autant que faire se peut l'utilisation de cosmétiques susceptibles de contenir des substances considérées comme PE ou leur consommation d'aliments traités par des pesticides.

c. https://edlists.org/

Un autre axe de prévention à encourager serait l'instauration de législations contraignantes afin d'interdire l'utilisation ou la mise sur le marché de PE avérés ou présumés et des produits de grande consommation qui peuvent les relarguer. En effet, les quelques règles existantes dans l'UE à travers le règlement REACH[d], le règlement sur les produits phytosanitaires (communément appelés pesticides[e]) ou le règlement sur les produits biocides[f] sont souvent considérées comme insuffisantes pour prévenir efficacement les risques pour la santé liés à l'exposition aux PE[17] et ce, en particulier, sur les lieux de travail[18]. Ailleurs dans le monde, la réglementation sur les PE est également perçue comme lacunaire, notamment aux États-Unis où l'approche est entièrement basée sur les risques[19].

Conclusion

Les données scientifiques accumulées ces dernières années sur les risques sanitaires liés à l'exposition aux PE montrent que ces risques ne peuvent plus être qualifiés d'émergents mais qu'ils sont aujourd'hui bien réels et présents dans notre environnement de vie et de travail. Les efforts de recherche sur les PE mais aussi d'information et de sensibilisation des professionnels de la santé, des consommateurs et des travailleurs sur les pollutions aux PE doivent donc se poursuivre tout comme l'adoption de législations spécifiques plus strictes pour la gestion de ces risques en Europe et dans les autres régions du monde.

Références bibliographiques

1. WHO, Global Assessment of the State of the Science of Endocrine Disruptors, International Programme on Chemical Safety, 2002.
2. Markey CM, Rubin BS, Soto AM, Sonnenschein C, « Endocrine Disruptors: from Wingspread to Environmental Developmental Biology », The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology, 2002 ; 83(1-5) : 235-244.
3. Kortenkamp A, Martin O, et al., State of the Art Assessment of Endocrine Disruptors. Final Report, 2011.
4. WHO/UNEP, Bergman A, et al. (eds.), State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals – 2012, 2012.
5. UNEP/IPCP, Overview Report I. Worldwide Initiatives to Iidentify Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs) and Potential EDCs, United Nations Environment Program, 2017.

d. Règlement (CE) n° 1907/2006.
e. Règlement (CE) n° 1107/2009.
f. Règlement (CE) n° 528/2012.

6. Haug LS, Sakhi AK, et al., « In-utero and Childhood Chemical Exposome in Six European Mother-Child Cohorts », Environment International, 2018 ; 121(1) : 751-763.
7. European Commission, Chemicals Strategy for Sustainability towards a Toxic-Free Environment, COM (2020) 667 final.
8. Vandenberg LN, Colborn T, Hayes TB, Heindel JJ, Jacobs DR Jr, Lee DH, Shioda T, Soto AM, vom Saal FS, Welshons WV, Zoeller RT, Myers JP, « Hormones and Endocrine-Disrupting Chemicals: Low-Dose Effects and Nonmonotonic Dose Responses », Endocrine Reviews, 2012 ; 33(3) : 378-455.
9. Solecki R, Kortenkamp A, et al., « Scientific Principles for the Identification of Endocrine-Disrupting Chemicals: a Consensus Statement », Archives of Toxicology, 2017 ; 91(2) : 1001-1006.
10. Cohn BA, La Merrill M, et al., « DDT Exposure in Utero and Breast Cancer », Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 2015 : jc20151841.
11. Newbold RR, « Prenatal Exposure to Diethylstilbestrol (DES) », Fertility and Sterility, 2008 ; 89(suppl 2) : e55-e56.
12. Schrager S, Potter BE, « Diethylstilbestrol Exposure », American Family Physician, 2004 ; 69(10) : 2395-2400.
13. Kioumourtzoglou MA, Coull BA, O'Reilly EJ, Ascherio A, Weisskopf MG, « Association of Exposure to Diethylstilbestrol During Pregnancy with Multigenerational Neurodevelopmental Deficits », JAMA Pediatrics, 2018 ; 172(7) : 670-677.
14. Trasande L, Zoeller RT, et al., « Estimating Burden and Disease Costs of Exposure to Endocrinedisrupting Chemicals in the European Union », Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 2015 ; 100(4) : 1245-1255.
15. Trasande L, Zoeller RT, et al., « Burden of Disease and Costs of Exposure to Endocrine Disrupting Chemicals in the European Union: an Updated Analysis », Andrology, 2016 ; 4(4) : 565-572.
16. Bond GG, Dietrich DR, « Human Cost Burden of Exposure to Endocrine Disrupting Chemicals. A Critical Review », Archives of Toxicology, 2017 ; 91(8) : 2745-2762.
17. Demeneix B, Slama R, Endocrine Disruptors : from Scientific Evidence to Human Health Protection, Study requested by the PETI committee, European Parliament, 2019.
18. Mengeot MA, Musu T, Vogel L, « Perturbateurs endocriniens : un risque professionnel à (re)connaître », ETUI, 2016. Accessible en ligne : www.etui.org/fr/publications/guides/perturbateurs-endocriniens-un-risque-professionnel-a-re-connaitre.
19. Kassotis CD, Vandenberg LN, Demeneix B, Porta M, Slama R, Trasande L, « Endocrine-Disrupting Chemicals: Economic, Regulatory, and Policy Implications », The Lancet Diabetes & Endocrinology, 2020 ; 8(8) : 719-730.

26 – Nuisances atmosphériques : pollution de l'air, bruits et rayonnements

Martin Röösli, Alberto Castro, Stefan Dongus, Martina Ragettli, Nino Künzli, Nicole Probst-Hensch et Meltem Kutlar Joss

Introduction

L'humain est en interaction permanente avec l'atmosphère. Il respire l'air, entend les sons et absorbe différents types de rayonnements ionisés ou non. Ces expositions environnementales peuvent individuellement ou conjointement avoir des conséquences sur la santé au cours de la vie, sous la forme de stress oxydatif et d'inflammation, de modifications et mutations génomiques, d'altérations épigénétiques, de dysfonctions mitochondriales, de perturbations endocriniennes, d'altération de la communication intercellulaire, d'altération des microbiomes, et de lésions du système nerveux. Dans ce chapitre, nous donnerons un aperçu des situations d'exposition aux polluants atmosphériques et des risques pour la santé dont la charge de morbidité. Nous fournirons également des conseils en termes de pratiques cliniques.

Pollution de l'air ambiant

Situation d'exposition

Un polluant atmosphérique est composé de plusieurs substances provenant de différentes sources d'émission. Par conséquent, la qualité de l'air est souvent mesurée à l'aide de polluants marqueurs tels que les particules en suspension (par exemples les particules fines PM10 et PM2,5) émises par différentes sources. Les PM10 et PM2,5 sont des particules inférieures à 10 et 2,5 micromètres qui pénètrent dans les poumons et les alvéoles. Les particules en suspension dans l'atmosphère proviennent des particules générées par des processus de combustion issue de la circulation routière, de l'industrie et du chauffage (la suie), des particules secondaires provenant de l'agriculture, de sources naturelles telles que les plantes, des micro-organismes et des embruns et des particules d'origine mécanique provenant de la circulation routière, de la construction, de l'agriculture ou de l'érosion naturelle. L'OMS a publié en 2021 une actualisation de ses recommandations relatives aux différents polluants atmosphériques.

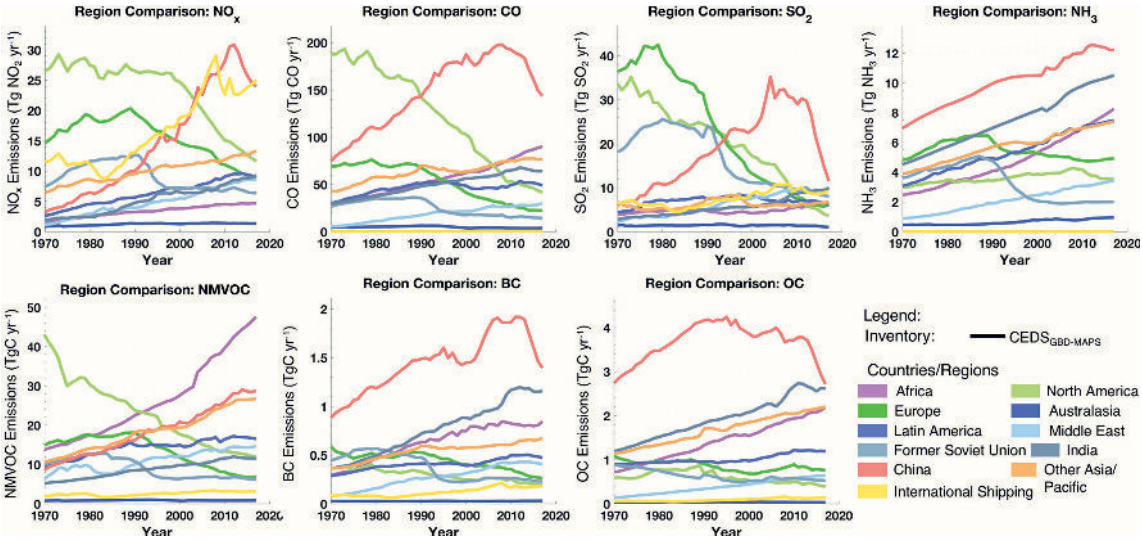


Figure 1. Modifications des différentes émissions de polluants atmosphériques dans différentes régions du monde depuis 1970 (figure provenant de réf.[4]). License : (CC BY 4.0)

L'organisation conclut que 80 % des décès liés aux PM2,5 dans le monde pourraient être évités si les niveaux actuels de pollution atmosphérique étaient ramenés à ceux proposés dans les recommandations actualisées. Et cela en particulier dans les zones urbaines et dans les pays à revenu faible ou intermédiaire.

La figure 1 montre l'efficacité de la prévention structurelle, c'est-à-dire les politiques de contrôle de la pollution, et indique les tendances en matière d'émissions mondiales de pollution atmosphérique sur les 50 dernières années par région du monde. En Europe et en Amérique du Nord, la plupart des polluants atmosphériques ont baissé sur les 30-40 dernières années. Le dioxyde de soufre (SO_2) est le polluant ayant subi l'un des plus importants déclins grâce aux nouvelles réglementations sur la teneur en soufre des carburants dans les pays riches. Malheureusement, ce succès est en partie dû à l'exportation de carburants polluants à teneur élevée en soufre vers les pays à revenu faible ou intermédiaire où les émissions de SO_2 continuent d'augmenter. Dans les pays riches, d'autres mesures concernant la circulation routière, le chauffage et l'industrie ont permis d'importantes réductions des émissions d'oxyde d'azote (NOx), de monoxyde de carbone (CO), d'hydrocarbures organiques volatils (COVNM) et, dans une moindre mesure, de la suie mesurée par le carbone élémentaire (*black*

carbon) et le carbone organique même si la population et le volume de trafic ont augmenté durant cette période. Très peu de mesures ont été prises dans le secteur agricole et par conséquent les émissions d'ammoniaque (NH_3) provenant principalement du fumier, des purins et des engrais ont peu changé. En Chine, une diminution des émissions de la plupart des polluants est observée depuis environ 2010. Dans d'autres régions du monde telles que l'Amérique latine, l'Afrique, le Moyen-Orient et d'autres régions d'Asie et du Pacifique, les émissions de polluants atmosphériques continuent d'augmenter depuis 1970.

Effets sur la santé

S'agissant des effets sur la santé, il faut faire la distinction entre les conséquences d'une exposition de courte durée (plusieurs heures ou jours) et celles d'une exposition de longue durée (de plusieurs mois à plusieurs années). Les conséquences sanitaires d'une exposition de courte durée lors de pics de pollution atmosphérique sont notamment les consultations d'urgence, les hospitalisations, les absences du lieu de travail associées et les décès, ainsi que la détérioration mesurable de symptômes ou de l'état de santé. Les voies respiratoires, le système cardiovasculaire ainsi que le métabolisme ou le système immunitaire sont concernés.

Ce sont les effets à long terme qui sont les plus importants pour ce qui est de la charge de morbidité[5]. Les liens de causalité entre expositions et maladies sont démontrés pour l'asthme chez l'enfant, l'athérosclérose, le cancer et l'augmentation de la mortalité globale. Il existe également des liens probables avec la démence et le diabète ainsi que des indices concernant des effets sur le fœtus (naissances prématurées, poids à la naissance et développement cérébral et pulmonaire pendant l'enfance[6]). Des effets sur la santé sont observés à de faibles niveaux d'exposition mais de longue durée y compris en dessous des limites réglementaires. En effet, pour de nombreux polluants, il n'existe aucun seuil clair en dessous duquel il n'y a aucun effet sur la santé[7]. Ce qui implique qu'une réduction de la pollution atmosphérique, quelle qu'en soit la teneur, est bénéfique pour la santé. Vous trouverez plus d'informations concernant les liens entre les différents polluants et les pathologies grâce à la silhouette interactive de la base de données LUDOK de la littérature sur la pollution atmosphérique de l'Institut tropical et de santé publique suisse : www.swisstph.ch/en/projects/ludok/healtheffects/.

Charge de morbidité et prévention

Selon l'étude de 2019 sur la charge globale de morbidité, la pollution atmosphérique ambiante et la pollution de l'air à l'intérieur des habitations figurent parmi les facteurs de risques environnementaux les plus importants pour les années de vie en bonne santé perdues corrigées pour l'incapacité (*Disability-Adjusted Life Years*, DALYs) dans le monde (124 et 91 millions par an). En Suisse, 31 000 DALYs sont imputables à la pollution atmosphérique ambiante alors que la pollution de l'air à l'intérieur des habitations est négligeable. En 2019, dans le monde, 4,5 millions des décès prématurés ont été causés par la pollution atmosphérique ambiante et 2,3 millions par celle des ménages[8]. En 2018, en Suisse, l'Agence européenne pour l'environnement (AEE) a estimé que 3 500 décès prématurés étaient imputables aux particules en suspension dans l'atmosphère, 270 au NO_2 et 350 à la pollution par l'ozone[9].

Comme le montre la figure 1, les mesures préventives structurelles sont particulièrement efficaces pour réduire la pollution atmosphérique. Elle implique la mise en place de seuils recommandés, de limites d'émissions ainsi que la réduction de l'utilisation de combustibles fossiles et de bois, etc. Le potentiel en matière de prévention individuelle est en revanche limité. Il s'agit par exemple d'éviter les zones à haut risque, de minimiser ses propres émissions à l'intérieur provenant de la fumée de cigarette, de la cuisine et autres sources de combustion, et d'éviter de pratiquer un sport lors de périodes de pic de pollution atmosphérique. Toutefois, en moyenne, les bénéfices d'une activité sportive en milieu urbain, telle que le vélo ou la marche, sont supérieurs aux effets nocifs de l'exposition à la pollution atmosphérique sur la santé[10].

Bruit

Situation d'exposition

Le bruit est généralement défini comme un son non souhaité, bien que cette définition soit critiquée car même un son souhaité peut avoir un effet nocif sur la santé. Les mesures du bruit utilisent la pondération A en fonction de la sensibilité des personnes aux fréquences exprimées en décibels (dB(A)), où 0 dB(A) fait référence au seuil de perception auditive, 30-40 dB(A) fait référence au bruit d'une pluie légère, 60 dB(A) au bruit d'une circulation normale et 90-100 dB(A) sont des niveaux sonores typiques d'une discothèque. Afin de prendre en compte la variation diurne de la sensibilité aux nuisances sonores, la mesure la plus répandue est la

moyenne sur 24 heures appelée indicateur L_{den} (*Level Day-Evening-Night*) pour laquelle une pénalité de 5 dB est appliquée pour la soirée, principalement entre 19 et 23 heures, et de 10 dB pour la nuit entre 23 et 7 heures. La moyenne pondérée sur 24 heures est alors calculée. Les circulations routière, ferroviaire et aérienne sont les sources de bruit les plus courantes. Mais il y a également le secteur industriel, le secteur de la construction et les personnes (par exemple, les voisins ou les établissements publics) ainsi que le bruit au travail. L'Agence européenne pour l'environnement estime qu'au moins 20 % de la population européenne (33 pays membres de l'AEE dont la Suisse) vit dans des zones où les niveaux de bruit lié à la circulation sont nuisibles à la santé[11]. Si l'on utilise un L_{den} de 55 dB comme limite, environ 113 millions de personnes sont affectées par la circulation routière, 22 millions par la circulation ferroviaire, 4 millions par le trafic aérien et moins de 1 million par le bruit industriel. Pour la Suisse, les données de l'AEE sont : 3 millions pour la circulation routière, 480 000 pour la circulation ferroviaire et 170 000 pour le bruit en provenance du trafic aérien. Il n'existe en revanche pas de données pour le bruit industriel.

Effets sur la santé

Une exposition au bruit supérieure à 85 dB(A) peut potentiellement occasionner des problèmes auditifs sur une base dose-effet. Plus les niveaux sont élevés, plus le temps d'exposition nécessaire pour occasionner des dommages irréversibles du système auditif est court. Le bruit environnemental inférieur à ce seuil provoque une réponse psychologique et physiologique au stress, c'est-à-dire une activation du système nerveux autonome et de l'axe hypothalamo-hypophysaire-surrénalien. En outre, les troubles du sommeil dus au bruit contribuent aux maladies chroniques. Les maladies cardiovasculaires sévères sont les problèmes de santé à forte probabilité physiopathologique les plus étudiées[12]. Selon les recommandations de l'OMS, il existe des données probantes quant au lien entre les bruits émis par la circulation routière et les cardiopathies ischémiques. Les récentes études épidémiologiques dont la Cohorte nationale suisse[14] détectent principalement une relation linéaire exposition-effets, sans seuil net d'innocuité. Il en va de même pour les études sur la pollution atmosphérique et ses différents effets. Les risques relatifs augmentent pour diverses cardiopathies et les sources de bruit lié au transport sont généralement comprises entre 1 et 8 % par augmentation de 10 dB(A) en L_{den}. Il existe également de plus en plus de preuves des effets nocifs sur le métabolisme tels que la surcharge pondérale, le diabète, ou le syndrome métabolique. Une métaanalyse comprenant des données de l'étude suisse

SAPALDIA a montré une augmentation de 11 et 20 % de l'incidence du diabète par 10 dB(A) L_{den} de bruits routier et aérien respectivement[15]. D'autres preuves du risque accru de dépression[16] et de troubles cognitifs et du comportement chez les enfants apparaissent[17]. Il n'existe quasiment aucune étude, en revanche, sur les types de bruits autres que les bruits associés au transport, comme le bruit industriel et commercial, le bruit des armes à feu et le bruit des activités de loisirs, ou sur d'autres pathologies non transmissibles telles que le cancer et les maladies neurodégénératives.

Fardeau de morbidité et conséquences cliniques

L'étude de 2019 sur le fardeau global de morbidité (*Global Burden Diseases* [GBD]) estime que les troubles auditifs dus à l'exposition au bruit au travail sont la cause de 7 millions de DALYs dans le monde (3 000 pour la Suisse[8]). Étant donné l'absence de données sur l'exposition au bruit lié au transport, il n'existe pas d'estimations GBD globales sur l'exposition au bruit environnemental ou lié au transport. Concernant l'Europe, l'AEE conclut que le bruit lié aux transports provoque 453 000 DALYs dues aux nuisances sonores élevées, 437 000 DALYs dues aux troubles du sommeil élevés, 156 000 DALYs dues aux cardiopathies ischémiques et 75 DALYs dues aux troubles cognitifs infantiles[9]. Selon ces estimations, le bruit lié au transport provoque 25 400 DALYs en Suisse et 240 décès prématurés[18].

Les mesures de prévention sonores prioritaires ciblent la source. Viennent ensuite les mesures sur la trajectoire de propagation du bruit et au niveau du destinataire. Pour ce qui est du bruit lié au transport, ces mesures peuvent par exemple inclure le retrait des semelles de frein des rames de train (réduction de 8 à 10 dB), la gestion de la circulation (1 à 4 dB), des pneus et des revêtements routiers silencieux (réduction respective de 3 dB et 3 à 7 dB), des limites de vitesse (1 à 5 dB), des écrans acoustiques (3 à 20 dB), une meilleure conception des bâtiments (2 à 15 dB) et l'isolation des bâtiments et des fenêtres (5 à 10 dB). Il va sans dire que l'aménagement urbain préventif à long terme est particulièrement efficace dans la prévention des conflits autour du bruit. La prévention comportementale, comme le port de bouchons d'oreilles, s'accompagne généralement d'une qualité de vie dégradée. Dans les cadres cliniques, l'exposition chronique au bruit à la maison devrait être étudiée de plus près lors de la consultation avec le patient et prise en compte, en plus des scores de risque établis, pour le traitement à suivre.

Rayonnements ionisants et non ionisants

La figure 2 donne un aperçu du spectre électromagnétique. L'utilisation de l'électricité produit des champs magnétiques et électriques (CM, CE) d'extrême basse fréquence (EBF). Les appareils de communication sans fils et certains dispositifs thermiques médicaux et industriels émettent des champs électromagnétiques radiofréquence (CEM-RF) dans la gamme des hautes fréquences (HF). Par ailleurs, les infrarouges, proches de la lumière visible, appartiennent à la catégorie des rayonnements non ionisants, ce qui signifie que l'énergie dégagée par les photons n'est pas suffisante pour rompre les liaisons chimiques. Les rayonnements ultraviolets (UV) sont situés à la frontière entre les rayonnements ionisants et non ionisants. Dans le spectre ionisant, l'énergie dégagée par les photons est suffisante pour rompre les liaisons chimiques, ce qui est crucial dans l'apparition du cancer dans le cas où une mutation de l'ADN est en cause. Dans la section suivante, nous allons donner un aperçu des différents types de rayonnement, mais nous n'aborderons pas les infrarouges. En principe, les effets de la chaleur sur la santé sont une conséquence des rayonnements infrarouges, qui sont abordés dans le chapitre 35 : Personnes âgées et réchauffement climatique de cet ouvrage.

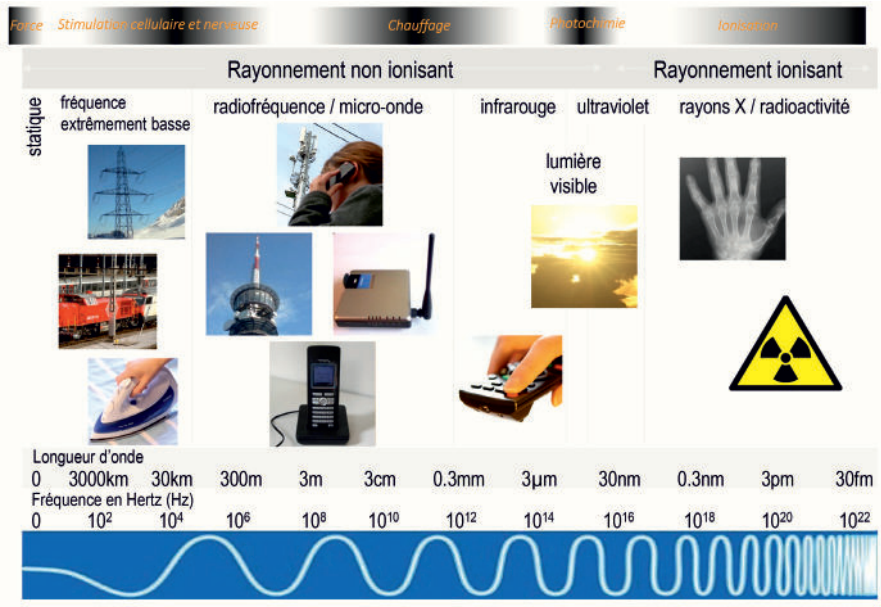


Figure 2. Spectre électromagnétique (mécanismes biologiques précisés en orange)

Rayonnements non ionisants

Champs électromagnétiques

Les limites réglementaires pour les CM-EBF dépendent de la fréquence et sont de l'ordre de quelques centaines de microtesla. Au-dessus de ces limites, le CM-EBF stimule les cellules et les nerfs. Dans la vie courante, les niveaux du CM-EBF sont bien moindres, autour de 0,1-0,2 µT, bien que l'on trouve des niveaux supérieurs à proximité des sources d'émission, soit plusieurs dizaines de µT à proximité immédiate d'appareils électriques qui ont une consommation d'énergie élevée tels que les chauffages électriques, les sèche-cheveux et les perceuses. Dans la mesure où ces expositions sont courtes et difficiles à évaluer, la recherche épidémiologique s'est principalement concentrée sur l'exposition de longue durée aux grandes infrastructures telles que les lignes électriques ou les transformateurs. Plusieurs études épidémiologiques ont mis en lumière un risque de leucémie accru relativement cohérent chez les enfants exposés à un CM-EBF de plus de 0,3 à 0,4 µT à leurs lieux de résidence. En l'absence de mécanismes biologiques, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classifié le CM-EBF comme agent probablement cancérogène du groupe 2B. En partant du principe que les liens épidémiologiques observés sur la leucémie infantile sont de nature causale, Grellier *et al.* ont estimé qu'en Europe environ 1,5-2 % des cas de leucémie infantile sont imputables au CM-EBF, ce qui correspond à un à deux cas par an pour la Suisse[17]. En outre, on soupçonne qu'une partie des maladies neurodégénératives sont provoquées par le CM-EBF. Selon certaines études, il existe en effet un risque accru de développer une sclérose latérale amyotrophique[20] et une maladie d'Alzheimer[21] dans le cas d'une exposition professionnelle de longue durée par rapport à l'exposition résidentielle. Toutefois ces résultats ne sont pas uniformes et l'on ne peut exclure la présence de biais.

Dans la vie courante, une grande partie de l'exposition au CEM-RF provient de l'exposition aux technologies de communication sans fil. Avec l'introduction de la 5G (5e génération des téléphones sans fil), les risques potentiels pour la santé provenant du CEM-RF ont récemment fait l'objet de controverses dans l'espace public. Le public s'inquiète principalement des expositions environnementales involontaires provenant des relais de téléphonie mobile émetteurs d'ondes HF, plutôt que des émissions provenant de l'utilisation de leurs propres appareils tels que les téléphones mobiles, les téléphones portables ou sans fil ou les tablettes, qu'il a l'impression de mieux contrôler. Le niveau d'absorption par le corps est remarquablement plus élevé lorsque l'appareil de communication émet à proximité

du corps par opposition à des sources environnementales éloignées. En effet, les émissions de nos propres appareils représentent 70 à 90 % du CEM-RF absorbé de façon cumulative par le corps[22]. Des niveaux élevés de CEM-RF échauffent les tissus, mais en dessous des limites réglementaires (28-61 V/m en fonction de la fréquence), l'échauffement est minime. Les niveaux environnementaux types se situent entre 0,1 et 0,2 V/m[23].

Des études randomisées en double aveugle ont montré qu'une exposition locale élevée au CEM-RF, comme ce qui peut se produire lorsqu'un téléphone mobile transmet au niveau de l'oreille, peut avoir un impact sur l'activité électrique du cerveau à l'état éveillé, au repos et pendant le sommeil[24]. Les changements observés se situent dans la fourchette normale de variation et n'ont pas d'impact sur la performance cognitive, la qualité subjective du sommeil ou sa macrostructure, c'est-à-dire la répartition des phases de sommeil.

Des études *in vitro* et *in vivo* ont détecté quelques effets sur la formation des dérivés réactifs de l'oxygène (DRO) dans des conditions très variées d'exposition au CEM-RF, bien qu'il soit possible que les effets thermiques soient en partie responsables de certaines de ces observations[25]. Dans les faits, la production de DRO pourrait être un indicateur des effets nocifs à long terme. Toutefois, la plupart des études épidémiologiques sur l'utilisation des téléphones portables ne montrent aucun risque accru de tumeurs cérébrales[26]. Le CIRC a déclaré en 2011 qu'il n'existait pas suffisamment de preuves de cancérogénicité sur les animaux de laboratoire. Cependant, comme une augmentation des risques a été observée de manière sporadique pour les gros utilisateurs de téléphones portables dans le cadre d'études cas témoins, le CEM-RF a été classé comme agent probablement cancérogène du groupe 2B[27]. Toutefois, le problème dans ces études cas témoins est le biais de rappel car les données sur l'utilisation des téléphones portables ont été recueillies *a posteriori*. Étant donné que la majorité de la population utilise un téléphone portable de nos jours, un risque accru important de tumeur aurait dû se manifester par une augmentation des cas de tumeurs cérébrales ces dernières années, mais cela n'a pas été le cas[26].

Plusieurs études de mauvaise qualité ont révélé des liens entre le CEM-RF et une mauvaise qualité du sperme chez les hommes, ce qui semble plausible à première vue, puisque le CEM-RF provoque un échauffement des tissus. Toutefois, en deçà des limites réglementaires, l'échauffement des tissus est minime. Une étude de cohorte prospective sur 3 000 personnes, publiée récemment, n'a observé aucun lien entre la présence d'un

téléphone portable dans la poche avant d'un vêtement et la qualité du sperme ou le moment où une grossesse est détectée[28].

Une part de la population attribue des symptômes non spécifiques ainsi que des troubles du bien-être à l'exposition au CEM-EBF et RF sur leurs lieux de vie ou de travail. Cette autoattribution, pour laquelle il n'existe aucun critère de diagnostic quantifiable, s'appelle l'hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique au CEM. Un grand nombre d'études expérimentales en double aveugle, certaines incluant les personnes hypersensibles aux ondes électromagnétiques, fournissent des données solides qui réfutent l'hypothèse selon laquelle les symptômes non spécifiques sont déclenchés par une exposition courte au CEM-RF[29]. Outre ces tests de provocation en double aveugle, certaines de ces études ont appliqué une provocation ouverte comme moyen de contrôle positif. Ce qui signifie que les participants étaient au courant de leur état d'exposition réelle. Dans ces tests de provocation ouverte, les symptômes non spécifiques apparaissent plus souvent lors de l'exposition que lors de la non-exposition alors que dans les études en double aveugle, une telle différence n'a pas été observée fournissant ainsi une preuve de l'effet nocebo. S'agissant des expositions de longue durée au CEM-RF, plusieurs études épidémiologiques utilisant une évaluation méthodique de l'exposition n'ont détecté aucun trouble du bien-être provoqué par l'exposition environnementale au CEM-RF[24]. Concernant l'utilisation des téléphones portables, une étude de cohorte prospective de grande envergure en Finlande et en Suède n'a pas détecté d'augmentation des céphalées[30] ou des problèmes de sommeil[31] sur une période de quatre ans.

Dans la réglementation suisse sur les rayonnements non ionisants, des seuils de précaution ont été introduits pour les sources environnementales, lesquelles sont environ 10 fois pour le CEM-RF à 100 fois pour le CM-EBF inférieures aux seuils réglementaires internationaux. Il n'existe aucune précaution de ce genre pour l'exposition aux appareils de communication. L'hypersensibilité électromagnétique reste un défi pour la pratique clinique, comme d'autres intolérances idiopathiques telle la polysensibilité chimique. Certaines données tendent à prouver que les thérapies comportementales sont efficaces[32], bien qu'elles soient souvent refusées par les patients. Réduire l'exposition au CEM, quand cela est possible, s'est avéré bénéfique pour les personnes hypersensibles aux ondes électromagnétiques. Dans l'état actuel des connaissances, cet effet relève de la réaction placebo et l'amélioration du bien-être peut ne pas être durable.

Rayonnements ultraviolets

Le CIRC a classifié les rayonnements UV comme agents cancérogènes du groupe 1[33]. Les UV sont un facteur de risque dans les cancers de la peau (mélanomes et carcinomes). En outre, des risques accrus de cancer des lèvres, de tumeurs de la conjonctive et de mélanome uvéal ont été observés. On sait, par ailleurs, que des doses élevées de rayonnements UV affaiblissent le système immunitaire[34]. Outre les effets négatifs, les rayonnements UV ont des effets positifs sur la santé car les rayonnements UV-B sont importants dans la synthèse de la vitamine D[35].

Selon l'OMS, en 2000, l'excès de rayonnements UV est à l'origine de 1,5 million de DALYs dans le monde[36]. Il n'y a pas d'estimations concernant les UV solaires pour la Suisse. Environ 160 mélanomes par an sont attribués à l'utilisation de solarium en Suisse[37]. S'agissant des UV, les mesures de prévention comportementale individuelle sont efficaces comme éviter la lumière directe du soleil et l'application de mesures de protection lorsque nécessaire. Les solariums émettent des niveaux élevés de rayonnements UV et leur utilisation est déconseillée pour les adultes et interdite aux mineurs.

Rayonnements ionisants

Radon

Le radon est un gaz radioactif omniprésent, formé par la décomposition de l'uranium qui se produit naturellement dans les roches granitiques et métamorphiques. Dans un pays comme la Suisse, où les couches sous-jacentes des régions montagneuses sont composées de roches cristallines et karstiques, les niveaux de radon sont relativement élevés. Selon une modélisation récente du radon en Suisse, les niveaux moyens s'élèvent à 76 Bq/m³ avec 16 % des adultes subissant une exposition supérieure à la valeur de référence de l'OMS de 100 Bq/m³[38]. Dans de nombreux pays, le radon est le principal contributeur à la dose de rayonnement ionisant réelle. En Suisse, le radon contribue à hauteur de 3,2 mSv à la dose annuelle moyenne pour la population qui est de 5,5 mSv.

La décomposition du radon produit des particules alpha et beta dont la profondeur de pénétration est faible. C'est pour cette raison que les tissus pulmonaires sont principalement touchés lors de l'inhalation de radon. Un grand nombre d'études a montré la corrélation entre l'exposition au radon domestique et les cancers pulmonaires, avec une augmentation linéaire dans le risque de maladie d'environ 20 % par 100 Bq/m³ [39]. Les études sur

les effets du radon sur d'autres types de cancer ne sont pas concluantes. La peau est le deuxième organe le plus exposé au radon et certaines études ont montré le risque supérieur de mélanome pour une exposition croissante au radon[40]. Des études sur les cancers chez l'enfant et le radon ont démontré une quasi-absence de risques.

Selon la GBD, en 2019, 83 700 décès des suites d'un cancer du poumon par an sont imputables au radon (1 million de DALYs[8]), et 262 décès pour la Suisse, soit 5 300 DALYs. Les mesures préventives les plus adaptées sont des systèmes de ventilation et des mesures de construction des bâtiments appropriées. Il faut par ailleurs éviter les échanges de gaz du sous-sol vers l'intérieur du bâtiment.

Rayonnement gamma

Le rayonnement gamma peut être d'origine cosmique, terrestre ou artificielle. La médecine nucléaire et les examens radiologiques en sont les principales sources artificielles alors que la part des centrales nucléaires, de la recherche et des tests d'armes nucléaires est minime. Les examens tels que la tomodensitométrie (CT), ou la tomographie par émission de positrons (PET) peuvent donner lieu à des doses de l'ordre de 20 mSv par examen alors qu'une petite radio des dents donne lieu à une dose de l'ordre de 0,02 mSv. En Suisse, la dose annuelle moyenne pour la population provenant d'applications médicales est de 1,4 mSv. Au total, les sources naturelles ont une contribution à peu près identique. Par conséquent, 0,4 mSv provient du rayonnement cosmique, 0,35 mSv du rayonnement terrestre et 0,35 mSv de la nutrition principalement dû au potassium 40[41].

Le CIRC a classifié tous les types de rayonnements ionisants comme agents cancérigènes du groupe 1[33]. Comparés aux particules alpha et bêta, les rayonnements gamma pénètrent tout le corps, ce qui est inquiétant pour les organes internes. La période de latence est inférieure à 10 ans pour la leucémie, les tumeurs de la thyroïde et le cancer des os alors que pour d'autres types de tumeurs dites solides les risques n'augmentent qu'après 10 ans et restent élevés pendant des dizaines d'années[42]. La sensibilité aux rayonnements diminue avec l'âge car un nombre inférieur de cycles cellulaires est affecté par les mutations. Dans une étude suisse sur les cancers infantiles, une augmentation linéaire relative du risque de 3 % par dose de millisievert cumulée a été observée[43]. Pour l'adulte, l'étude la plus complète sur l'exposition professionnelle aux rayonnements ionisants (INWORKS) a montré un risque excédentaire de 200 % de leucémie et de 50 % pour toute autre tumeur par sievert en utilisant un modèle

linéaire sans seuil[44,45]. Selon cette fonction de réponse à l'exposition, on pourrait s'attendre à 22 cas de cancer par an imputables aux rayonnements ionisants en Suisse. Par ailleurs, cinq types de tumeurs infantiles peuvent être imputables aux rayonnements ionisants si l'on se réfère à l'étude suisse ci-dessus. En termes de prévention du rayonnement gamma, le principe ALARA (niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre) est établi. Le risque sanitaire lié à une application médicale devrait par conséquent être compensé par le diagnostic ou les bienfaits du traitement correspondant.

Conclusion

Les effets de l'atmosphère sur la santé dus aux produits chimiques, bruit et rayonnements sont complexes et variés. Même si les risques sanitaires individuels dans des conditions types d'exposition sont faibles, l'impact sociétal est important du fait de la nature permanente de l'exposition qui affecte toute la population. La pollution de l'air et le bruit sont considérés comme étant les deux facteurs de risques environnementaux les plus pertinents pour la population européenne[46]. Les données de la charge de morbidité présentées dans ce chapitre reposent sur des hypothèses et sont soumises à une certaine incertitude. Selon le choix de méthodes, les données peuvent varier largement, comme l'ont démontré de manière transparente Castro *et al.* en utilisant l'exemple des cancers du poumon liés aux particules fines en Suisse[47]. Il ne faut pas non plus oublier que nous manquons des données quantitatives sur la plupart des polluants et les effets synergiques potentiels ne sont pas pris en compte.

Il existe une interaction étroite entre la pollution atmosphérique et le changement climatique. Par exemple, l'augmentation des températures et le rayonnement solaire intense influencent la formation secondaire de particules en suspension et intensifient la formation d'ozone au sol. Le changement climatique peut également influencer le comportement humain, ce qui peut par exemple modifier l'exposition aux rayonnements UV. Plus important encore, la combustion des énergies fossiles produit, outre les polluants atmosphériques et le bruit lié au transport, des gaz à effet de serre qui contribuent au changement climatique. Cela signifie par conséquent que les mesures visant à réduire les gaz à effet de serre présentent de nombreux cobénéfices en termes de réduction de la pollution atmosphérique et d'amélioration de la santé. Par exemple, la promotion de la mobilité active conduira à une augmentation de l'activité physique et à

une réduction de la pollution atmosphérique et du bruit, qui fera diminuer la charge de morbidité ainsi que les émissions de CO_2[48].

S'agissant des risques sanitaires environnementaux, la priorité est donnée à la prévention primaire. Il est nécessaire de souligner que la prévention comportementale seule est bien souvent inefficace concernant les expositions environnementales. S'agissant de la pollution atmosphérique, du bruit et des rayonnements, des actions comportementales alternatives sont souvent impossibles sans un cadre adapté qui inclut des technologies à faibles émissions, des infrastructures adaptées ou des alternatives disponibles étayées par la réglementation adéquate. Ainsi, les mesures de prévention structurelles sont de manière générale plus efficaces qu'un plaidoyer en faveur d'actions pro-environnementales si on ne fournit pas d'alternatives comportementales attrayantes comme le montre l'exemple de la figure 1 pour la pollution atmosphérique. Pour ce qui est de la prise de décision, il est important de prendre en compte l'impact sur la santé au niveau sociétal, c'est-à-dire le « fardeau de morbidité », et pas simplement les risques sanitaires individuels. Ce qui encourage à prendre en compte les enjeux de santé dans toutes les politiques publiques (*health in all policies*).

Références bibliographiques

1. Peters A, Nawrot TS, Baccarelli A A, « Hallmarks of Environmental Insults », Cell, 2021 ; 184 : 1455-1468.
2. World Health Organization, WHO Global Air Quality Guidelines – Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide, Geneva, Publications, 2021. Accessible en ligne : https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329.
3. Public Eye, Dirty Diesel – How Swiss Traders Flood Africa with Toxic Fuels, Lausanne, Public Eye, 2016.
4. McDuffie E E, Smith SJ, O'Rourke P, et al, « A global Anthropogenic Emission Inventory of Atmospheric Pollutants from Sector -and Fuel-Specific Sources (1970-2017): an Application of the Community Emissions Data System (CEDS) », Earth System Science Data, 2020 ; 12 : 3413-3442.
5. Brook R D, Rajagopalan S, Pope C A 3rd, et al., « Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease: An update to the Scientific Statement from the American Heart Association », Circulation, 2010 ; 121 : 2331-2378.
6. Thurston G D, 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 », European Respiratory Journal, 2017 ; 49.

7. Hoffmann B, Roebbel N, Gumy S, et al., « Air Pollution and Health: Recent Advances in Air Pollution Epidemiology to Inform the European Green Deal: a Joint Workshop Report of ERS, WHO, ISEE and HEI », European Respiratory Journal, 2020 ; 56.
8. GBD Risk Factors Collaborators, « Global Burden of 87 Risk Factors in 204 Countries and Territories, 1990-2019: a Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 », The Lancet, 2020 ; 396 : 1223-1249.
9. EEA, Air Quality in Europe – 2020 report, Copenhagen, European Environment Agency, 2020.
10. Rojas-Rueda D, de Nazelle A, Andersen Z J, et al., « Health Impacts of Active Transportation in Europe », PLoS One, 2016 ; 11 : e0149990.
11. EEA, Environmental noise in Europe – 2020, Copenhagen, European Environment Agency, 2020.
12. Münzel T, Sörensen M, Daiber A, « Transportation Noise Pollution and Cardiovascular Disease », Nature Reviews Cardiology, 2021.
13. World Health Organization, Environmental Noise Guidelines for the European Region, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2018.
14. Röösli M, Wunderli J M, Brink M, Cajochen C, Probst-Hensch N, « Die SiRENE-Studie », Swiss Medical Forum, 2019 ; 19 : 77-82.
15. Sakhvidi M J Z, Sakhvidi F Z, Mehrparvar A H, Foraster M, Dadvand P, « Association Between Noise Exposure and Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis », Environmental Research, 2018 ; 166 : 647-657.
16. Hegewald J, Schubert M, Freiberg A, et al., « Traffic Noise and Mental Health: A Systematic Review and Meta-Analysis », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020 ; 17.
17. Schubert M, Hegewald J, Freiberg A, et al., « Behavioral and Emotional Disorders and Transportation Noise among Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019 ; 16.
18. Switzerland Noise Fact Sheet 2019, 2019. Accessible en ligne : www.eea.europa.eu/themes/human/noise/noise-fact-sheets/noise-country-fact-sheets-2019/switzerland-noise-fact-sheet-2018.
19. IARC, Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields, Lyon, International Agency for Research on Cancer, 2002.
20. Zhou H, Chen G, Chen C, Yu Y, Xu Z, « Association Between Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields Occupations and Amyotrophic Lateral Sclerosis: a Meta-Analysis », PLoS One, 2012 ; 7 : e48354.
21. Vergara X, Kheifets L, Greenland S, Oksuzyan S, Cho YS, Mezei G, « Occupational Exposure to ExtremelyLlow-Frequency Magnetic Fields and Neurodegenerative Disease: a Meta-Analysis », Occupational and Environmental Medicine, 2013 ; 55 : 135-146.
22. Röösli M, Dongus D, « Mobilkommunikation und Gesundheit: Wie stark werden wir bestrahlt? » Hausarzt Praxis, 2019 ; 14(2) : 41-44.

23. Jalilian H, Eeftens M, Ziaei M, Roosli M, « Public Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in Everyday Microenvironments: An Updated Systematic Review for Europe », Environmental Research, 2019 ; 176.
24. UVEK, Bericht « Mobilfunk und Strahlung », Bern, Office fédéral de la santé publique OFSP, 2019.
25. Schuermann D, Mevissen M, « Manmade Electromagnetic Fields and Oxidative Stress-Biological Effects and Consequences for Health », International Journal of Molecular Sciences, 2021 ; 22.
26. Röösli M, Lagorio S, Schoemaker M J, Schüz J, Feychting M, « Brain and Salivary Gland Tumors and Mobile Phone Use: Evaluating the Evidence from Various Epidemiological Study Designs », Annual Review Public Health, 2019 ;40 : 221-238.
27. Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, et al., « Carcinogenicity of Radiofrequency Electromagnetic Fields », The Lancet Oncology, 2011 ; 11 : 624-626.
28. Hatch E E, Willis S K, Wesselink A K, et al., « Male cellular telephone exposure, fecundability, and semen quality: results from two preconception cohort studies », Hum Reprod, 2021 ; 36(5) : 1395-1404.
29. Schmiedchen K, Driessen S, Oftedal G, « Methodological Limitations in Experimental Studies on Symptom Development in Individuals with Idiopathic Environmental Intolerance Attributed to Electromagnetic Fields (IEI-EMF) – a Systematic Review », Environmental Health: A Global Access Science Source, 2019 ; 18 : 88.
30. Auvinen A, Feychting M, Ahlbom A, et al., « Headache, Tinnitus and Hearing Loss in the International Cohort Study of Mobile Phone Use and Health (COSMOS) in Sweden and Finland », International Journal of Epidemiology, 2019 ; 48 : 1567-1579.
31. Tettamanti G, Auvinen A, Akerstedt T, et al., « Long-Term Effect of Mobile Phone Use on Sleep Quality: Results from the Cohort Study of Mobile Phone Use and Health (COSMOS) », Environment International, 2020 : 105687.
32. Rubin G J, Das Munshi J, Wessely S, « A Systematic Review of Treatments for Electromagnetic Hypersensitivity », Psychotherapy and Psychosomatics, 2006 ; 75 : 12-18.
33. IARC, Radiation: a Review of Human Carcinogensw, Lyon, International Agency for Research on Cancer; 2012.
34. Schwarz T, « Mechanisms of UV-Induced Immunosuppression », The Keio Journal of Medicine, 2005 ; 54 : 165-171.
35. Grant W B, « Benefits of Ultraviolet-B Irradiance and Vitamin D in Youth », The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology, 2013 ; 136 : 221-223.
36. Lucas R, McMichael T, Smith W, Armstrong B, « Solar Ultraviolet Radiation: Global Burden of Disease from Solar Ultraviolet Radiation », Geneva, World Health Organization, 2006.

37. Boniol M, Autier P, Boyle P, Gandini S, « Cutaneous Melanoma Attributable to Sunbed Use: Systematic Review and Meta-Analysis », BMJ-British Medical Journal, 2012 ; 345.
38. Vienneau D, Boz S, Forlin L, et al., « Residential Radon – Comparative Analysis of Exposure Models in Switzerland », Environmental Pollution, 2021 ; 271 : 116356.
39. WHO, WHO Handbook on Indoor Radon, Geneva, World Health Organization, 2009.
40. Vienneau D, de Hoogh K, Hauri D, et al., « Effects of Radon and UV Exposure on Skin Cancer Mortality in Switzerland », Environmental Health Perspectives, 2017 ; 67009 : 1-8.
41. Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung Bundesamt für Umwelt (BAG), Bern, Office fédéral de la santé publique OFSP, 2016. Accessible en ligne : www.bag.admin.ch/bag/de/home/themen/mensch-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/strahlung-gesundheit/strahlenexposition-der-schweizer-bevoelkerung.html.
42. UNSCEAR, Radiation – Effects and Sources, Austria, Publications and Documents, 2016.
43. Spycher B D, Lupatsch J E, Zwahlen M, et al., « Background Ionizing Radiation and the Risk of Childhood Cancer: a Census-Based Nationwide Cohort Study », Environmental Health Perspectives, 2015 ; 123 : 622-628.
44. Richardson D B, Cardis E, Daniels R D, « Risk of Cancer from Occupational Exposure to Ionising Radiation: Retrospective Cohort Study of Workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS) », BMJ-British Medical Journal, 2015 ; 351 : h5359.
45. Leuraud K, Richardson D B, Cardis E, et al., « Ionising Radiation and Risk of Death from Leukaemia and Lymphoma in Radiation-Monitored Workers (INWORKS): an International Cohort Study », The Lancet Haematol, 2015 ; 2 : E276-E281.
46. Hanninen O, Knol A B, Jantunen M, et al., « Environmental Burden of Disease in Europe: Assessing Nine Risk Factors in Six Countries », Environmental Health Perspectives, 2014 ; 122 : 439-446.
47. Castro A, Gotschi T, Achermann B, et al., « Comparing the Lung Cancer Burden of Ambient Particulate Matter Using Scenarios of Air Quality Standards Versus Acceptable Risk Levels », International Journal of Public Health, 2020 ; 65 : 139-148.
48. De Nazelle A, Nieuwenhuijsen M J, Antó JM, et al., « Improving Health Through Policies that Promote Active Travel: A Review of Evidence to Support Integrated Health Impact Assessment », Environment International, 2011 ; 37 : 766-777.

27 – Pesticides et santé

Pierre Lebailly et Isabelle Baldi

Les pesticides, un monde complexe

Les pesticides sont l'ensemble des produits de synthèse ou naturels qui visent à lutter, le plus souvent en les détruisant, les organismes jugés nuisibles pour l'être humain ou ses activités. Ces produits sont de nature extrêmement variée mais il est possible d'essayer de les répertorier selon i) les organismes ciblés (les herbicides, les fongicides, les insecticides, les acaricides, les nématicides, les rodenticides, les algicides, les molluscicides, les avicides…) ; ii) leurs familles chimiques, mais il n'existe pas de classification consensuelle et internationale à ce propos ; ou encore iii) en s'appuyant sur les classifications développées par l'industrie des pesticides à usage agricole (décrivant les modes d'action sur les organismes ciblés dans l'optique de prévoir l'apparition d'éventuels phénomènes de résistance).

En s'appuyant sur les versions les plus récentes de ces classifications industrielles, on peut comptabiliser près de 300 herbicides[a], plus de 200 fongicides[b] et plus de 100 insecticides[c]. Toutes ces molécules sont ou ont été utilisées dans de nombreux pays à l'échelle mondiale. Les molécules sont ainsi regroupées en une soixantaine de grands modes d'action : i) pour les fongicides, 11 grands modes d'action et une cinquantaine de variantes ; ii) pour les herbicides, 15 grands modes d'action et une vingtaine de variantes ; et iii) pour les insecticides, une vingtaine de modes d'action et une trentaine de variantes. Certains modes d'action sont partagés par de nombreuses molécules pesticides et peuvent interroger sur l'innocuité pour l'être humain de ces molécules. Ainsi, parmi les fongicides, on peut citer la quarantaine de molécules visant la synthèse des stérols membranaires (par exemple les triazoles [groupe G1] comme le tébuconazole…), ou encore la petite vingtaine de fongicides ciblant le cytosquelette cellulaire et notamment le fuseau mitotique (par exemple les benzimidazoles [groupe B1] comme le carbendazime…), ou encore la soixantaine de fongicides ciblant différents complexes ou enzymes de la respiration cellulaire

a. HRAC 2022, www.hracglobal.com/
b. FRAC 2022, www.frac.info/
c. IRAC 2022, https://irac-online.org/

(par exemple les strobilurines [groupe C3] comme l'azoxystrobine...). Parmi les herbicides, on peut citer la soixantaine de molécules visant la synthèse d'acides aminés ou des cibles proches (comme le glyphosate [groupe G]), la vingtaine de molécules visant les hormones de croissance (par exemple les acides phénoxy-carboxyliques [groupe O] comme le 2,4D), la vingtaine de celles visant l'assemblage de microtubules (par exemple les dinitroanilines [groupe K1] comme la pendiméthaline). De même pour les insecticides, des effets chez l'homme peuvent être attendus pour les molécules ciblant l'acétylcholine-estérase (par exemple les très nombreux organophosphorés [groupe 1B] comme le chlorpyriphos) ou la trentaine d'insecticides ciblant les canaux sodium (par exemple les pyréthrinoïdes [groupe 3A] comme la cyperméthrine). Enfin, de nombreuses molécules pesticides très fréquemment utilisées ont de multiples cibles moléculaires (comme les fongicides dithiocarbamates) et les mécanismes d'action sont inconnus pour d'autres pesticides (comme l'acaricide dicofol, ou l'herbicide aminotriazole).

Exposition aux pesticides, toute la population est concernée

L'exposition environnementale ou professionnelle aux pesticides est ubiquitaire. En effet, leur utilisation peut être professionnelle (en agriculture : sur les cultures, les animaux, les bâtiments de stockage... ; dans les espaces verts, golfs, terrains de sport, voiries ; en hygiène publique contre les rongeurs, cafards et insectes vecteurs de maladie), domestique (jardinage, biocides utilisés à l'intérieur des domiciles contre les insectes et pour protéger les plantes d'intérieur, sous forme d'antiparasitaires sur les animaux ou sur l'homme), environnementale du fait de la contamination des milieux et sous forme de résidus dans l'alimentation...

Homologation des pesticides

Avant leur mise sur le marché, ces produits font l'objet, dans la plupart des pays du monde, d'une évaluation de leur toxicité. Ainsi, au sein de l'Union européenne, quatre réglementations encadrent leur mise sur le marché. La première et la plus ancienne concerne les produits phytopharmaceutiques, les pesticides à usage extérieur par les agriculteurs mais aussi par d'autres professionnels (règlement (CE) n° 1107/2009). La deuxième concerne les composés biocides dont certains comprennent des pesticides identiques ou de familles similaires aux phytopharmaceutiques, par exemple pour le

traitement du bois ou encore des aliments stockés, ou encore contre les rongeurs (règlement UE n° 528/2012), certains médicaments vétérinaires comme les antiparasitaires externes (règlement UE 2019/6) et certains médicaments humains comme les produits contre la gale, certains fongicides contre les mycoses ou encore les shampoings antipoux (règlement n° 726/2004/CE). Au total, ce sont ainsi plus de 1 000 molécules pesticides qui ont été mises sur le marché depuis la Seconde Guerre mondiale et plus de la moitié sont encore utilisés actuellement.

Pesticides, effets sur la santé

Du fait de l'exposition ubiquitaire et de la nature même de leur mode d'action, ces produits ont fait l'objet d'une attention particulière depuis plus d'un siècle, mais c'est avec l'essor de leur usage à l'échelle industrielle après la Seconde Guerre mondiale et particulièrement dans les années 1950-1960 que de premiers constats alarmants ont été faits que ce soit dans la contamination de l'environnement et même le lait humain, notamment par certains insecticides de la famille des organochlorés (tels que le DDT[1]) ou encore par des signalements d'intoxications aiguës dans les vergers en Californie chez les applicateurs d'organophosphorés, mais aussi chez les travailleurs au contact des végétaux[2]. Depuis lors, les domaines de la santé ayant fait l'objet de plus d'études et de conclusions les plus solides concernent les cancers de l'enfant, les troubles de la reproduction, les cancers de l'adulte, les effets neurologiques et la santé respiratoire de l'adulte, en lien avec des expositions professionnelles, principalement en agriculture. Les données sur les effets des pesticides sur la santé ont été récemment synthétisées dans le cadre d'expertises collectives de l'Inserm[3,4].

Issues de grossesse, développement, cancers de l'enfant et exposition aux pesticides

Les enfants peuvent être exposés aux pesticides de multiples façons mais, d'après les différentes méta-analyses réalisées et les expertises collectives Inserm de 2013[3] et 2021[4], les expositions associées de façon probante à la survenue i) de malformations congénitales[5,6] ; ii) d'altération des capacités motrices cognitives et des fonctions sensorielles[7-9] ; iii) de l'anxiété ; et iv) de cancers (leucémies aiguës[10,11] et tumeurs du système nerveux central[12-14]) sont l'exposition professionnelle maternelle pendant la grossesse (même si des liens avec l'exposition paternelle ont été récemment suggérés) et l'exposition domestique aux pesticides pendant la grossesse

et durant l'enfance lors de l'utilisation de shampoings insecticides ou dans l'environnement intérieur (antimoustiques, antiparasitaires sur les animaux domestiques…). Ces conclusions s'appuient sur plusieurs méta-analyses[10-14], réalisées à partir d'études cas-témoins, mais aussi de cohortes mère-enfants conduites dans plusieurs pays : la cohorte Chamacos[d] est la plus ancienne d'entre elles en milieu agricole et a inclus à la fin des années 1990 environ 500 femmes enceintes. Si cette cohorte et d'autres études aux États-Unis ont porté une attention spécifique à certains insecticides organophosphorés, l'exposition aux insecticides pyréthrinoïdes a également été associée plus récemment au développement cognitif de l'enfant, aux États-Unis mais aussi en France (cohorte Pélagie[e]), au Danemark (cohorte Odens[f]) ou encore en Afrique du Sud (cohorte Vhembe[g]).

Agriculture, pesticides et effets de santé

L'agriculture est le secteur professionnel utilisant les plus grandes quantités de pesticides, même si d'autres secteurs d'activité (espaces verts, industrie du bois, hygiène publique…) sont également concernés mais nettement moins étudiés. Le marché mondial de l'utilisation agricole de pesticides était de 40 milliards de dollars en 2010 et l'Europe de l'Ouest est à la première place depuis de nombreuses années (28 %). L'Union européenne a consommé environ 360 000 tonnes de pesticides agricoles annuellement sur la période 2011-2018 et 4 pays consommaient environ les deux tiers de ce tonnage (France, Espagne, Italie et Allemagne). Les fongicides comptaient pour plus de 45 % de ce tonnage, suivis par les herbicides (32 %) et enfin les insecticides. Même si la proportion de la population active travaillant en milieu agricole a diminué régulièrement au niveau mondial ces dernières décennies (de 50 % en 1980 à 40 % en 2010 et 26 % en 2019), le nombre de personnes travaillant en milieu agricole est passé de 1 milliard à 1,3 milliard entre 1980 et 2010 (FAOUN 2011). L'emploi agricole concernait en 2019 encore en Europe près de 9,2 millions de personnes. La population ayant des activités professionnelles agricoles est diverse et, en général, mal définie. Elle inclut évidemment les exploitants agricoles, les ouvriers agricoles permanents, les saisonniers réguliers ou épisodiques, mais aussi les conjoints d'agriculteurs travaillant sur les exploitations de façon permanente ou non, d'autres membres familiaux (souvent dès l'adolescence et parfois officiellement en tant qu'aide familial en début

d. https://cerch.berkeley.edu/research-programs/chamacos-study
e. www.pelagie-inserm.fr/
f. www.odenseboernekohorte.dk/, site en danois.
g. https://cerch.berkeley.edu/research-programs/vhembe-study

de carrière), ou encore des membres plus âgés de l'exploitation familiale à la retraite mais continuant d'exercer des activités professionnelles sur la ferme familiale.

Les activités professionnelles agricoles entraînent des expositions très variées du fait de la diversité des élevages et des cultures. Quels points communs peut-on réellement trouver entre un salarié travaillant dans des serres maraîchères et un éleveur de moutons en moyenne montagne, ou encore un céréalier gérant plusieurs centaines d'hectares ? Ce monde professionnel agricole, dans sa diversité, se confronte à des expositions à des agents physiques (poussières minérales, végétales, gaz d'échappements diesel, rayonnement UV...), chimiques (pesticides, biocides, solvants, désinfectants, engrais...) et biologiques (moisissures, virus...). Cependant, l'essentiel des études épidémiologiques conduites à ce jour dans les pays à forts revenus s'est intéressé à un nombre limité d'expositions et principalement à l'utilisation de pesticides tout au moins dans le domaine des cancers et des maladies neurodégénératives.

Cancers de l'adulte et exposition professionnelle aux pesticides

Après environ cinquante ans d'études épidémiologiques, il est maintenant admis que les populations agricoles des pays à forts revenus présentent des particularités en matière de risque de cancer contrastées : certains cancers sont observés en excès par rapport à la population générale alors que les taux de mortalité sont globalement inférieurs, de même que des taux de mortalité spécifiques par cancers et par maladies cardiovasculaires[15]. Ce constat s'expliquerait principalement par des spécificités concernant le mode de vie des agriculteurs : une prévalence de tabagisme moindre et un niveau d'activité physique globalement plus important, deux déterminants majeurs de nombreux cancers et de maladies cardiovasculaires.

Les cancers retrouvés plus fréquemment chez les agriculteurs sont principalement le cancer de la prostate et la plupart des cancers hématologiques. Ces cancers ont été particulièrement étudiés en lien avec l'exposition aux pesticides dans plusieurs centaines d'études épidémiologiques (très nombreuses études cas-témoins et quelques cohortes prospectives) conduites dans plusieurs pays européens, en Amérique du Nord, en Océanie et moins fréquemment en Amérique latine, en Asie et en Afrique. Pourtant, ces derniers pays connaissent depuis quelques années un usage massif de pesticides, dans des conditions d'exposition encore moins maîtrisées que dans les pays occidentaux. Ces études ont permis la réalisation de

nombreuses méta-analyses concordantes concernant l'association entre pesticides et les cancers de la prostate – aussi bien dans les usines de fabrication de pesticides[16] que chez les agriculteurs[17] –, les myélomes multiples[18] et les lymphomes non hodgkiniens[18,19]. Cependant, peu d'études épidémiologiques ont la possibilité de mesurer l'exposition à des familles ou des molécules pesticides spécifiques. En effet, la plupart des études conduites portaient sur des effectifs réduits, ne permettant pas d'explorer la diversité des molécules, et par ailleurs les méthodologies employées s'appuyaient sur des paramètres d'exposition sommaires, ne mettant pas en œuvre des outils dédiés pour estimer l'exposition : il s'agissait le plus souvent de simples questions ouvertes sur les molécules utilisées ou sur les circonstances d'expositions[19]. Ainsi, dans le meilleur des cas pour des cancers très étudiés et pour des familles chimiques de pesticides très anciennes (herbicides type 2,4D ou insecticides organochlorés type DDT), le nombre d'études en capacité de documenter un lien excédait rarement la dizaine… Ainsi, la méta-analyse portant sur le lien entre exposition aux insecticides organochlorés et cancers de la prostate[20] intégrait seulement les données de la cohorte prospective AHS et de 9 études cas-témoins et ne concernait que 5 organochlorés parmi la vingtaine ayant été utilisés dans le monde. Elle concluait à une augmentation de risque d'environ 50 % pour les expositions professionnelles au lindane. Une autre méta-analyse portait sur le lien entre lymphomes non hodgkiniens et expositions à des pesticides spécifiques (21 familles chimiques et plus de 80 matières actives rapportées). Elle n'a pu s'appuyer au maximum que sur 12 études pour la famille chimique des herbicides phénoxy (2,4D, MCPA…) et a conclu à une augmentation de 40 % du risque[21]. Quelques années après, d'autres auteurs se sont focalisés sur le lien entre ces LNH et l'exposition au 2,4D à partir de 12 études cas-témoins et d'une cohorte historique dans une usine de production de cet herbicide. Cette méta-analyse a pu conclure à une augmentation du risque de 70 % chez les professionnels les plus exposés[22].

D'autres cancers ont fait l'objet d'études moins nombreuses mais celles-ci suggèrent un lien avec l'exposition aux pesticides comme les tumeurs du système nerveux central[23], les leucémies[24], les cancers du rein[25], de la vessie[26], les mélanomes cutanés[27], les cancers de la thyroïde[28], et les sarcomes[29]. Des élévations de risque ont été observées aussi pour les cancers du sein mais quasiment uniquement dans un contexte d'exposition environnementale aux insecticides organochlorés[30,31].

Enfin, de nombreux cancers n'ont pas été ou que très peu étudiés en lien avec l'exposition professionnelle aux pesticides et n'ont donc pas fait l'objet de méta-analyses comme tous les cancers digestifs, les cancers féminins (sein, ovaires, utérus) et les cancers bronchopulmonaires.

Le tableau 1 présente pour un peu plus d'une vingtaine de localisations tumorales – dont les 20 plus fréquentes, le nombre de cas dans le monde et dans la zone Europe, l'état résumé de la littérature (existence de méta-analyses) et la conclusion des expertises collectives de l'Inserm de 2013[3] et 2021[4]. Ainsi, 13 des 20 localisations tumorales n'ont été que marginalement étudiées dans la littérature épidémiologique. Pour les 7 autres spécifiquement analysées dans le cadre des expertises collectives de l'Inserm, 2 présentent une présomption forte de lien (prostate et lymphomes non hodgkiniens) et 5 une présomption moyenne (sein, vessie, leucémies, rein et système nerveux central).

Tableau 1. Synthèse des données disponibles pour les principaux cancers de l'adulte

Localisation cancéreuse	Rang du cancer dans le monde (nombre de cas incidents estimés annuellement dans le monde et en Europe[1])	Existence et nombre de méta-analyses spécifiques à ces cancers (populations étudiées)	Conclusions expertises collectives Inserm 2013 et 2021[2]
Seins	1 (2 260 000 / 530 000)	4 (contexte d'exposition environnementale aux organochlorés)	Présomption moyenne[3]
Poumons	2 (2 210 000 / 480 000)	1 (exposition aux chlorophénols)	Pas analysée
Colorectaux	3 (1 930 000 / 520 000)	Aucune	Pas analysée
Prostate	4 (1 410 000 / 470 000)	Au moins 10 (agriculteurs, ensemble des professionnels exposés aux pesticides et sur les organochlorés)	Présomption forte[4]
Estomac	5 (1 090 000 / 130 000)	Aucune	Pas analysée

Localisation cancéreuse	Rang du cancer dans le monde (nombre de cas incidents estimés annuellement dans le monde et en Europe[1])	Existence et nombre de méta-analyses spécifiques à ces cancers (populations étudiées)	Conclusions expertises collectives Inserm 2013 et 2021[2]
Foie	6 (910 000 / 90 000)	Aucune	Pas analysée
Col de l'utérus	7 (600 000 / 60 000)	Aucune	Pas analysée
Œsophage	8 (600 000 / 50 000)	1 (usines de production de pesticides)	Pas analysée
Thyroïde	9 (590 000 / 90 000)	1 (exposition aux polluants organiques persistants)	Pas analysée
Vessie	10 (570 000 / 200 000)	1 (expositions professionnelles)	Présomption moyenne[3]
LNH	11 (540 000 / 120 000)	Au moins une quinzaine (agriculteurs, professionnels, usines de production, familles chimiques ciblées, insecticides, 2,4-D, glyphosate et pentachlorophénols)	Présomption forte[4]
Pancréas	12 (500 000 / 140 000)	Aucune	Pas analysée
Leucémies (dt LLC)	13 (470 000 / 100 000)	Au moins 5 (agriculteurs, professionnels, glyphosate)	Présomption moyenne[3]
Rein	14 (430 000 / 140 000)	Aucune	Présomption moyenne[3]
Corps de l'utérus	15 (420 000 / 130 000)	Aucune	Pas analysée
Lèvres et cavité orale	16 (380 000 / 70 000)	Aucune	Pas analysée

Localisation cancéreuse	Rang du cancer dans le monde (nombre de cas incidents estimés annuellement dans le monde et en Europe[1])	Existence et nombre de méta-analyses spécifiques à ces cancers (populations étudiées)	Conclusions expertises collectives Inserm 2013 et 2021[2]
Mélanome cutané	17 (320 000 / 150 000)	1 (expositions professionnelles)	Présomption faible[5]
Ovaire	18 (310 000 / 70 000)	Aucune	Pas analysée
SNC	19 (310 000 / 70 000)	2 (agriculteurs, gliomes)	Présomption moyenne[3]
Larynx	20 (180 000 / 40 000)	Aucune	Pas analysée
MM	21 (180 000 / 50 000)	Au moins une dizaine (agriculteurs, professionnels, glyphosate)	Présomption forte[4]
LH	26 (80 000 / 20 000)	2 (professionnels et glyphosate)	Présomption faible[5]
Testicule	27 (70 000 / 30 000)	Aucune	Présomption faible[5]
Sarcomes	Non estimé	1 (chlorophénols et phytohormones)	Présomption moyenne[3]

[1]Globocan 2020 (https://gco.iarc.fr).
[2]Expertises collectives Inserm 2013 et 2021 (www.inserm.fr/expertise-collective/pesticides-et-sante-nouvelles-donnees-2021/).
[3]Au moins une étude de bonne qualité.
[4]Au moins une méta-analyse de bonne qualité, qui montre une association statistiquement significative, ou plusieurs études de bonne qualité et d'équipes différentes qui montrent des associations statistiquement significatives.
[5]Les études ne sont pas de qualité suffisante ou sont incohérentes entre elles ou n'ont pas la puissance statistique suffisante pour permettre de conclure à l'existence d'une association.

Pesticides et maladies neurologiques

Parce que certains pesticides ont une neurotoxicité identifiée – elle est parfois le mécanisme d'action de la substance sur la cible agronomique – ou suspectée, le lien entre les expositions à ces substances et la survenue de maladies neurologiques a été l'objet de nombreuses études, à la fois épidémiologiques dans des populations particulièrement exposées, et toxicologiques explorant les mécanismes sur l'animal ou *in vitro*.

Parmi les affections neurologiques, la maladie de Parkinson a reçu à ce jour le plus d'attention[32]. En effet, la conjonction de facteurs génétiques et environnementaux – incluant les pesticides – explique le plus probablement la survenue de cette maladie, caractérisée par une perte progressive des neurones dopaminergiques, nécessaires au contrôle de la motricité. L'hypothèse du rôle des pesticides a été initialement formulée lors de la découverte de syndromes parkinsoniens provoqués par le MPTP (N-méthyl-4-phényl tétrahydropyridine), contaminant potentiel de l'héroïne, dont la structure chimique est très proche de celle de certains herbicides très utilisés[33] (paraquat et diquat). Par la suite, d'autres observations cliniques et la mise en évidence d'une fréquence plus élevée de la maladie dans des zones fortement agricoles ont stimulé le développement d'études épidémiologiques observationnelles de type cas-témoins ou de cohortes. Plus de cent études ont ainsi été menées sur cette question, et même si les résultats ne sont pas tous concordants, ils convergent globalement vers une augmentation du risque de maladie de Parkinson, pour les personnes professionnellement exposées aux pesticides. Les élévations de risque ont pu être retrouvées aussi bien avec les expositions aux herbicides qu'aux fongicides ou aux insecticides[34]. Les études ont rarement pu explorer des molécules spécifiques, mais certaines ont plus souvent été associées, comme le paraquat, la roténone, les dithiocarbamates, certains insecticides organochlorés, organophosphorés ou carbamates. En parallèle, des recherches toxicologiques apportent des éclairages sur certains mécanismes pouvant expliquer ces observations, comme le rôle probable du stress oxydant, de l'inhibition du complexe I mitochondrial et l'implication possible de certains polymorphismes génétiques.

D'autres maladies neurodégénératives ont été étudiées, en particulier la maladie d'Alzheimer[35] et la sclérose latérale amyotrophique[36]. Pour ces deux maladies, les études sont moins nombreuses, notamment en raison des difficultés à reconstituer les expositions, mais aussi du fait de la rareté de la maladie pour la sclérose latérale amyotrophique. Pourtant, des liens entre ces maladies et les expositions aux pesticides ont pu être mis en évidence dans plusieurs études. De plus, près d'une cinquantaine d'études mettent en évidence des troubles cognitifs chez les personnes exposées aux pesticides, en particulier avec les insecticides organophosphorés, inhibiteurs de l'acétylcholinestérase, un neuromédiateur dont le rôle dans les processus d'apprentissage et de mémorisation sont bien connus. Enfin, un nombre comparable d'études ont rapporté des troubles anxiodépressifs chez les personnes exposées aux pesticides, survenant au décours d'expositions aiguës parfois massives ou lors d'expositions répétées au cours

du temps. S'il n'est pas toujours facile de distinguer le rôle spécifique des pesticides de celui d'autres facteurs de risque en milieu agricole (difficultés économiques, pression temporelle, isolement social...), ces résultats interrogent aussi sur l'interférence possible des pesticides avec certains neuromédiateurs impliqués dans la régulation de l'humeur[4].

Pesticides et maladies respiratoires (hors cancer)

Historiquement, certains pesticides ont été associés à des atteintes pulmonaires lors d'intoxications aiguës accidentelles telles que la fibrose pulmonaire induite par l'intoxication au paraquat. La question d'effets chroniques à long terme sur la santé respiratoire (asthme, broncho-pneumopathie chronique obstructive, symptômes respiratoires) lors d'expositions plus modérées mais répétées a été investiguée plus récemment, mais a donné lieu aujourd'hui à plus d'une centaine de publications[37,38]. En particulier, l'*Agricultural Health Study*[h] a apporté depuis les années 2000 des éléments sur le lien entre les expositions aux pesticides et des manifestations respiratoires. Elle a notamment mis en évidence la présence de sifflements respiratoires en lien avec diverses molécules. De plus, cette même cohorte a suggéré le possible rôle des pesticides dans la survenue de la maladie du poumon de fermier et de la bronchite chronique. Chez les femmes d'agriculteurs, le lien avec la bronchite chronique a été également retrouvé, ainsi qu'une association avec l'asthme atopique, pour des pesticides assez divers. Les effets respiratoires observés s'expliquent peut-être autant par le passage systémique des substances que par un effet local. Le mécanisme des effets respiratoires n'est pas complètement élucidé, mais pourrait impliquer des neuromédiateurs (inhibition de l'acétylcholinestérase pour les organophosphorés et les carbamates, dysrégulation du système autonome...), le stress oxydant, la toxicité mitochondriale, l'immunomodulation[4]. Ces effets peuvent apparaître contradictoires par rapport aux recherches qui ont par ailleurs montré que l'exposition précoce au milieu agricole est associée à un moindre risque de certaines maladies respiratoires – et notamment d'asthme allergique[39], mais la complexité des expositions en milieu agricole peut expliquer cet apparent paradoxe[40]. En dehors des pesticides, les bactéries et composantes microbiennes diverses peuvent également jouer un rôle sur l'immunité et sur la santé respiratoire, possiblement inverse de celui des pesticides, et probablement variable en fonction des fenêtres temporelles de l'exposition et des contextes agricoles.

h. https://aghealth.nih.gov/

Conclusions et perspectives

L'impact de l'exposition professionnelle aux pesticides sur la santé humaine (cancers et développement cognitif de l'enfant, troubles de la reproduction, certains cancers de l'adulte, maladie de Parkinson, atteinte des fonctions cognitives et BPCO) ne fait guère de doute même si des maladies très fréquentes n'ont que peu été investiguées et plus particulièrement chez les agricultrices. D'autres zones d'ombre persistent sur les fenêtres d'exposition les plus critiques, les nombreux autres professionnels exposés aux pesticides, la population générale *via* les expositions domestiques, résidentielles ou alimentaires… Les efforts internationaux en termes de recherche sont importants dans plusieurs pays et grâce notamment à des agences de l'Organisation mondiale de la santé comme le Centre international de recherche sur le cancer sous la forme d'efforts de collaborations au travers de consortiums d'études cas-témoins chez l'adulte (Interlymph par exemple[i]) ou chez l'enfant (Clic par exemple[j]) ou de cohortes prospectives (Agricoh par exemple[k]) et par des recherches réellement transdisciplinaires entre l'épidémiologie, l'ergonomie, l'agronomie, l'expologie, la biologie…

Pour les cliniciens en charge de patients atteints de diverses maladies chroniques, il est important qu'ils puissent contribuer à caractériser l'exposome (un concept qui n'appartient pas exclusivement à la recherche fondamentale et qui ne consiste pas seulement en des analyses biologiques de substances) des patients en cherchant à documenter leurs parcours professionnels et résidentiels. Pour les patients issus du milieu agricole, les professionnels de santé peuvent en effet aider à retracer les parcours professionnels en termes de cultures et d'élevages, et les tâches effectuées au cours de la carrière. Ils peuvent également interroger sur les expositions environnementales des patients, qui incluent notamment l'utilisation de pesticides dans le jardin ou dans la maison sur les plantes et les animaux et éventuellement la proximité de zones traitées. Ces données sont très informatives, plus simples à relever et plus complètes que l'histoire des molécules utilisées, dont la personne ne garde généralement pas la mémoire. Elles permettent en effet d'éclairer l'état de santé des personnes et parfois l'histoire de leurs maladies. Enfin, les professionnels de santé peuvent conseiller les patients sur les possibilités de reconnaissance en maladie professionnelle et les orienter vers les structures *ad hoc* ou

i. https://epi.grants.cancer.gov/interlymph/
j. https://clic.iarc.fr/
k. https://agricoh.iarc.fr/

vers les associations de victimes des pesticides. En France, le fonds d'indemnisation des victimes des pesticides mis en place en 2020[l] doit permettre de faciliter la reconnaissance et l'indemnisation, et de permettre l'accès à la réparation de nouvelles victimes, notamment les enfants de mères exposées professionnellement au cours de la grossesse ou avant la conception.

Références bibliographiques

1. Quinby GE, Armstrong JF, Durham WF, « DDT in Human Milk », Nature, 1965 ; 207(998) : 726-8.
2. Milby TH, Ottoboni F, Mitchell HW, « Parathion Residue Poisoning among Orchard Workers », Journal of the American Medical Association, 1964 ; 189 : 351-6.
3. Inserm, Pesticides. Effets sur la santé, Paris, Inserm, Expertise collective, 2013. Accessible en ligne : www.ipubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/4820/expcol_2013_pesticides.pdf?sequence=1
4. Inserm, Pesticides et effets sur la santé. Nouvelles données, Montrouge, EDP Sciences, Expertise collective, 2021. Accessible en ligne : www.inserm.fr/wp-content/uploads/2021-07/inserm-expertisecollective-pesticides2021-rapportcomplet-0.pdf
5. Rocheleau CM, Romitti PA, Dennis LK. Pesticides and hypospadias: a meta-analysis. J Pediatr Urol 2009, 5 : 17-24
6. Romitti PA, Herring AM, Dennis LK, Wong-Gibbons DL. Meta-analysis : pesticides and orofacial clefts. Cleft Palate Craniofac J 2007, 44 : 358-365
7. Gonzalez-Alzaga B, Lacasana M, Aguilar-Garduno C, et al. A systematic review of neurodevelopmental effects of prenatal and postnatal organophosphate pesticide exposure. Toxicol Lett 2014 ; 230 : 104-21.
8. Engel SM, Bradman A, Wolff MS, et al. Prenatal organophosphorus pesticide exposure and child neurodevelopment at 24 months: an analysis of four birth cohorts. Environ Health Perspect 2016 ; 124 : 822-30.
9. Sapbamrer R, Hongsibsong S. Effects of prenatal and postnatal exposure to organophosphate pesticides on child neurodevelopment in different age groups: a systematicreview. Environ Sci Pollut Res Int 2019.
10. Turner MC, Wigle DT, Krewski D, « Residential Pesticides and Childhood Leukemia: A Systematic Review and Meta-Analysis », Environmental Health Perspectives, 2010 ; 118(1) : 33-41.
11. Van Maele-Fabry G, Gamet-Payrastre L, Lison D, « Household Exposure to Pesticides and Risk of Leukemia in Children and Adolescents: Updated Systematic Review and Meta-Analysis », International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2019 ; 222(1) : 49-67.

l. https://fonds-indemnisation-pesticides.fr/

12. Van Maele-Fabry G, Hoet P, Lison D, « Parental Occupational Exposure to Pesticides as Risk Factor for Brain Tumors in Children and Young Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis », Environment International, 2013 ; 56 : 19-31.
13. Van Maele-Fabry G, Gamet-Payrastre L, Lison D, « Residential Exposure to Pesticides as Risk Factor for Childhood and Young Adult Brain Tumors: A Systematic Review and Meta-Analysis », Environmental International, 2017 ; 106 : 69-90.
14. Feulefack J, Khan A, Forastiere F, Sergi CM, « Parental Pesticide Exposure and Childhood Brain Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis Confirming the IARC/WHO Monographs on Some Organophosphate Insecticides and Herbicides », Children, 2021 ; 8(12) : 1096.
15. Blair A, Zahm SH, Pearce NE, Heineman EF, Fraumeni JF Jr, « Clues to Cancer Etiology from Studies of Farmers », Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 1992 ; 18(4) : 209-215.
16. Van Maele-Fabry G, Libotte V, Willems J, Lison D, « Review and Meta-Analysis of Risk Estimates for Prostate Cancer in Pesticide Manufacturing Workers », Cancer Causes & Control: CCC, 2006 ; 17(4) : 353-373.
17. Lewis-Mikhael AM, Bueno-Cavanillas A, Ofir Giron T, et al., « Occupational Exposure to Pesticides and Prostate Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis », Occupational and Environmental Medicine, 2016 ; 73(2) : 134-144.
18. Merhi M, Raynal H, Cahuzac E, et al., « Occupational Exposure to Pesticides and Risk of Hematopoietic Cancers: Meta-Analysis of Case-Control Studies », Cancer Causes & Control: CCC, 2007 ; 18(10) : 1209-1226.
19. Ohlander J, Fuhrimann S, Basinas I, et al., « Impact of Occupational Pesticide Exposure Assessment Method on Risk Estimates for Prostate Cancer, Non-Hodgkin's Lymphoma and Parkinson's Disease: Results of Three Meta-Analyses », Occupational and Environmental Medicine, 2022 ; oemed-2021-108046.
20. Lewis-Mikhael AM, Olmedo-Requena R, Martínez-Ruiz V, Bueno-Cavanillas A, Jiménez-Moleón JJ, « Organochlorine Pesticides and Prostate Cancer, Is There an Association? A Meta-Analysis of Epidemiological Evidence », Cancer Causes & Control: CCC, 2015 ; 26(10) : 1375-1392.
21. Schinasi L, Leon ME. « Non-Hodgkin Lymphoma and Occupational Exposure to Agricultural Pesticide Chemical Groups and Active Ingredients: A Systematic Review and Meta-Analysis », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2014 ; 11(4) : 4449-4527.
22. Smith AM, Smith MT, La Merrill MA, Liaw J, Steinmaus C, « 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D) and Risk of Non-Hodgkin Lymphoma: A Meta-Analysis Accounting for Exposure Levels », Annals of Epidemiology, 2017 ; 27(4) : 281-289.

23. Gatto NM, Ogata P, Lytle B, « Farming, Pesticides, and Brain Cancer: A 20-Year Updated Systematic Literature Review and Meta-Analysis », Cancers, 2021 ; 13(17) : 4477.
24. Van Maele-Fabry G, Duhayon S, Lison D, « A Systematic Review of Myeloid Leukemias and Occupational Pesticide Exposure », Cancer Causes Control: CCC, 2007 ; 18(5) : 457-478.
25. Xie B, Hu Y, Liang Z, et al., « Association between Pesticide Exposure and Risk of Kidney Cancer: A Meta-Analysis », OncoTargets and Therapy, 2016 ; 9 : 3893-3900.
26. Liang Z, Wang X, Xie B, et al., « Pesticide Exposure and Risk of Bladder Cancer: A Meta-Analysis », Oncotarget, 2016 ; 7(41) : 66959-66969.
27. Stanganelli I, De Felici MB, Mandel VD, et al., « The Association between Pesticide Use and Cutaneous Melanoma: A Systematic Review and Meta-Analysis », Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology: JEADV, 2020 ; 34(4) : 691-708.
28. Han MA, Kim JH, Song AS, « Persistent Organic Pollutants, Pesticides, and the Risk of Thyroid Cancer: Systematic Review and Meta-Analysis », European Journal of Cancer Prevention: The Official Journal of the European Cancer Prevention Organisation (ECP), 2019 ; 28(4) : 344-349.
29. Edwards D, Voronina A, Attwood K, Grand'Maison A, « Association between Occupational Exposures and Sarcoma Incidence and Mortality: Systematic Review and Meta-Analysis », Systematic Reviews, 2021 ; 10(1) : 231.
30. López-Cervantes M, Torres-Sánchez L, Tobías A, López-Carrillo L, « Dichlorodiphenyldichloroethane Burden and Breast Cancer Risk: A Meta-Analysis of the Epidemiologic Evidence », Environmental Health Perspectives, 2004 ; 112(2) : 207-214.
31. Park JH, Cha ES, Ko Y, et al., « Exposure to Dichlorodiphenyltrichloroethane and the Risk of Breast Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis », Osong Public Health and Research Perspectives, 2014 ; 5(2) : 77-84.
32. Gunnarsson LG, Bodin L, « Occupational Exposures and Neurodegenerative Diseases-A Systematic Literature Review and Meta-Analyses », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019 ; 16(3) : 337.
33. Mandel JS, Adami HO, Cole P, « Paraquat and Parkinson's Disease: An Overview of the Epidemiology and a Review of Two Recent Studies », Regulatory Toxicology and Pharmacology: RTP, 2012 ; 62(2) : 385-392.
34. Van der Mark M, Brouwer M, Kromhout H, et al., « Is Pesticide Use Related to Parkinson Disease? Some Clues to Heterogeneity in Study Results », Environmental Health Perspectives, 2012 ; 120(3) : 340-7.
35. Yan D, Zhang Y, Liu L, Yan H, « Pesticide Exposure and Risk of Alzheimer's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis », Scientific Reports, 2016 ; 6 : 32222.

36. Gunnarsson LG, Bodin L, « Amyotrophic Lateral Sclerosis and Occupational Exposures: A Systematic Literature Review and Meta-Analyses », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018 ; 15(11) : 2371.
37. American Thoracic Society, « Respiratory Health Hazards in Agriculture », American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 1998 ; 158 : S1-S76.
38. Pourhassan B, Meysamie A, Alizadeh S, Habibian A, Beigzadeh Z, « Risk of Obstructive Pulmonary Diseases and Occupational Exposure to Pesticides: A Systematic Review and Meta-Analysis », Public Health, 2019 ; 174 : 31-41.
39. Von Mutius E, « Allergies, Infections and the Hygiene Hypothesis-the Epidemiological Evidence », Immunobiology, 2007 ; 212(6) : 433-439.
40. Genuneit J, « Exposure to Farming Environments in Childhood and Asthma and Wheeze in Rural Populations: A Systematic Review with Meta-Analysis », Pediatric Allergy and Immunology: Official Publication of the European Society of Pediatric Allergy and Immunology, 2012 ; 23(6) : 509-518.

28 – De l'usine à la cuisine, l'environnement empoisonné. Le saturnisme en longue durée

Judith Rainhorn

Le 15 avril 2019, le spectaculaire incendie accidentel qui a ravagé la cathédrale Notre-Dame de Paris a donné une brusque et éphémère visibilité au risque d'intoxication environnementale par le plomb : la fournaise a transformé les 460 tonnes de plomb de la flèche et du toit de l'édifice en aérosols chargés de particules d'oxyde de plomb qui se sont déposées au cœur de la capitale française. La déploration patrimoniale a d'abord occulté le silence des autorités publiques face au risque environnemental, jusqu'à ce que les alertes venues d'associations environnementales contraignent les pouvoirs publics (Préfecture de police, ministères de la Santé et de l'Environnement, Agence régionale de Santé (ARS), Mairie de Paris) à sortir de l'inertie pour enclencher un processus erratique d'intervention intermittente et de maintien de l'ignorance publique, dont la nature et les contours résonnent puissamment avec l'histoire séculaire du plomb comme toxique environnemental[1]. Le recours à l'histoire met en lumière combien celui-ci, de l'usine (la sphère professionnelle) à la cuisine (la sphère domestique), a bénéficié d'un accommodement collectif précoce et d'une imperceptibilité durable qui en ont fait un poison pérenne pour la santé humaine en longue durée.

L'identification du poison n'a en effet pas entravé la multiplication des usages du plomb, faisant peser un risque durable d'empoisonnement sur les ouvriers qui le manipulent, comme sur la population générale : cette contradiction historique flagrante peut se traduire par l'expression oxymorique de « poison légal[2] » : elle confronte les savoirs scientifiques et médicaux disponibles au sujet de la toxicité du produit, d'une part, et la réalité du maintien de ce dernier dans ses usages domestiques et industriels, d'autre part. Dans une perspective tracée par la sociologie de la définition des problèmes de santé publique[3,4], l'histoire de ce processus d'invisibilisation permet de comprendre l'imbrication complexe des phases d'opacité et de dévoilement des savoirs, d'amnésie et de résurgence des mobilisations contre la toxicité du plomb.

La sphère du travail, un environnement pollué

Aisément disponible et d'utilisation facile et fréquente depuis l'Antiquité, le matériau plomb a peu à peu envahi l'artisanat et l'industrie depuis la fin du XVIIIe siècle, a subi des procédés d'industrialisation et est venu se loger sous diverses formes et composés dans tous les espaces du quotidien : la peinture des bâtiments, des voitures et des meubles, la fabrication des tuyauteries et des réseaux d'adduction d'eau, celle des batteries électriques, la porcelaine et les émaux pour métaux et céramiques, les cosmétiques, les papiers peints et les jouets, jusqu'aux carburants automobiles dans lesquels le plomb tétraéthyle a été ajouté comme antidétonant dans les années 1920[5], ou encore, depuis la fin du XXe siècle, aux composants électroniques de nombreux objets de notre existence connectée. En deux siècles, le plomb est devenu omniprésent dans les espaces industrialisés de la planète et leurs périphéries. Reconnu comme carcinogène et reprotoxique dans la plupart des classifications internationales, le plomb contamine aujourd'hui un enfant sur trois dans le monde[6].

La croissance exponentielle des usages du plomb dans l'artisanat et l'industrie ne s'est pourtant pas faite sans que l'on observe les dégâts sanitaires dont il est responsable. Dès le XVIIe siècle, on établit un lien étiologique entre le travail dans les mines de plomb ou dans les ateliers qui l'utilisent et les affections dont souffrent les ouvriers et artisans[7,8]. Au XIXe siècle, les savoirs toxicologiques et physiologiques progressivement élaborés, quoique dispersés et portant sur des occurrences diverses de l'utilisation du toxique, se sont essentiellement focalisés sur la principale source de contamination par un composé de plomb dans le cadre professionnel : les usines de céruse (blanc de plomb) et les chantiers de peinture en bâtiment ont concentré l'attention des acteurs, sous le coup de l'urbanisation européenne galopante qui a engendré la production et l'utilisation massive de pigments de plomb pour couvrir les murs intérieurs et extérieurs des immeubles urbains. Les qualités techniques de la peinture au plomb assurent son succès : aisance d'application, opacité et luminosité du blanc, bonne siccativité, résistance aux intempéries sont vantées, malgré sa nocivité reconnue pour ceux qui la fabriquent (ouvriers cérusiers), ceux qui l'appliquent (peintres en bâtiment) et ceux qui la fréquentent quotidiennement (marins de la marine marchande et militaire). Sur terre ou sur mer, le blanc de plomb devient au XIXe siècle, dans la littérature savante comme dans l'opinion publique, emblématique des poisons chimiques et des dégâts sanitaires de la modernité, recouvrant durablement les autres occurrences du plomb également dangereuses.

L'épidémie qui en est la conséquence a attiré l'attention de certains médecins, chimistes, industriels et, dans une certaine mesure, des pouvoirs publics, contribuant à faire émerger le saturnisme en pathologie du travail la plus unanimement identifiée dès le XIXe siècle. Inhalé ou ingéré sous forme de fumée et de poussière, l'exposition importante au plomb est tenue pour responsable de symptômes amplement décrits (douleurs abdominales intenses, constipation aiguë, néphrites, paralysies des muscles extenseurs des membres supérieurs et inférieurs, atteintes du système nerveux central, encéphalopathies, etc.) et progressivement érigés en pathologie autonome. Faisant la synthèse de travaux antérieurs et dispersés, le médecin français Louis Tanquerel des Planches élabore la première somme de savoirs toxicologiques et cliniques sur l'intoxication par le plomb, rapidement traduite en allemand et en anglais, imposant le saturnisme et ses symptômes comme catégorie nosographique autonome[9]. L'année suivante, l'Anglais Henry Burton identifie le liseré gingival comme signe pathognomonique de la maladie. Dans la seconde moitié du XIXe siècle, une accumulation de thèses de médecine et d'études toxicologiques portent sur divers composés du métal dans des usages variés, en particulier dans la sphère professionnelle, et les *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, la grande revue hygiéniste qui fait autorité dans toute l'Europe, exposent régulièrement la dangerosité des procédés industriels qui mènent à l'hôpital des cohortes d'ouvriers saturnins. En 1896, l'enquête du gynécologue Justin Balland dans plusieurs ateliers typographiques parisiens met en évidence la transmission materno-fœtale de l'intoxication saturnine : chez les femmes qui travaillent à la composition des journaux et des livres avec des lettrines de plomb, moins de 20 % des grossesses débouchent sur une naissance vivante et la majorité des enfants nés vivants décède dans les premières semaines de vie ou demeure de faible constitution[10]. Paradoxalement, cette identification étiologique ne contribue que partiellement à remettre en cause l'industrie des composés de plomb : partout, on crie au génie de la chimie et au progrès des industries nouvelles, et les tentatives de mobilisation contre le poison sont réduites à des espaces discrets, largement couverts par l'atmosphère enthousiasmante du culte du progrès technique.

Les paradoxes de l'invisibilité

Au milieu du XIXe siècle (1845), la mise au point d'un substitut inoffensif, le blanc de zinc, aurait pu sonner le glas du « blanc poison » sur le marché de la peinture. Un arrêté ministériel de 1849 prescrit ainsi aux préfets

l'utilisation exclusive du blanc de zinc dans les travaux publics : sans interdire le poison, l'État favorise administrativement son substitut inoffensif, prenant en considération les savoirs accumulés sur la toxicité de la peinture au plomb. Pourtant, dans le même temps, industriels et hygiénistes s'emploient à accréditer une conception du gouvernement sanitaire par le risque : plutôt que de supprimer une production industrielle florissante quoique toxique, on choisit d'aménager sa fabrication et son usage pour tenter de diminuer sa nocivité pour la santé humaine. À coups de publications techniques partielles, de brouillage statistique et de campagnes de persuasion de l'opinion, l'industrie du plomb se maintient en dépit de sa dangerosité avérée dans un paysage où dominent l'ignorance, l'opacité et l'imperceptibilité du poison. La promotion de la « modernisation » et de l'hygiénisation du secteur par les entrepreneurs, la dérégulation du traitement administratif de l'activité industrielle, l'élaboration d'un discours commun qui sème le doute sur l'ensemble des savoirs (et des hésitations) scientifiques élaborés à propos de la dangerosité du plomb et de ses composés, la confusion des sources d'exposition professionnelle et environnementale, tous ces facteurs contribuent à un processus de fabrication de l'ignorance à propos du risque saturnin au travail[2].

Portée par un mouvement ouvrier en voie d'organisation, une campagne de dénonciation de l'usage du plomb dans la peinture parvient cependant à mettre au jour les dangers du toxique dans la sphère professionnelle et aboutit à l'interdiction en 1909 par le parlement français de l'usage du produit dans la plupart des travaux de peinture. Paradoxalement, la reconnaissance médico-légale du saturnisme professionnel au début du XXe siècle et son indemnisation au titre des maladies professionnelles (en 1919 en France, après l'Allemagne, la Suisse et l'Angleterre, puis en 1921 par la 13e convention de l'Organisation internationale du travail) ne riment pas avec la disparition du toxique de la sphère du travail : la réparation partielle de l'indemnisation des dommages prend le pas sur leur prévention[11]. D'autre part, l'usage du toxique dans la sphère du travail a fréquemment induit sa présence dans l'environnement général, sans pour autant que ces deux facettes d'une même question soient jamais considérées ensemble, interdisant toute appréhension globale des expositions et de leur prise en charge[12].

La sphère domestique, nouvel espace de contamination

La disparition de la fabrication et de l'usage de la peinture au plomb, devenus résiduels au cours du XXe siècle, ne s'explique que très partiellement

par les restrictions mises en place. Les dispositions légales et réglementaires intervenues dans les années 1930 et 1940 complètent l'arsenal existant dans la sphère professionnelle par plusieurs dispositions de prévention, en particulier à l'égard des femmes et des enfants, sans faire disparaître complètement l'emploi de la céruse dans les travaux de peinture. Pire, le développement rapide de l'application des peintures par pulvérisation au pistolet aérographe plutôt qu'au pinceau expose ceux qui l'emploient à des risques sanitaires accrus, incitant le ministère du Travail à rendre obligatoire le port d'une protection respiratoire. Les décrets de 1948, généralement reconnus en France comme un tournant en matière d'interdiction des composés de plomb dans la peinture, s'avèrent une solution en trompe-l'œil. Leur circulaire d'application précise d'ailleurs : « Les nouveaux textes n'ont rien changé à la situation antérieure [...]. Leur application ne semble, par conséquent, pas devoir soulever de difficultés[13]. » Pourtant, la date de 1948 constitue désormais en France la limite admise d'intervention publique : seuls les immeubles construits avant cette date sont considérés comme exposant potentiellement leurs habitants aux émanations et poussières de plomb, alors que des peintures à la céruse sont parfaitement susceptibles d'avoir été réalisées postérieurement, notamment par des particuliers, non concernés par l'interdiction de 1948.

De fait, le toxique s'invite de nouveau dans l'espace public au milieu des années 1980, comme un ricochet des conflits du siècle précédent : l'apparition d'une épidémie de saturnisme infantile au sein de cohortes d'enfants vivant dans des immeubles dégradés de la périphérie parisienne est une résurgence chronologique du poison, mettant en lumière l'ignorance publique et l'amnésie scientifique qui se sont sédimentées sur une question considérée comme révolue par les acteurs[14]. En 1985, à Paris, un enfant en bas âge décède, de nombreux autres sont diagnostiqués avec d'importants retards psychomoteurs et de lourdes séquelles neurologiques irréversibles. Presque tous appartiennent à des familles immigrées originaires d'Afrique subsaharienne. À l'instar des industriels de la céruse du siècle précédent qui cherchaient dans la négligence ouvrière ou la consommation d'alcool un moyen d'atténuer la responsabilité du poison, la plupart des observateurs déplacent la focale des murs dégradés de l'habitat insalubre vers de potentielles sources alternatives d'intoxication des enfants : dans une vaste entreprise de culturalisation de la pathologie saturnine, on incrimine ustensiles de cuisine traditionnels, maquillage au khôl, amulettes et « potions » que les familles feraient boire à leurs enfants, ou encore troubles du comportement alimentaire (« pica »), faisant du saturnisme infantile, à la fin des années 1980, la « maladie des

enfants de marabouts[15] ». Même lorsque le travail étiologique met en évidence le rôle des poussières de peintures dégradées ingérées par les enfants – soit que ceux-ci en détachent les écailles des murs, soit qu'ils jouent sur le sol dans un environnement chargé de poussière de céruse –, les arguments culturalistes demeurent. Familles pléthoriques, suroccupation de l'espace, humidité et manque d'aération des logements qui accéléreraient la dégradation des peintures anciennes ou encore carences dans la surveillance des enfants dans les familles élargies sont incriminés dans la survenue de l'affection, par un déplacement rhétorique qui est le reflet des discours hygiénistes accablant, au siècle précédent, la « saleté » des classes populaires. Dès les années 1990, la géographie de l'épidémie, largement cantonnée aux quartiers défavorisés de quelques grandes villes, fait pourtant éclater son caractère socio-économique. En 2000, l'essence au plomb a été interdite dans l'Union européenne, réduisant considérablement l'exposition au plomb de la population générale. Au cours des années 2000, l'apparition de cas de saturnisme infantile chez les enfants roms des bidonvilles marseillais a mis au jour le caractère environnemental de l'affection, incriminant en l'occurrence la récupération de matériaux et l'activité de ferraillage qui ont mis les victimes au contact direct de vieux métaux et de peintures de minium dégradées.

Ainsi, mettant en cause des poussières de peintures anciennes inhalées et ingérées par des enfants qui présentent des symptômes identiques à ceux des peintres en bâtiment du XIXe siècle, la clinique hospitalière a fait resurgir la question des risques environnementaux d'intoxication par le plomb dans l'espace domestique. Après l'usine, haut lieu de fréquentation du poison dans ces « abattoirs » que constituaient les fabriques de céruse et les chantiers de bâtiment jusqu'au début du XXe siècle, c'est désormais la cuisine et, plus largement, le logement (indécent) qui apparaissent comme le lieu privilégié d'imprégnation par le plomb.

Conclusion

Malgré d'importantes campagnes de prévention, 500 à 700 enfants étaient encore chaque année en France diagnostiqués comme saturnins entre 2015 et 2018, ce qui atteste que le saturnisme environnemental demeure une problématique de santé publique qui appelle la vigilance du corps médical, d'autant que beaucoup de ses symptômes sont non spécifiques, brouillant les diagnostics. À cet effet, le Haut Conseil à la santé publique a publié des guides pratiques de dépistage et de prise en charge des expositions au plomb chez l'enfant et la femme enceinte. Sur la longue durée, l'attention

collective au plomb comme toxique dessine ainsi une alternance de brefs épisodes de visibilité publique dans un paysage général d'ignorance et de déni. Des processus entrelacés d'opacification, de segmentation ou de confusion des savoirs, mais également de construction intentionnelle de l'ignorance scientifique, sont à l'œuvre pour brouiller de manière durable et intermittente les perceptions des pollutions dans le cadre professionnel comme dans l'environnement général.

Références bibliographiques

1. Rainhorn J, « Le plomb, le peintre et la flèche de Notre-Dame. Politiques de l'ignorance à propos du risque saturnin en longue durée », Revue d'anthropologie des connaissances, 2021 ; 15/4. Accessible en ligne : http://journals.openedition.org/rac/25438
2. Rainhorn J, Blanc de plomb. Histoire d'un poison légal, Paris, Presses de Sciences Po, 2019.
3. Henry E, Amiante. Un scandale improbable, sociologie d'un problème public, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2007.
4. Dourlens C, « La construction des problèmes fluides. À propos du saturnisme infantile », in Gilbert C, Henry E (éd.), Comment se construisent les problèmes de santé publique ?, Paris, La Découverte, 2009, p. 131-153.
5. Kitman JL, L'Histoire secrète du plomb. Paris : Éditions Allia, 2005 (publication originale : The Nation, 2000).
6. UNICEF/Pure Earth, The Toxic Truth: Children's Exposure to Lead Pollution Undermines a Generation of Future Potential, New York, 2020. Accessible en ligne : www.unicef.org/media/73246/file/The-toxic-truth-children%E2%80%99s-exposure-to-lead-pollution-2020.pdf (consulté le 7 septembre 2021).
7. Stockhausen S, Traité sur les émanations nocives de litharge, les maladies qu'elles provoquent et l'asthme des mineurs, Goslariae, Duncker, 1656.
8. Ramazzini B, De morbis artificuum diatriba, Modène, Antonio Capponi, 1700.
9. Tanquerel des Planches L, Traité des maladies de plomb ou saturnines, 2 vol., Paris, Ferra, 1839.
10. Balland J, Influence du saturnisme sur la marche de la grossesse, le produit de la conception et l'allaitement. Recherches cliniques, expérimentales et toxicologiques, thèse pour le doctorat de médecine, Faculté de médecine de Paris, Paris, L. Battaille et Cie, 1896.
11. Rainhorn J, « Le tableau numéro 1 sur le saturnisme, cadre princeps de la sous-reconnaissance des maladies professionnelles », in Cavalin C, Henry E, Jouzel JN, Pélisse J (éd.), Cent ans de sous-reconnaissance des maladies professionnelles Paris, Presses des Mines, 2021, p. 39-58.

12. Bécot R, Ghis Malfilatre M, Marchand A, « Introduction. Pour un décloisonnement scientifique de la santé au travail et de la santé environnementale », Sociétés contemporaines, 2021 ; (121) : 5-27.
13. Ministère du Travail, Circulaire TR 12/49 du 19 avril 1949 concernant l'application du décret du 20 décembre 1948 relatif à l'interdiction d'emploi de la céruse, du sulfate de plomb et de l'huile de lin plombifère dans les travaux de peinture en bâtiment.
14. Fassin D, « Naissance de la santé publique. Deux descriptions de saturnisme infantile à Paris (1987-1989) », Genèses, 2003 ; 53(4) : 139-153.
15. Dietrich-Ragon P, « Le paradoxe du plomb : tensions autour du saturnisme », Sociétés contemporaines, 2009 ; 75(3) : 131-153.

29 – Écotoxicologie des médicaments

Nathalie Chèvre

Introduction

« Metformine, carbamazépine, diclofénac », voici des noms de principes médicamenteux que l'on entend généralement dans les cabinets médicaux ou dans les pharmacies. Or, depuis une vingtaine d'années, les chercheurs ont mis en évidence qu'on les trouvait aussi dans les eaux des lacs et des rivières[1], et même jusqu'à l'eau de notre robinet ou de notre bouteille. Cette pollution n'est certainement pas sans conséquence sur la santé de l'environnement, voire sur la nôtre, comme le souligne un récent rapport de l'Organisation de coopération et développement[2]. Le but de ce chapitre est de faire le point sur ce que l'on sait, et également sur ce que l'on ne sait pas du devenir et des effets des substances médicamenteuses[a] dans les milieux aquatiques.

Source des médicaments et concentrations dans les eaux

Lorsque nous prenons un médicament, il est ensuite excrété dans l'urine ou dans les selles, sous forme native ou sous forme métabolisée. Rejetés dans les toilettes, le médicament et ses dérivés poursuivent ensuite leur trajet vers une station d'épuration (STEP) avec les eaux usées, cela dans un pays comme la Suisse.

La figure 1 montre des mesures de l'antibiotique ciprofloxacine à l'entrée de la STEP de Vidy à Lausanne. On observe deux pics de concentration vers 18 heures/19 heures et vers 9 heures. Ils correspondent très vraisemblablement à la prise bi-journalière de la substance suivant sa posologie usuelle.

Actuellement en Suisse, les STEP ne sont pas capables d'éliminer de nombreuses substances chimiques synthétiques comme les médicaments. La plupart d'entre elles sont donc rejetées dans les eaux de surface avec les eaux traitées.

a. Sera entendu ici par « médicament » les substances actives et non le médicament vendu qui peut, lui, contenir différentes substances actives ainsi que des adjuvants.

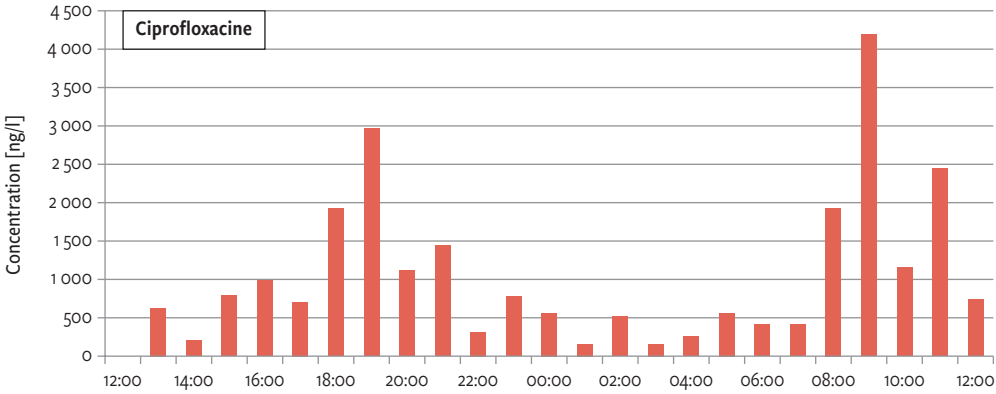


Figure 1. Concentrations de ciprofloxacine à l'entrée de la STEP de Vidy (Lausanne). Issu des travaux de Coutu *et al.*[3]

Cette situation devrait cependant s'améliorer ces prochaines années. En effet, acceptée en 2015, la révision de l'ordonnance suisse sur la protection des eaux (OEaux[4]) oblige les STEP qui collectent des volumes importants d'eau usée et celles qui rejettent leurs effluents proches ou dans des sources d'eau potable à traiter les micropolluants. Une partie non négligeable des médicaments vont donc être éliminés par ces nouveaux procédés avant leur entrée dans l'environnement. Cependant, la mise en place de ces systèmes de traitement va prendre du temps. De plus, lors de pluie, une partie des eaux usées part directement dans le milieu naturel. Enfin, le réseau des STEP concernées ne couvre pas tout le territoire. Cette pollution par les médicaments perdurera donc en partie.

Actuellement, les concentrations de nombreux médicaments dans les rivières et les lacs sont loin d'être négligeables. La metformine par exemple, un antidiabétique, a été détectée à des concentrations atteignant 930 ng/l et le diclofénac, un anti-inflammatoire, à 48 ng/l dans des rivières autour du Léman (concentrations moyennes[5]). Ces concentrations sont de l'ordre d'un millième des concentrations plasmatiques rencontrées chez les patients traités. Une des raisons pouvant expliquer cette différence, est que le compartiment aquatique, au contraire de l'organisme humain, n'a pas un système d'élimination très efficace pour ces molécules, qui sont passablement persistantes et s'accumulent inexorablement (la demi-vie de la ciprofloxacine dans les eaux de surface est de l'ordre de 100 jours, contre 3 heures dans le plasma sanguin).

Dans une certaine mesure, il est possible de prédire les concentrations de médicaments que l'on va retrouver dans les eaux. En effet, les études

de pharmacocinétique nous donnent des informations sur la demi-vie d'un médicament dans le corps, de même que sur son taux d'excrétion. Connaissant les quantités consommées dans une région, on peut donc estimer les rejets. Ce travail avait été effectué en 2010 pour la STEP de Vidy à Lausanne. Les auteurs de l'étude avaient ainsi mis en évidence que des anti-inflammatoires (ibuprofène, paracétamol, diclofénac, etc.), des produits de contraste radiologique (iohexol, ioméprol, etc.) ou encore des bêtabloquants (aténolol, propranolol, etc.) avaient de grandes probabilités de se retrouver dans les eaux. Ceux-ci sont en effet consommés en grandes quantités et excrétés principalement sous une forme inchangée.

Une des limites de cette approche reste cependant la difficulté d'accéder aux données de consommation ou de vente. La collaboration avec des médecins ou des pharmaciens est souvent la seule possibilité d'estimer ces valeurs.

Ces rejets de médicaments dans les eaux de surface y engendrent une pollution non négligeable. La figure 2 montre les tonnes de médicaments (représentant des ng/l à des µg/l) détectés dans le Léman en 2019. La metformine et son produit de métabolisation, la guanylurée, représentent les quantités les plus importantes. Leur concentration moyenne additionnée, sur la profondeur du lac et sur les saisons, atteint 0,5 µg/l. Ce qui est plus élevé que la somme des pesticides détectés dans le lac.

L'exemple de la metformine est particulièrement intéressant. En effet, pour l'instant, ce sont presque exclusivement les substances actives qui sont recherchées dans les eaux par les chimistes. Et très rarement les métabolites. Or, il serait certainement plus adéquat de tenir compte du processus de métabolisation chez l'homme, et de rechercher les substances excrétées dans les concentrations les plus élevées (métabolites ou substance mère).

Ici également, une meilleure collaboration avec les médecins et les pharmaciens pourrait aider les environnementalistes à se focaliser sur les substances les plus susceptibles de polluer le système aquatique.

Si la source urbaine, due à notre consommation de médicaments, est une importante voie de pollution de l'environnement, ce n'est pas la seule. Sur la figure 2, on peut observer que des substances analgésiques comme la prilocaïne ou la mépivacaïne sont détectées au milieu du Léman. La source de ces molécules est industrielle, comme pour le carisoprodol, un relaxant

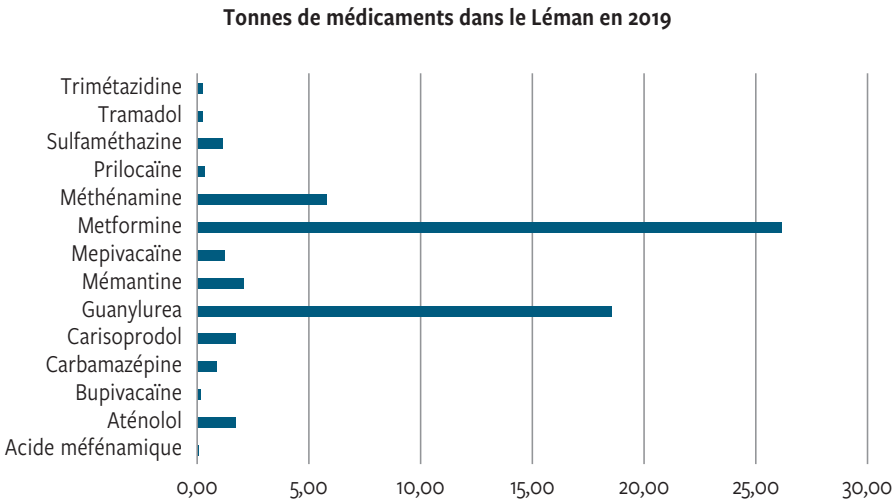


Figure 2. Tonnage de médicaments dans le Léman en 2019 (Source : Plagellat *et al.*[6])

musculaire. Ces substances sont relarguées dans les eaux lors de leur production, généralement au moment du lavage des cuves.

Une autre source de médicaments dans les eaux est leur utilisation vétérinaire. En effet, les substances données au bétail (antibiotiques, vermifuges, hormones) se retrouvent dans les purins. Répandus sur les champs, ils peuvent polluer les sols et les eaux lors des pluies. Une revue de littérature menée en 2003[7] met en évidence le manque de données sur le sujet. De nouvelles recommandations pour l'évaluation du risque environnemental des produits vétérinaires entreront en vigueur en 2022[8].

Risque pour l'environnement et la santé

Si on commence à avoir une certaine idée de la pollution des eaux par les médicaments, force est de constater qu'il existe encore extrêmement peu de données sur les effets qu'ils peuvent engendrer chez les espèces de l'environnement. Comme les rejets sont continus, cette pollution est permanente sur le très long terme. Or bien peu de tests sont effectués sur des durées correspondant au cycle de vie des organismes, voire sur plusieurs générations. Dans la plupart des cas, il n'est donc pas possible de dériver des seuils d'exposition, et donc d'estimer le risque que présentent ces substances dans l'environnement.

Ainsi, sur la centaine de substances pour lesquelles des critères de qualité des eaux sont proposés en Suisse[b], seules une vingtaine sont des médicaments.

Les découvertes sur les effets des médicaments dans les eaux se font souvent au hasard des recherches de laboratoire. Un groupe de chercheurs a ainsi montré en 2019 que les antidépresseurs comme la fluoxétine perturbaient le comportement des poissons, les rendant moins agressifs et moins actifs dans leur recherche de nourriture[9]. Il n'est cependant pas possible d'évaluer un risque pour les poissons sur cette seule base.

Depuis le milieu des années 2000, l'Agence européenne des médicaments a bien mis en place une procédure pour l'évaluation du risque environnemental des substances thérapeutiques dans les eaux. Cependant cette évaluation reste très sommaire et elle ne concerne que les molécules nouvellement mises sur le marché. Enfin, l'accès aux données correspondantes pour les scientifiques est très restrictif[10].

Certains médicaments ont cependant déjà été jugés préoccupants pour le milieu aquatique. Par exemple la carbamazépine, le diclofénac et le 17α-éthinylestradiol. Une étude germano-hollandaise a montré, sur la base de modèles, que ces trois molécules dépassaient les seuils définis comme critères de qualité des eaux dans 68 % des rivières du bassin-versant étudié, ce chiffre pouvant monter à 98 % en été lors des périodes de sécheresse[11].

Le diclofénac est en effet une substance toxique pour le foie des poissons à des concentrations que l'on peut détecter dans les eaux[12]. Le 17α-éthinylestradiol a déjà, quant à lui, un impact sur la fertilité des poissons à des concentrations de l'ordre de quelques ng/l[13].

D'autres substances pourraient, elles aussi, se montrer problématiques de par leur mode d'action. Ainsi, les antibiotiques (développement d'antibiorésistance chez les bactéries de l'environnement ?), les immunosuppresseurs, les anticancéreux (induction de mutations chez les organismes vivants ?), etc.

Dans le cas du Léman, les concentrations des substances suivies actuellement ne dépassent pas les critères de qualité définis individuellement. Se pose cependant la question des effets des mélanges de substances : synergies de médicaments entre eux, mais également avec les autres substances qui se trouvent dans les eaux – pesticides, plastifiants, retardateurs de flamme, etc.[14,15]

b. www.centreecotox.ch

Enfin, et c'est également une question ouverte à laquelle les toxicologues n'ont pour l'heure guère de réponse : quels sont à long terme les effets sur l'homme de toutes ces traces de médicaments que l'on retrouve dans l'eau que l'on boit quotidiennement ?

Résumé et perspectives

En résumé, la pollution des eaux par les médicaments est non négligeable, et le sujet va certainement gagner en importance ces prochaines années compte tenu de l'augmentation des consommations et de l'accumulation des molécules persistantes, mais probablement aussi de nouveaux effets qui restent à découvrir. En effet, nous ne suivons actuellement qu'une cinquantaine de substances thérapeutiques sur les milliers existant. Cela sans compter leurs métabolites produits par l'organisme humain et ceux qui pourraient se former dans l'environnement.

Le risque pour les écosystèmes n'est pas aigu, mais bien plutôt sur le long terme, puisque ces substances sont relarguées au quotidien dans les eaux pour former des mélanges aux interactions encore mal connues.

Malgré la mise en place de nouveaux systèmes de traitement des eaux dans les STEP dans les vingt prochaines années, cette pollution même ralentie va certainement persister. Toutes les substances ne pourront pas être complètement éliminées par les STEP et elles pourront toujours être rejetées en excès avec les eaux usées dans l'environnement par temps de pluie.

Pour mieux caractériser cette pollution, voire la réduire, une collaboration des environnementalistes avec le milieu médical est indispensable. D'une part pour mieux connaître ce qui est prescrit, mais également ce qui est excrété par le corps humain. D'autre part pour réfléchir aux meilleures manières de réduire ces rejets. Ainsi, une réflexion avec des infirmières avait été menée il y a quelques années sur l'élimination des déchets de perfusions, qui avait abouti à des propositions concrètes. Par exemple, dissuader les soignants de déverser les restes de poches de perfusion dans les toilettes ou les éviers, mais les éliminer avec les déchets solides destinés à la combustion.

Les questions de pollution environnementales sont complexes, et la meilleure manière d'y faire face passera, à mon sens, par des études et discussions interdisciplinaires.

Références bibliographiques

1. Wilkinson J L, Boxall A B A, Kolpin D W et al. Pharmaceutical pollution of the world's rivers. PNAS February 22, 2022 119 (8) e2113947119; https://doi.org/10.1073/pnas.2113947119
2. OCDE, Pharmaceutical Residues in Freshwater: Hazards and Policy Responses, OECD Studies on Water, Paris, Éditions OCDE, 2019. https://doi.org/10.1787/c936f42d-en
3. Coutu S, Wyrsch V, Wynn HK, Rossi L, Barry DA, « Temporal Dynamics of Antibiotics in Wastewater Treatment Plant Influent », Science of The Total Environment, 2013 ; 458-460:1, 20-26, ISSN 0048-9697, http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.017
4. Conseil fédéral, Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux). 814.201. État au 1er janvier 2021, 1998. https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/cc/1998/2863_2863_2863/20210101/fr/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-cc-1998-2863_2863_2863-20210101-fr-pdf-a.pdf
5. Götz C, Mettler S, Vermeissern E, Modélisation du flux de micropolluants provenant des rejets de l'épuration des eaux usées. Bassins du Léman et du Rhône aval, rapport, 2013, Envilab, Centre ecotox. www.centreecotox.ch/media/2225/2013_goetz_cipel_report.pdf
6. Plagellat C, et al., Métaux et micropolluants organiques dans les eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2020, 2021, 109-132, www.cipel.org/wp-content/uploads/catalogue/metaux-et-micropolluants.pdf
7. Boxall A B A, Fogg L A, Blackwell A, Kay P, Pemberton E J, Croxford A, « Veterinary Medicines in the Environment », Review of Environmental Contamination and Toxicology, 2004 ; 180 : 1-91. DOI: 10.1007/0-387-21729-0_1. PMID: 14561076.
8. Fabrega J, Carapeto R, « Regulatory Review of the Environmental Risk Assessment of Veterinary Medicinal Products in the European Union, with Particular Focus on the Centralised Authorisation Procedure », Environnemental Sciences Europe, 2020 ; 32. https://doi.org/10.1186/s12302-020-00374-x
9. Martin JM, Saaristo M, Tan H, Bertram M, Nagarajan-Radha V, Dowling DK, Wong BM, « Field-Realistic Antidepressant Exposure Disrupts Group Foraging Dynamics in Mosquitofish », Biology Letters 15, 2019. https://doi.org/10.1098/rsbl.2019.0615
10. Bouvier M, Durand F, Gillet R, Médicament et environnement : la régulation du médicament vis-à-vis du risque environnemental. Conseil général de l'environnement et du développement durable, rapport n° 007058-01, 2010. https://cgedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/Affaires-0006157/007058-01_rapport.pdf
11. Duarte DJ, Niebaum G, Lämmchen V, van Heijnsberger E, Oldenkamp R, Hernandez-Leal L, Schmitt H, Ragas AMJ, Klasmeier J, « Ecological Risk Assessment of Pharmaceuticals in the Transboundary Vecht River

(Germany and the Netherlands) », Environmenatl Toxicology and Chemistry, 2012, on-line.
12. Cuklev F, Kristiansson E, Fick J, Asker N, Förlin L, Larsson DGJ, « Diclofenac in Fish: Blood Plasma Levels Similar to Human Therapeutic Levels Affect Global Hepatic Gene Expression », Environmental Toxicology and Chemistry, 2011 ; 30 : 2126-2134. DOI: 10.1002/etc.599.
13. Länge R, Hutchinson TH, Croudace CP, Siegmund F, Schweinfurth H, Hampe P, Panter GH, Sumpter JP, « Effects of the Synthetic Estrogen 17 Alpha-Ethinylestradiol on the Life-Cycle of the Fathead Minnow (Pimephales Promelas) », Environmental Toxicology and Chemistry, 2001 ; 20 : 1216-1227. DOI: 10.1897/1551-5028(2001)020<1216:eotsee>2.0.co;2.
14. Gregorio V, Chèvre N, « Assessing the Risks Posed by Mixtures of Chemicals in Freshwater Environments: Case Study of Lake Geneva, Switzerland », Wires Water 1, 2014. https://doi.org/10.1002/wat2.1018
15. Perazzolo C, Morasch B, Kohn T, Magnet A, Thonney D, Chèvre N, « Prioritization, Occurrence and Fate of Pharmaceuticals and other Micropollutants in the Vidy Bay (Lake Geneva): Part I: Establishment of a Priority List for Environmental Risk Assessment », Environmental Toxicology and Chemistry, 2010 ; 29 : 1649-1657. https://doi.org/10.1002/etc.221

30 – Biodiversité et allergie : de l'hypothèse hygiéniste à l'approche exposome

Valérie Siroux et Alicia Guillien

Les maladies allergiques sont un groupe d'affections (rhinite allergique, conjonctivite allergique, asthme allergique, allergie alimentaire, dermatite atopique et anaphylaxie) caractérisées par des réponses médiées par les IgE exagérées après une exposition à un allergène. Elles se développent souvent dans l'enfance, mais peuvent apparaître à tout âge de la vie. On observe une forte variabilité géographique de la prévalence des maladies allergiques, avec une prévalence plus élevée dans les pays développés où environ 25 % de la population présente une maladie allergique. L'incidence des maladies allergiques a augmenté au cours des dernières décennies. Par exemple, la prévalence de l'asthme a doublé (voire triplé) dans les pays développés en moins de 50 ans[1,2]. Une augmentation aussi rapide de la prévalence des maladies allergiques ne peut être attribuée à des facteurs génétiques (même s'il ne fait aucun doute que des gènes sont impliqués dans le développement de ces maladies) ou aux seuls changements démographiques, et met en évidence le rôle de l'environnement, en particulier des facteurs environnementaux dont l'exposition a changé sur cette même fenêtre de temps. Cette période coïncide avec une période de profonde transformation de la société, notamment due à l'industrialisation et à l'urbanisation, qui a entraîné la modification de notre environnement et l'évolution des modes de vie (sédentarité, changement des habitudes alimentaires, changement de l'habitat, moindre exposition à des organismes tels que bactéries et virus…). Dans ce chapitre, l'hypothèse liée à la baisse de la biodiversité, qui trouve son origine dans l'hypothèse hygiéniste, est développée. Puis l'impact de l'environnement sur le développement des maladies allergiques est discuté plus largement à travers le concept de l'exposome.

De l'hypothèse hygiéniste à l'hypothèse de la biodiversité

En 1989, David Strachan observe dans une cohorte d'adultes que la prévalence du rhume des foins était inversement associée avec la taille de la famille, et encore plus avec la présence de frères ou sœurs plus âgés[3].

Sur la base de ces observations épidémiologiques, il introduit l'hypothèse hygiéniste selon laquelle la diminution des infections dans l'enfance pourrait avoir modifié le développement normal du système immunologique, en favorisant une réponse de type allergique (*via* un déséquilibre de la balance Th1/Th2). D'autres résultats épidémiologiques, en particulier des études qui ont montré le rôle protecteur sur la sensibilisation allergique de l'environnement fermier dans la petite enfance, sont venus renforcer cette hypothèse[4]. Puis d'autres théories ont permis d'étendre ce concept initial, avec en particulier l'hypothèse des « vieux amis » en 2004 et celle de la biodiversité en 2012.

Selon la théorie des « vieux amis », une diminution de l'exposition à certains micro-organismes (mycobactéries saprophytes, helminthes et lactobacilles) explique en partie l'augmentation de la prévalence de plusieurs maladies associées à une immunodysrégulation (par exemple, allergies, maladie de Crohn, diabète de type 1) *via* une diminution de l'activité des cellules T régulatrices (Treg) pouvant conduire à une diminution de la sécrétion d'IL-10 (une cytokine anti-inflammatoire clé dans la tolérance immunologique)[5].

Selon l'hypothèse de la biodiversité, la diminution du temps passé au contact de l'environnement naturel et de la biodiversité peut avoir un effet négatif sur le microbiote humain et sa capacité immunomodulatrice[6]. On distingue la biodiversité *externe*, qui est représentée par la diversité de l'environnement dans lequel on vit (sol, eaux, plantes, animaux), de la biodiversité *interne*, qui est représentée par le microbiote humain, c'est-à-dire l'ensemble des organismes microbiens qui vivent en nous (intestin, peau, voies respiratoires). Ces deux types de biodiversité communiquent puisque le microbiote est colonisé à partir de la biodiversité *externe*. Pour tester cette hypothèse, des chercheurs finlandais ont mesuré chez 118 adolescents la sensibilisation allergique (mesure des IgE à un ensemble d'allergène communs), la composition du microbiote de la peau et la biodiversité environnementale (variété des espèces de plantes dans les jardins et le type d'utilisation des sols dans un rayon de 3 km de l'habitation)[7]. Les résultats montrent que par rapport aux adolescents non allergiques, les adolescents allergiques vivaient dans des zones de biodiversité réduite et avaient une diversité générique significativement plus faible de gammaprotéobactéries sur leur peau. De plus, chez les adolescents non allergiques, l'expression de l'IL-10 était positivement corrélée à l'abondance du genre gammaprotéobactérien *Acinetobacter* sur la peau. Depuis, des études épidémiologiques qui montrent que la quantité d'espaces verts

(forêts et terres agricoles) autour des habitations est inversement associée au risque de sensibilisation allergique chez les enfants confortent cette hypothèse[8]. Néanmoins, d'autres études n'ont pas retrouvé cette association, ou seulement dans certaines régions[9], possiblement parce que la proximité aux espaces verts est une mesure d'exposition globale, qui ne prend pas en compte le type, la qualité et la quantité de l'exposition aux microbes, et que l'exposition aux espaces verts peut aussi être source d'allergènes. Enfin, des recherches suggèrent que des mécanismes de régulation épigénétiques, c'est-à-dire qui participent à l'activation des gènes sans modifier la séquence de l'ADN (par exemple, méthylation de l'ADN), peuvent être induits par l'exposition à différents organismes, et ainsi moduler la réponse immunitaire[10]. Ces études participant à élucider les mécanismes moléculaires qui sous-tendent les observations épidémiologiques étayent l'hypothèse de la biodiversité.

L'approche exposome

L'impact de la vie à la ferme sur l'allergie, et en particulier l'asthme, peut paraître controversé. En effet, si des observations épidémiologiques, comme discuté plus haut, montrent que l'exposition précoce à un environnement fermier est un facteur protecteur de l'asthme allergique[4], l'environnement de la ferme est aussi source d'exposition à divers facteurs environnementaux, tels que poussières, moisissures, pesticides et autres produits chimiques, qui ont été identifiés ou sont suspectés de favoriser les symptômes respiratoires et/ou le développement de maladies respiratoires[11]. Cela illustre que l'environnement fermier est source de multiples expositions environnementales, parfois protectrices parfois délétères, notamment selon la fenêtre d'exposition, sur les maladies allergiques et respiratoires. Par ailleurs les expositions d'un individu ne se limitent pas à l'absence ou la présence d'un environnement fermier, et de nombreux autres facteurs environnementaux et socio-comportementaux (par exemple, pollution intérieure, pollution de l'air, tabagisme, alcool, alimentation) sont à prendre en compte. Dans le cadre de maladies multifactorielles complexes, une approche globale, c'est-à-dire prenant en compte de multiples expositions environnementales, paraît donc pertinente pour évaluer précisément le rôle respectif de chaque facteur d'exposition et l'impact de leurs effets combinés.

Le concept d'exposome a été proposé pour la première fois par Christopher Wild en 2005 afin de représenter l'ensemble des expositions environnementales auxquelles un individu est exposé au cours de sa vie, y

compris durant la période prénatale[12]. Ainsi, l'approche exposome préconise une vision holistique des effets des expositions environnementales sur la santé humaine en évaluant simultanément de multiples expositions. Bien que particulièrement attrayante dans le contexte de maladies multifactorielles complexes, cette approche n'est pas sans enjeux méthodologiques, d'une part pour évaluer l'exposome et d'autre part pour évaluer les associations exposome-santé.

En termes de mesure de l'exposome, plusieurs outils et méthodes doivent être utilisés conjointement[13] : questionnaires, biomarqueurs, capteurs individuels, modèles basés sur les systèmes d'information géographiques… Idéalement, les mesures des expositions doivent être répétées sur différentes périodes de la vie (période prénatale, enfance, adolescence, âge adulte…) et différents lieux de vie (au domicile, au travail ou à l'école). Au total, de grandes bases de données sont ainsi constituées, pouvant contenir presque autant, voire plus, de variables d'expositions que d'individus, soulevant des problèmes statistiques pour les études d'association exposome-santé (c'est-à-dire faible puissance statistique) qui nécessitent de constituer des études sur un grand nombre d'individus pour pouvoir apporter des résultats statistiquement significatifs, en particulier dans le cadre d'expositions ayant un impact faible à modéré sur les paramètres de santé.

En termes d'estimation d'association exposome-santé, aucun consensus n'a été établi pour déterminer les méthodes statistiques à privilégier, mais plusieurs études de simulations (études portant sur des données créées à l'aide d'outils informatiques selon des hypothèses fixées *a priori*) ont comparé l'aptitude de différentes méthodes statistiques existantes à détecter des associations dans le contexte de l'exposome[12]. La méthode obtenant la meilleure sensibilité était la méthode *Exposome-Wide Association Study* (ExWAS), inspirée de la méthode GWAS (*Genome-Wide Association Study*) très largement utilisée en génomique. Cette méthode consiste à réaliser un modèle de régression par variable d'exposition[14] puis de corriger la p-valeur obtenue en fonction du nombre de tests d'association réalisés pour limiter le taux de faux positifs. C'est une des méthodes qui a été utilisée dans trois premières études sur l'exposome, qui portaient sur les sifflements et symptômes respiratoires[15], la fonction ventilatoire,[16], et les maladies allergiques[17]. Ces études identifiaient plusieurs expositions (exposition prénatale au tabagisme passif, proximité du trafic routier, phtalates, nombre de frères et sœurs…), mais la plupart de ces associations n'étaient plus statistiquement significatives

après correction pour les tests multiples. En présentant l'ensemble des résultats des tests d'association, y compris les associations non statistiquement significatives, l'approche ExWAS permet de pallier le biais de publication dont souffrent les études portant sur une seule (ou quelques) exposition(s), mais ne permet pas de considérer de façon combinée les expositions, donc de détecter les possibles interactions entre expositions (ou effets de mélange).

Au-delà des approches qui reposent sur des modèles de régression, les méthodes dites de *cluster* permettent une analyse intégrée de l'ensemble des variables d'exposition. Ces méthodes consistent à identifier différents groupes d'individus, caractérisés par des profils d'expositions spécifiques, puis à évaluer les associations entre ces profils d'expositions et le paramètre de santé d'intérêt. Une des premières implémentations de cette approche de *cluster* dans le contexte d'étude d'association exposome-santé respiratoire mettait en évidence un profil d'expositions associé à un niveau de fonction respiratoire faible dans une population d'asthmatiques, alors que l'analyse ExWAS ne détectait aucune association significative, suggérant ainsi l'importance de considérer simultanément les expositions[18]. Le profil d'expositions à risque était particulièrement caractérisé par un tabagisme élevé, une mauvaise alimentation, un climat humide et la proximité du domicile au trafic routier.

Conclusion

Les données de la littérature convergent pour indiquer un lien entre la biodiversité et l'allergie, et de façon plus générale avec la santé et le bien-être. Il semble donc opportun de considérer dès à présent la protection de la biodiversité comme un outil de santé publique. D'un point de vue clinique, l'évaluation approfondie de l'environnement du patient (à travers des questionnaires et outils numériques de santé validés) pourrait être renforcée en routine clinique pour à terme identifier des patients appartenant à des profils d'exposition à haut risque, donc nécessitant une surveillance rapprochée. En termes de prévention, l'approche exposome devrait aider à hiérarchiser les facteurs de risque de l'allergie et identifier les profils d'exposition particulièrement à risque, et ainsi alimenter les politiques de santé publique visant à prévenir le développement de l'allergie.

Références bibliographiques

1. Eder W, Ege MJ, von Mutius E, « The Asthma Epidemic », New England Journal of Medicine, 2006 ; 355(21) : 2226-2235.
2. Global Initiative for Asthma, Global Strategy for Asthma Management and Prevention, Bethesda (MD), National Heart, Lung, and Blood Institute, National Institutes of Health, 1995(updated 2012). NIH publication no. 95-3659. URL:www.ginasthma.org. 1995.
3. Strachan DP, « Hay Fever, Hygiene, and Household Size », British Medical Journal, 1989 ; 299(6710) : 1259-1260.
4. Ege MJ, Mayer M, Normand AC, et al., « Exposure to Environmental Microorganisms and Childhood Asthma », New England Journal of Medicine, 2011 ; 364(8) : 701-709.
5. Rook GAW, Adams V, Hunt J, Palmer R, Martinelli R, Brunet LR, « Mycobacteria and Other Environmental Organisms as Immunomodulators for Immunoregulatory Disorders », Springer Seminars in Immunopathology, 2004 ; 25(3-4) : 237-255.
6. Haahtela T, « A Biodiversity Hypothesis », Allergy, 2019 ; 74(8) : 1445-1456.
7. Hanski I, von Hertzen L, Fyhrquist N, et al., « Environmental Biodiversity, Human Microbiota, and Allergy Are Interrelated », Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2012 ; 109(21) : 8334-8339.
8. Ruokolainen L, von Hertzen L, Fyhrquist N, et al., « Green Areas around Homes Reduce Atopic Sensitization in Children », Allergy, 2015 ; 70(2) : 195-202.
9. Ruokolainen L, « Green Living Environment Protects against Allergy, Or Does It? », European Respiratory Journal, 2017 ; 49(6) : 1700481.
10. Fiuza BSD, Fonseca HF, Meirelles PM, Marques CR, da Silva TM, Figueiredo CA, « Understanding Asthma and Allergies by the Lens of Biodiversity and Epigenetic Changes », Frontiers in Immunology, 2021 ; 623737.
11. « Respiratory Health Hazards in Agriculture », American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 1998 ; 158(5 Pt 2) : S1-S76.
12. Wild CP, « Complementing the Genome With an "Exposome": the Outstanding Challenge of Environmental Exposure Measurement in Molecular Epidemiology », Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention, 2005 ; 14(8) : 1847-1850.
13. Siroux V, Agier L, Slama R, « The Exposome Concept: a Challenge and a Potential Driver for Environmental Health Research », European Respiratory Review, 2016 ; 25(140) : 124-129.
14. Patel CJ, Bhattacharya J, Butte AJ, « An Environment-Wide Association Study (EWAS) on type 2 diabetes mellitus », PLoS One, 2010 ; 5(5) : e10746.
15. North ML, Brook JR, Lee EY, et al., « The Kingston Allergy Birth Cohort: Exploring Parentally Reported Respiratory Outcomes Through the Lens

of the Exposome », Annals of Allergy, Asthma, & Immunology, 2017 ; 118(4) : 465-473.
16. Agier L, Basagaña X, Maitre L, et al., « Early-Life Exposome and Lung Function in Children in Europe: an Analysis of Data from the Longitudinal, Population-Based HELIX Cohort », The Lancet Planetary Health, 2019 ; 3(2) : e81-e92.
17. Granum B, Oftedal B, Agier L, et al., « Multiple Environmental Exposures in Early-Life and Allergy-Related Outcomes in Childhood », Environment International, 2020 ; 144 : 106038.
18. Guillien A, Lepeule J, Seyve E, et al., « Profile of Exposures and Lung Function in Adults With Asthma: an Exposome Approach in the EGEA Study », Environmental Research, 2020 ; 110422.

Partie 3 :
Cobénéfices
santé environnement

31 – Une introduction sur les cobénéfices santé-environnement[a]

Julia Gonzalez Holguera et Nicolas Senn

Le concept de cobénéfices

Malgré l'acceptation croissante du besoin de répondre aux urgences climatiques et écologiques par de profondes transformations systémiques de nos sociétés, les interventions politiques et les changements de nos modes de vie restent entravés par de nombreux freins structuraux, sociaux et financiers, ainsi que de nombreuses barrières psychologiques au changement qui caractérisent notre relation aux problèmes climatiques et environnementaux[1-3], sans mentionner les campagnes actives de désinformation menées par des groupes d'intérêt liés aux énergies fossiles notamment[4,5]. Néanmoins, les annonces qui se succèdent d'événements extrêmes liés au dérèglement du climat (incendies, sécheresses, inondations, etc.) et qui touchent également les pays occidentaux le rendent de plus en plus tangible et rappellent l'urgence de réduire drastiquement et rapidement les émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES).

De nombreuses collectivités mettent en place des stratégies climatiques, ou « plans climat », afin de définir des objectifs de réduction des émissions de GES et guider l'implémentation de mesures. L'identification et la promotion des « cobénéfices » découlant de ces politiques climatiques, c'est-à-dire des bénéfices pour la santé, l'emploi ou tout secteur socio-économique, peuvent en renforcer l'acceptabilité. En effet, les menaces découlant du dérèglement climatique sont encore perçues dans les pays occidentaux comme distantes et abstraites, dans le temps ou dans l'espace. Dès lors, il peut paraître judicieux de souligner les bienfaits directs et immédiats, notamment en termes de santé, résultant de ces politiques publiques. Par exemple, les cobénéfices pour la santé découlant de mesures visant à réduire la dépendance à la mobilité motorisée sont nombreux (voir

a. Article basé en partie sur les publications de Gonzalez Holguera J, Niwa N et Senn N, « Health and Environment Co-Benefits », *Revue médicale suisse*, 2020 ; 16(714-2) : 5-35, et Gonzalez Holguera J, Senn N, « Co-bénéfices santé-environnement et changement climatique : concepts et implication pour l'alimentation, la mobilité et le contact avec la nature en pratique clinique », *La Presse Médicale Formation*, 2021.

le chapitre 32 sur la pratique de la mobilité active). De même, il existe une marge pour promouvoir l'adoption d'une alimentation qui soit à la fois plus saine et plus durable (voir le chapitre 33 sur l'alimentation saine et durable). Les mesures visant à lutter contre la perte de la biodiversité et à renforcer la résilience des territoires en valorisant les espaces verts sont également reconnues comme pouvant être grandement bénéfiques pour la santé des populations (voir le chapitre 34 sur le contact avec la nature). Ces trois domaines sont explorés dans les chapitres qui suivent.

Faire converger des objectifs d'ordres environnementaux et socio-économiques en favorisant l'identification de potentielles synergies est nécessaire au vu de la complexité des enjeux de transition. En termes économiques, une meilleure prise en compte des cobénéfices à court ou moyen terme permettrait notamment de justifier les investissements nécessaires aux politiques environnementales. Mais les cobénéfices intersectoriels restent insuffisamment pris en compte dans la planification de politiques climatiques, notamment du fait du manque d'identification des objectifs communs entre différents secteurs, des difficultés aux collaborations intersectorielles et du manque d'intégrations horizontale et verticale des mesures prises par différentes institutions et acteurs[3,6].

Un enjeu majeur de santé publique et une mobilisation des soignant·e·s

Les impacts du dérèglement climatique sont décrits comme une menace majeure de santé publique pour le XXIe siècle[7,8]. On observe aujourd'hui une mobilisation du milieu de la santé sur ces thématiques avec, notamment, la publication annuelle du *Lancet Countdown* qui explore les liens entre santé publique et changement climatique, l'appel lancé en septembre 2021 par plus de 200 journaux médicaux en faveur d'une action urgente pour le climat[9], ou le rapport spécial de l'OMS publié en amont de la COP26 qui s'est tenue en novembre 2021 et qui exhorte à prendre en compte la question de la santé dans les négociations climatiques[10].

Dans ce contexte, de nombreux professionnel·le·s de santé se mobilisent sur les enjeux liés de durabilité et de santé et ceci à différents niveaux (voir Figure 1). Certain·e·s militent ou s'engagent politiquement afin d'alerter la population et exiger des gouvernements des conditions environnementales favorables à la santé des populations actuelles et futures[11-13].

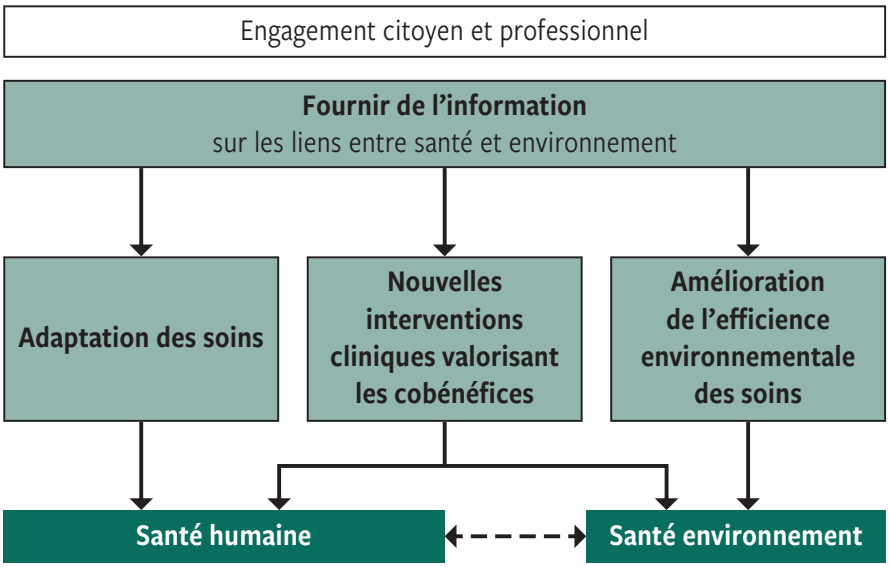


Figure 1. Modalités d'implications des professionnel·le·s de santé dans un continuum d'engagement communautaire et dans la pratique clinique[19]

Mais ces questions touchent également aux pratiques cliniques. Des études analysent et mettent en lumière les empreintes carbones et environnementales des services de santé[14,15] (voir le chapitre 39 : La science de la durabilité dans les services de santé). Leurs résultats permettent d'identifier les gros postes d'émissions. Certaines institutions et services renforcent leurs stratégies de durabilité et mettent en place des initiatives d'analyses de cycles de vie et d'éco-bilan des pratiques cliniques afin d'améliorer l'efficience environnementale des services de santé (voir le chapitre 40 : Recommandations pour l'écoconception des cabinets de médecine de famille).

Touchant plus au cœur de leurs pratiques, les professionnel·le·s de santé, de concert avec des actions de santé publique, vont devoir adapter leurs activités cliniques au changement climatique et aux dégradations environnementales. Les soignant·e·s vont par exemple devoir prendre en charge les effets sur la santé de l'accroissement des périodes de canicule, de l'augmentation des allergies respiratoires ou de l'émergence de nouvelles maladies infectieuses[16] (voir les chapitres spécifiques sur ces thématiques).

Des soignant·e·s explorent également de nouvelles interventions dans leurs pratiques en soulignant que certains changements de comportements

bénéfiques pour la santé présentent des cobénéfices pour l'environnement. La WONCA (Association mondiale de médecine générale – médecine de famille) encourage ces interventions en proposant la définition suivante pour valoriser ces cobénéfices à un niveau individuel : « Choix quotidiens et changements clés que les personnes/patients peuvent faire dans leur propre vie qui conduisent simultanément à un bénéfice pour leur propre santé et pour celle de l'environnement[17]. » Les professionnel·le·s de santé pourraient ainsi accompagner des changements sociétaux au travers de conseils et d'informations visant l'adoption de certains comportements. C'est notamment le cas d'habitudes de vie portant sur l'alimentation, les pratiques de mobilités quotidiennes et du contact avec la nature.

Des interventions cliniques dans ces domaines pourraient accompagner des politiques publiques à un niveau individuel, comme cela peut être le cas avec d'autres thèmes tels que le tabagisme ou la consommation d'alcool : des approches individuelles ciblées vont de pair avec des mesures structurelles de santé publique. Bien entendu, l'articulation entre ces interventions au niveau individuel et les interventions structurelles (législations, infrastructures, normes sociales, etc.) doit être réfléchie afin d'assurer leur efficacité. À ce jour cependant, aucune étude d'implémentation n'a exploré le type d'information, les modalités d'interaction avec les patient·e·s, l'acceptabilité et l'efficacité de ces interventions[18]. Une recherche clinique de qualité dans ce domaine, qui devra s'appuyer sur des collaborations interdisciplinaires, est donc nécessaire.

L'utilisation du concept de cobénéfice n'a pas pour objectif d'entretenir une forme de dualisme entre l'humain et l'environnement naturel, en séparant les bénéfices pour l'environnement d'un côté et ceux pour la santé de l'autre. La santé humaine est dépendante du fonctionnement du système Terre qui assure les conditions favorables à la santé et à la vie. Ainsi, les bénéfices pour l'environnement résultant de stratégies de réduction d'émissions de GES par exemple sont bien sûr bénéfiques pour la santé et il est important de souligner cet état de fait. Mais il s'agit plutôt de lier les mesures environnementales avec des effets tangibles et à court terme en santé publique en encourageant une prise en compte systémique des coûts et bénéfices de nos actions.

À noter qu'il est essentiel de souligner l'importance de conserver une rigueur terminologique dans ce que l'on considère comme « cobénéfique » en évitant les usages alibi. Il est notamment important d'éviter que ce concept ne soit pas mobilisé que pour des actions peu ambitieuses, relativement faciles à implémenter mais insuffisantes face aux changements

structuraux profonds qui sont nécessaires pour faire face aux enjeux environnementaux d'aujourd'hui.

Références bibliographiques

1. Maiella R, et al., « The Psychological Distance And Climate Change: A Systematic Review On The Mitigation And Adaptation Behaviors », Frontiers in Psychology, 2020 ; 11 : 2459.
2. Gifford R, « The Dragons of Inaction: Psychological Barriers that Limit Climate Change Mitigation and Adaptation », American Psychologist, 2011 ; 66(4) : 290-302.
3. Karlsson M, Alfredsson E, Westling N, « Climate Policy Co-Benefits: a Review », Climate Policy, 2020 ; 20(3) : 292-316.
4. Supran G, Oreskes N, « Addendum to "Assessing ExxonMobil's climate change communications (1977-2014)" Supran and Oreskes (2017 Environ. Res. Lett. 12 084019) », Environmental Research Letters, 2020 ; 15(11) : 119401.
5. Supran G, Oreskes N, « Assessing Exxonmobil's Climate Change Communications (1977-2014) », Environmental Research Letters, 2017 ; 12(8) : 084019.
6. Mayrhofer JP, Gupta J, « The Science and Politics of Co-Benefits in Climate Policy », Environmental Science & Policy, 2016 ; 57 : 22-30.
7. Watts N, et al., « The 2020 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Responding to Converging Crises », The Lancet, 2021 ; 397(10269) : 129-170.
8. Romanello M, et al., « The 2021 Report Of The Lancet Countdown On Health And Climate Change: Code Red For A Healthy Future », The Lancet, 2021 ; 398(10311) : 1619-1662.
9. Wise J, « Climate Crisis: Over 200 Health Journals Urge World Leaders to Tackle "Catastrophic Harm" », British Medical Journal, 2021 ; 374 : n2177.
10. COP26 Special Report on Climate Change and Health – The Health Argument for Climate Action. 2021, World Health Organization.
11. Stott R, Godlee F, « What Should We Do About Climate Change? Health Professionals Need To Act Now, Collectively And Individually », British Medical Journal, 2006 ; 333(7576) : 983-984.
12. Ramanathan V, Haines A, « Healthcare Professionals Must Lead On Climate Change », British Medical Journal, 2016 ; 355 : i5245.
13. Bennett H, et al., « Should Health Professionals Participate In Civil Disobedience In Response To The Climate Change Health Emergency? », The Lancet, 2020 ; 395(10220) : 304-308.
14. Tennison I, et al., « Health Care's Response to Climate Change: a Carbon Footprint Assessment of the NHS in England », Lancet Planet Health, 2021 ; 5(2) : e84-e92.

15. Eckelman MJ, Sherman JD, MacNeill AJ, « Life Cycle Environmental Emissions and Health Damages from the Canadian Healthcare System: an Economic-Environmental-Epidemiological Analysis », PLoS medicine, 2018 ; 15(7) : e1002623-e1002623.
16. Haines A, Ebi K, « The Imperative for Climate Action to Protect Health », New England Journal of Medicine, 2019 ; 380(3) : 263-273.
17. WONCA, P.H.A., Clinicians for Planetary Health Working Group, Declaration Calling for Family Doctors of the World to Act on Planetary Health, 2019.
18. Dupraz J, Burnand B, « Role of Health Professionals Regarding the Impact of Climate Change on Health-An Exploratory Review », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021 ; 18(6).
19. Holguera JG, Senn N, « Co-bénéfices santé-environnement et changement climatique : concepts et implication pour l'alimentation, la mobilité et le contact avec la nature en pratique clinique », La Presse Médicale Formation, 2021.

32 – Cobénéfices et pratique de la mobilité active

Julia Gonzalez Holguera et Nicolas Senn

Mobilité motorisée : impacts environnementaux et sur la santé

La mobilité est une source majeure d'émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le monde. Selon l'Office fédéral de la statistique, en 2017, les transports en Suisse ont été responsables de l'émission de 14,7 millions de tonnes de CO_2 (sans le trafic aérien international), ce qui correspondait à 40 % des émissions directes nationales[1]. De ces émissions, 73 % sont imputées aux voitures privées. En amont de l'utilisation, la production des véhicules et la construction des infrastructures routières nécessitent l'extraction de ressources non renouvelables, fragmentent les espaces naturels et contribuent également à l'émission de polluants atmosphériques et de GES[2].

Dans un même temps, les impacts sur la santé de la mobilité motorisée sont multiples, notamment du fait de la pollution de l'air[3-5] (par exemple, NO_2, $PM_{2,5}$, PM_{10}, O_3), du bruit (associé au développement de maladies cardiovasculaires et des impacts délétères sur le sommeil, le stress et le développement cognitif des enfants[6,7], avec environ 14 % de la population suisse exposée à un bruit routier excessif[8]) ou en contribuant à la sédentarité de la population (associée à un éventail de maladies non transmissibles qui incluent diabète de type II, maladies cardiovasculaires et respiratoires et plusieurs cancers[9,10]). L'OMS recommande en effet pour les adultes un minimum de 150 minutes d'activité physique modérée hebdomadaire[11] mais un nombre croissant de personnes n'atteignent pas cet objectif. En Suisse, l'OFS estime en 2012 que 28 % de la population est insuffisamment active ou totalement inactive et le manque de temps est couramment mis en avant pour expliquer la difficulté à s'engager dans une activité physique régulière[4,12-13]. À noter aussi que la congestion des axes routiers, l'occupation de l'espace public par des voies de circulation et les places de stationnement, les effets de coupures liées à ces infrastructures ainsi que les îlots de chaleur qu'elles renforcent dégradent les cadres de vie, réduisent les espaces verts et de rencontre et fragilisent ainsi le capital social[5].

Report modal vers les mobilités actives : cobénéfices santé-environnement

Bénéfices directs pour les utilisateurs

Les « mobilités actives » sont les modes de déplacement qui utilisent l'énergie humaine comme source d'énergie principale, et se réfèrent principalement à la marche et au vélo (mécanique ou avec assistance électrique). En combinant temps de déplacement et activité physique, par exemple en utilisant le vélo pour se rendre au travail, les mobilités actives peuvent contribuer à insérer de l'activité physique dans la routine quotidienne et ainsi apporter des bénéfices notoires en termes de santé publique. Une enquête auprès des personnes utilisant le vélo pour se rendre à leur lieu de travail en Suisse montre en effet que la quasi-totalité des utilisateurs et des utilisatrices de vélo remarquent que les déplacements permettent de combiner exercice et trajets, et ainsi d'inclure de l'activité physique dans leur routine journalière[14]. Plusieurs études ont démontré qu'une pratique régulière de mobilité active est associée à une réduction des maladies cardiovasculaires, de cancers et de mortalité de toute cause[15-17]. De nombreuses personnes interrogées mentionnent également les bénéfices psychiques qui découlent de la pratique du vélo : les trajets quotidiens sont perçus comme un moment agréable, offrant un temps de décompression et une expérience sensorielle positive de son environnement[14,18]. À noter que les bénéfices et motivations mentionnées (exercices et bénéfices psychiques) concernent également l'utilisation des vélos à assistance électrique[19,20]. Les bénéfices pour la santé de plus d'activité physique sont particulièrement prononcés pour les personnes les moins actives. Si les mobilités actives peuvent être perçues comme sûres et efficaces, ces modes peuvent permettre à la population la moins encline à faire de l'activité physique d'insérer plus d'activité dans leur quotidien, et notamment avec l'essor des vélos à assistances électriques[13].

Une perception qui entrave le développement des mobilités actives est que marcher ou pédaler dans des zones fortement congestionnées augmente l'exposition aux polluants atmosphériques et le risque d'accidents de la route. Pourtant, des études d'évaluation d'impacts sur la santé montrent que les bénéfices résultant de l'augmentation de l'activité physique liée à la pratique de la mobilité active l'emportent largement sur les impacts négatifs d'exposition à la pollution de l'air ou aux risques d'accidents[13,21]. Kriit *et al.* estiment par exemple qu'un investissement

de 100 millions d'euros entre 2018 et 2030 dans des infrastructures cyclables à Stockholm résultera annuellement en une réduction des coûts de la santé de 12,5 millions d'euros dû à une augmentation de l'activité physique, 1,2 million d'euros dû une réduction de l'exposition à la pollution pour la population générale, avec des coûts additionnels de 0,3 million dû à l'exposition accrue des nouveaux cyclistes à la pollution de l'air et 2,0 millions liés à un risque plus élevé d'accidents[21]. En considérant une durée de vie de cinquante ans pour ces infrastructures, les auteurs démontrent un bénéfice net pour ces investissements (voir également l'outil HEAT ci-dessous). De plus, l'exposition à la pollution de l'air étant très dépendante de la proximité immédiate du trafic motorisé, s'en éloigner de quelques mètres ou prendre des axes moins fréquentés est une stratégie permettant de réduire drastiquement l'exposition à la pollution de l'air. Plus généralement, des infrastructures adaptées ainsi que l'atteinte d'une masse critique peuvent diminuer significativement les risques d'accidents et l'exposition aux polluants, notamment par une séparation avec le trafic automobile, une meilleure visibilité des cyclistes et des piétons, plus d'attention de la part des automobilistes, et au bout du compte une réduction du nombre d'automobilistes[14].

Bénéfices indirects pour la communauté

Les questions de mobilité sont étroitement liées à l'aménagement du territoire et l'utilisation de l'espace public par la communauté. Les voitures individuelles ont en effet une forte emprise sur l'espace public. Heran estime par exemple qu'un déplacement en voiture nécessite 50 à 300 fois plus d'espace, dépendant des hypothèses retenues, qu'un déplacement effectué par tout autre mode[5]. Dans les centres urbains où l'espace est limité, privilégier les modes de déplacement moins gourmands en espace permettrait de favoriser les espaces verts et de rencontre, avec des bénéfices en termes de bien-être physique et psychique pour la population[18,22] tout en permettant une meilleure régulation de la température et des eaux de pluies.

Finalement, les mobilités actives coûtent significativement moins aux collectivités publiques que d'autres modes de transport. Afin de faciliter la prise en considération des impacts sur la santé des différents modes de transport dans les évaluations budgétaires et les stratégies politiques de mobilités, comme plusieurs auteurs le préconisent[3,23-24], l'OMS a développé l'outil HEAT (*Health Economic Assessment Tool*[25]) qui permet de modéliser facilement les bénéfices d'un report modal vers la marche ou le vélo.

Évidemment, la distance du déplacement, la topographie ou la condition physique conditionnent la possibilité d'un report modal sur les mobilités actives. Néanmoins, en Suisse, plus de 60 % des déplacements font moins de 5 km tous modes confondus. Cette distance est typiquement considérée comme accessible en vélo mécanique. Et les vélos à assistance électriques (VAE) rendent accessibles des déplacements jusqu'à 10-15 km (80 % des déplacements font moins de 15 km[26]).

Faciliter ce report modal : comportement individuel ou changements structuraux ?

Il est établi qu'une infrastructure cyclable sûre et continue permet de diversifier la population d'usagers et d'usagères, en termes de genre, de tranche d'âge, de compétence et de motivation. Dans les régions où les infrastructures sont suffisantes (par exemple, Copenhague, Amsterdam), le choix de l'utilisation du vélo est perçu comme un choix logique en termes de facilité, de rapidité ou de finance. Une étude réalisée à Portland distingue quatre groupes dans la population : celles et ceux qui sont confortables de rouler à vélo même en l'absence d'infarstructures cyclables (< 1 %), les personnes motivées et confiantes qui nécéssitent un minimum d'infrastructures (6 %), celles qui seraient intéressées à se deplacer à vélo si les infrastructures étaient suffisamment devellopées pour garantir leur sécurité (60 %) et celles qui n'ont aucune intention de se déplacer à vélo (33 %)[27]. Malgré les limites d'avancer ces chiffres pour d'autres régions, ces estimations démontrent néanmoins le grand réservoir de potentiels cyclistes dans le troisième groupe, si des infrastructures sont mises en place. Reconnaître le potentiel en termes de santé publique de la promotion des mobilités actives devrait encourager des investissements dans des infrastructures appropriées et ainsi en faciliter l'accès au plus grand nombre.

Implication pour la pratique clinique

Les études d'évaluation d'impacts sur la santé démontrent les bénéfices nets de la pratique de la mobilité active pour les usagers et usagères[15-16] et dans un même temps les stratégies climatiques des villes soulignent l'importance du vélo pour diminuer les émissions de CO_2 liées à la mobilité et organiser les villes plus durablement. Par exemple la ville de Lausanne (Suisse) a annoncé l'objectif d'augmenter la part modale de déplacements à vélo à 15 % pour 2030 (contre 2 % en 2015). Les professionnel·le·s de santé pourraient assister les interventions structurelles des collectivités publiques au travers d'accompagnements individuels lors de consultations ou de visites au

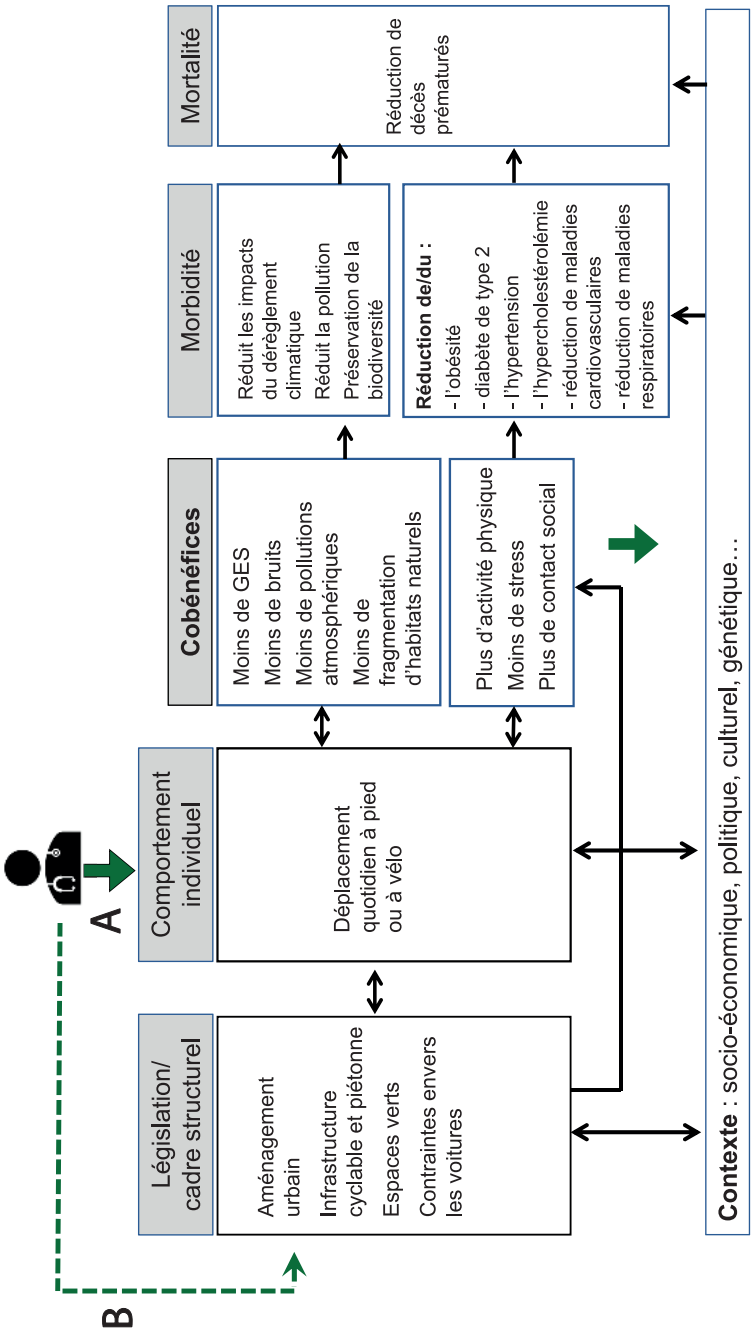


Figure 1. Exemples de cobénéfices pour la santé en l'environnement de la pratique de la mobilité active. Rôle des professionnel·le·s de santé pour influencer : A) les comportements individuels, et B) le cadre structurel. Figure inspirée de la réf. [4]

cabinet en encourageant la pratique de la mobilité active pour des déplacements quotidiens, avec des bénéfices pour l'environnement et la santé de la population (voir Figure 1)[28-29]. À ce jour cependant, aucune étude n'a exploré le type d'information qui devait être transmise aux patient·e·s, les modalités d'interaction avec les patients (par exemple, entretien motivationnel, distribution de flyers, affichage en salle d'attente). Des recommandations pratiques pour les médecins généralistes concernant l'activité physique et l'alimentation ont été élaborées par l'USPSTF en 2017 et préconisent d'aborder ces deux domaines avec les patients sans obésité et sans facteurs de risque connus (niveau de recommandation C)[30], mais la pratique de la mobilité active n'est pas mentionnée.

Références bibliographiques

1. Office fédéral de la statistique, Confédération suisse. 8 octobre 2020, accessible sur : www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/mobilite-transports/accidents-impact-environnement/impact-environnement.html#-1371462205.
2. Spielmann M, Althaus HJ, « Can a Prolonged Use of a Passenger Car Reduce Environmental Burdens? Life Cycle Analysis of Swiss Passenger Cars », Journal of Cleaner Production, 2007 ; 15(11) : 1122-1134.
3. Khreis H, et al., « The Health Impacts of Traffic-Related Exposures in Urban Areas: Understanding Real Effects, Underlying Driving Forces and Co-Producing Future Directions », Journal of Transport & Health, 2016 ; 3(3) : 249-267.
4. Mark J, Nieuwenhuijsen HK, Verlinghieri E, Rojas-Rueda D, « Transport and Health: a Marriage of Convenience or an Absolute Necessity », Environment International, 2016 ; 88 : 150-152.
5. Héran F, « Vers des politiques de déplacements urbains plus cohérentes », Norois, 2017 ; 245(4) : 89-100.
6. Héritier H, et al., « A Systematic Analysis of Mutual Effects of Transportation Noise and Air Pollution Exposure on Myocardial Infarction Mortality: a Nationwide Cohort Study in Switzerland », European Heart Journal, 2018 ; 40(7) : 598-603.
7. Rossi IA, et al., « Estimating the Health Benefits Associated With a Speed Limit Reduction to Thirty Kilometres Per Hour: a Health Impact Assessment of Noise and Road Traffic Crashes for the Swiss city of Lausanne », Environment international, 2020 ; 145 : 106126.
8. Office fédéral de l'environnement OFEV 2020, Mesures contre le bruit de la circulation routière, 29 septembre 2021, accessible sur : www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/bruit/info-specialistes/mesures-contre-le-bruit/mesures-contre-le-bruit-de-la-circulation-routiere.html.

9. Biswas A, et al., « Sedentary Time and Its Association with Risk for Disease Incidence, Mortality, and Hospitalization in Adults: a Systematic Review and Meta-Analysis », Annals of Internal Medicine, 2015 ; 162(2) : 123-132.
10. Sugiyama T, et al., « Car Use And Cardiovascular Disease Risk: Systematic Review and Implications for Transport Research », Journal of Transport & Health, 2020 ; 19 : 100930.
11. World Health Organisation, Global Recommendation for Physical Activity For Health, 2010.
12. Pistoll C, Furler J, « Transport on Prescription: How Can Gps Contribute to the Promotion of Active Transport? », Australian Family Physician, 2017 ; 46 : 783-788.
13. Götschi T, Garrard J, Giles-Corti B, « Cycling as a Part of Daily Life: a Review of Health Perspectives », Transport Reviews, 2016 ; 36(1) : 45-71.
14. Rérat P, « Cycling to Work: Meanings and Experiences of a Sustainable Practice », Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2019 ; 123 : 91-104.
15. Hamer M, Chida Y, « Active Commuting and Cardiovascular Risk: a Meta-Analytic Review » Preventive Medicine, 2008 ; 46(1) : 9-13.
16. Berger AT, Qian XL, Pereira MA, « Associations Between Bicycling for Transportation and Cardiometabolic Risk Factors Among Minneapolis-Saint Paul Area Commuters: A Cross-Sectional Study in Working-Age Adults », American Journal of Health Promotion, 2018 ; 32(3) : 631-637.
17. Celis-Morales CA, et al., « Association Between Active Commuting and Incident Cardiovascular Disease, Cancer, and Mortality: Prospective Cohort Study », British Medical Journal, 2017 ; 357 : j1456.
18. Krizek KJ, « Measuring the Wind Through Your Hair? Unravelling the Positve Utility of Bicycle Travel », Research in Transportation Business & Management, 2018 ; 29 : 71-76.
19. Höchsmann C, et al., « Effect of E-Bike Versus Bike Commuting on Cardiorespiratory Fitness in Overweight Adults: A 4-Week Randomized Pilot Study », Clinical Journal of Sport Medicine, 2018 ; 28(3).
20. Rérat P, « The Rise of the E-Bike: Towards an Extension of the Practice of Cycling? », Mobilities, 2021 ; 16(3) : 423-439.
21. Kriit HK, et al., « Health Economic Assessment of a Scenario to Promote Bicycling as Active Transport in Stockholm, Sweden », BMJ Open, 2019 ; 9(9) : e030466.
22. Nieuwenhuijsen MJ, Khreis H, « Car Free Cities: Pathway to Healthy Urban Living », Environment International, 2016 ; 94 : 251-262.
23. Brown V, et al., « A Systematic Review of Economic Analyses of Active Transport Interventions that Include Physical Activity Benefits », Transport Policy, 2016 ; 45 : 190-208.
24. Mulley C, et al., « Valuing Active Travel: Including the Health Benefits of Sustainable Transport in Transportation Appraisal Frameworks », Research in Transportation Business & Management, 2013 ; 7 : 27-34.

25. Health Economic Assessment Tools (HEAT) for Walking and for Cycling – Economic Assessment for Transport Infrastructure and Policies. Methodology And User Guide, 2014 update. World Health Organization – Europe.
26. Rerat P, Giacomel G, Martin A, Au travail à vélo… La pratique utilitaire de la bicyclette en Suisse, Éditions Alphil-Presses universitaires suisses, 2019.
27. Dill J, McNeil N, « Four Types of Cyclists?: Examination of Typology for Better Understanding of Bicycling Behavior and Potential », Transportation Research Record, 2013 ; 2387(1) : 129-138.
28. Yang L, et al., « Interventions to Promote Cycling: Systematic Review », British Medical Journal, 2010 ; 341 : c5293.
29. Vuori I, « Promoting Cycling: a Review of Interventions », Clinical Journal of Sport Medicine, 2011 ; 21(6) : 542-544.
30. Patnode CD, et al., « Behavioral Counseling to Promote a Healthful Diet and Physical Activity for Cardiovascular Disease Prevention in Adults Without Known Cardiovascular Disease Risk Factors: Updated Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force », Journal of the American Medical Association, 2017 ; 318(2) : 175-193.

33 – Cobénéfices : une alimentation saine et durable

Julia Gonzalez Holguera et Nicolas Senn

Impacts environnementaux de la production alimentaire

La production alimentaire est une source majeure de dégradations environnementales autour du monde et contribue au dépassement de plusieurs des limites planétaires[1-2]. Par exemple, on estime que l'agriculture et l'élevage sont en effet responsables de 20-30 % des émissions globales de gaz à effet de serre (GES)[3-5]. Ces émissions sont composées principalement d'émissions de protoxyde d'azote (N_2O) dues aux épandages d'engrais et des effluents d'élevage, et des émissions de méthane (CH_4) dues à la fermentation entérique des ruminants. La conversion d'habitats naturels en terres agricoles est la cause majeure de déforestation, de fragmentation d'habitats naturels et de perte de biodiversité autour du monde. Ces pratiques menacent de plus les puits de carbone naturels et contribuent d'autant aux émissions de GES. L'apport massif d'engrais de synthèse et de fumiers conduit à des excédents d'azote et de phosphore dans les lacs ou les zones côtières, qui résultent en une prolifération d'algues et de plantes qui en se décomposant asphyxient ces milieux (eutrophisation). L'utilisation de pesticides contribue au déclin de la biodiversité[6] et à la pollution des sols et des réserves d'eau.

La production d'aliments d'origines animales est généralement plus intensive en ressources utilisées et plus émettrice en GES que les produits d'origines végétales[2]. Par exemple, les légumineuses, les œufs, les produits laitiers, la volaille et la viande de ruminants ont des empreintes moyennes de 0,3, 6,8, 9,1, 10,0 et 62,3 g CO_2 g^{-1} de protéines[2]. À noter toutefois que les pratiques agricoles et le transport influencent également l'empreinte carbone effective des aliments.

Les tendances globales montrent que les régimes évoluent vers une consommation de produits plus carbonés, avec notamment une large augmentation de la consommation de produits d'origines animales[1,4,6,7]. En se basant sur une augmentation projetée de la population mondiale d'environ 30 % (8,5-10 milliards en 2050), et une évolution des régimes qui suit l'évolution projetée du niveau de vie, d'ici à 2050 les émissions de GES liées à l'alimentation pourraient augmenter de 80-90 %, les surfaces

agricoles de 67 %, l'utilisation d'eau potable de 65 % et l'application de phosphore et d'azote par 54 et 51 % respectivement[2,4].

Si la production alimentaire a un impact majeur sur l'environnement, la FAO estime pourtant que 20 à 30 % des aliments produits sont gaspillés ou perdus au cours de la chaîne d'approvisionnement ou par les consommateurs[8]. La nourriture produite mais non consommée utilise ainsi près de 30 % des terricoles agricoles mondiales, avec une empreinte carbone estimée autour de 4 gigatonnes de CO_2-eq par année[9].

Régimes alimentaires et impacts sur la santé

Globalement, les problèmes de malnutrition sont répartis dans un paradoxe entre sous-nutrition et obésité. D'un côté le déficit en nourriture touche environ 820 millions de personnes et 2 milliards d'individus souffrent de déficits en micronutriments[1]. De l'autre, plus de 2 milliards de personnes souffrent de surpoids et d'obésité liés à des régimes qui deviennent trop riches en calories, en sucres raffinés, en viande et en graisses d'origine animale ou hydrogénées[1]. Cela s'accompagne d'un accroissement de la prévalence des maladies chroniques. On estime par exemple que le diabète a doublé en trente ans et affecte plus de 10 % de la population occidentale, l'hypertension en affecte 33 % et l'hypercholestérolémie 25 %[10]. Des régimes mal équilibrés, apportant trop de calories, ou contenant insuffisamment de fruits, de légumes, de légumineuses, de céréales complètes, de noix et de graines, d'acides gras insaturés, de calcium et de fibre, ainsi que des apports trop élevés en viande rouge, viande transformée, boisson sucrée, graisses hydrogénées et en sodium sont les facteurs de risque les plus importants pour les maladies non communicables liées à l'alimentation. Les risques liés à une alimentation déséquilibrée sont ainsi responsables de 11 millions de morts et de 255 millions de DALY annuellement (estimation pour 2017)[11].

Cobénéfices d'une évolution durable des régimes et modes de production

Un régime à la fois durable et sain

Les régimes doivent donc évoluer au niveau mondial aussi bien pour la santé des populations que pour assurer la durabilité du système de production alimentaire. La commission EAT-Lancet s'est donc penchée sur le dilemme de nourrir la population mondiale avec une alimentation à la fois

saine et durable[1]. Elle propose un régime qui se compose principalement de fruits et de légumes, de céréales complètes, de légumineuses, de noix et de corps gras ajoutés, en particulier des huiles insaturées. Le poisson et les fruits de mer ainsi que la volaille sont envisagés en très petites quantités, et les légumes féculents tels que les pommes de terre et le manioc, les produits laitiers, la viande rouge, le sucre et les graisses saturées doivent jouer un rôle subordonné dans le régime alimentaire. D'un point de vue environnemental, les auteurs se basent sur l'important poids des produits d'origines animales, en particulier la viande rouge et les produits laitiers, sur tous les indicateurs environnementaux et notamment des émissions de GES. En termes de santé, ils relèvent l'importance d'augmenter la consommation de céréales complètes, de fruits, de légumes, de noix, de graines et de légumineuses et de réduire la consommation de viande rouge et de viande transformée. Les auteurs notent également l'importance d'avoir un apport énergétique et un poids équilibré, ce dans quoi les enjeux de durabilité et de santé peuvent se rejoindre. En effet, une fois les besoins nutritionnels couverts, questionner le besoin de consommer plus offre une piste supplémentaire pour diminuer son empreinte environnementale. Le tableau 1 illustre les quantités quotidiennes moyennes des différents aliments pour une assiette saine et durable selon le rapport de la commission EAT-Lancet. Les apports nutritionnels du régime préconisé par la commission EAT-Lancet couvrent les besoins en nutriments et micronutriments. Relativement à une diète moyenne, ce régime augmente la consommation d'acides gras mono- et polyinsaturés et diminue la consommation d'acides gras saturés. Les auteurs suggèrent néanmoins qu'une supplémentation en vitamine B12 peut être nécessaire, en particulier quand les fourchettes basses des apports suggérés en produits d'origines animales sont privilégiées.

Tableau 1. Régime alimentaire de référence sain et durable, avec les fourchettes possibles, pour un apport de 2 500 kcal/jour. Adapté de la commission EAT-Lancet, 2019

	Apport journalier en macronutriment **g** (fourchette possible)	**Apport calorique journalier** **kcal**
Céréales complètes	**232**	**811**
Légumes riches en amidon	**50** (0-100)	**39**
Légumes	**300** (200-600)	**78**
Fruits	**200** (100-300)	**126**
Lait entier (ou équivalents dérivés)	**250** (0-500)	**153**
Sources de protéines		
Bœuf, agneau, porc	**14** (0-28)	**30**
Volaille	**29** (0-58)	**62**
Œufs	**13** (0-25)	**19**
Poisson	**28** (0-100)	**40**
Sources de protéines végétales		
Légumineuses	**75** (0-100)	**284**
Noix et graines	**50** (0-75)	**291**
Huiles et graisses ajoutées		
Huiles insaturées	**40** (20-80)	**354**
Huiles saturées	**12** (0-12)	**96**
Sucres ajoutés	**31** (0-31)	**120**

La durabilité des recommandations nationales de nutrition en question

Les recommandations nationales de nutrition font rarement explicitement mention des impacts environnementaux des choix alimentaires préconisés. Pourtant, dans les pays à revenus modérés ou élevés, le suivi de ces recommandations est dans une large mesure aligné avec les objectifs environnementaux : il serait nécessaire de réduire la consommation de viande rouge, de produits laitiers, d'œufs et de nourriture ultratransformée et en général de réduire l'apport calorique[6,11-12]. Des modèles démontrent que le suivi de ces recommandations dans les pays à haut revenus résulterait dans des réductions de 13-25 % d'émissions de GES, de 10-21 % d'eutrophication et de 6-18 % d'occupation de surfaces[6].

Néanmoins, l'étude des impacts environnementaux associés à 80 recommandations nationales de nutrition montre que ces dernières restent souvent incompatibles avec les objectifs de réductions de GES, de préservation de la biodiversité et plus généralement du respect des limites planétaires[13]. Ces résultats suggèrent donc que ces recommandations devraient être adaptées pour incorporer des critères environnementaux, avec une marge pour être à la fois plus saines et plus durables. Les auteurs notent en particulier que les recommandations concernant les protéines d'origines végétales, comme les légumineuses, les noix et les graines, sont ou absentes ou trop vagues (voir Figure 1).

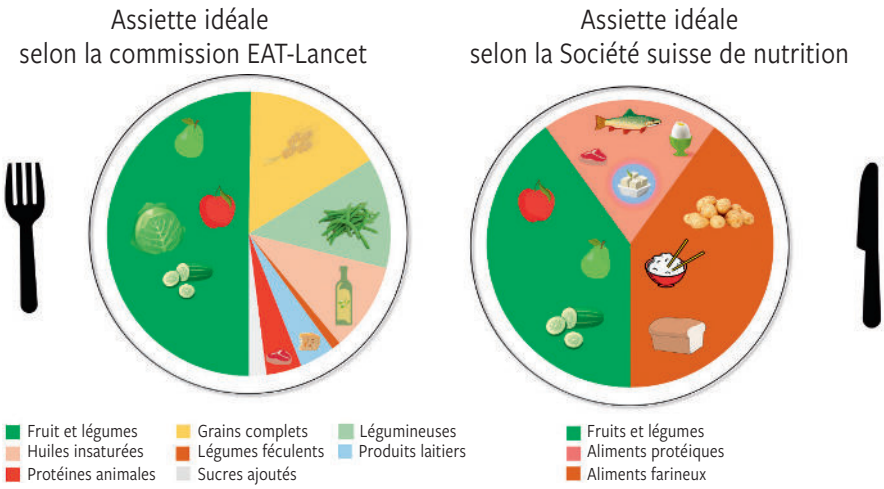


Figure 1. Comparaison des assiettes du EAT-LANCET et de la Société suisse de nutrition. Emprunté de Delorme *et al.*, RMS 2020

Durabilité des modes de productions et de consommation

Dans une perspective systémique qui lie les choix alimentaires non seulement à la santé de l'individu mais également à la santé communautaire et à la santé des écosystèmes sur le long terme, des évidences encouragent la consommation de produits issus de méthodes agricoles respectueuses de l'environnement et qui limitent l'utilisation de produits phytosanitaires et vétérinaires. Une critique communément adressée à l'agriculture biologique est que, du fait de ses rendements moins élevés par unités de surface comparé à l'agriculture conventionnelle, elle nécessite plus de surface pour nourrir une même population, et qu'elle contribuerait donc à la déforestation si déployée à large échelle. Cependant, en combinant des régimes alimentaires qui limitent la consommation de produits d'origines animales, en diminuant le gaspillage alimentaire et en développant les pratiques d'agroécologie, des modèles démontrent que l'agriculture biologique pourrait nourrir la population mondiale sans contribuer à la déforestation et à la destruction des habitats[14]. Privilégier les produits locaux, de saison et peu transformés permet de plus de limiter la consommation d'énergie et émissions de GES liées au transport des denrées, au chauffage des serres ou à la réfrigération des denrées alimentaires.

Changements de comportements individuels ou changements structuraux ?

Diminuer l'empreinte environnementale de la production alimentaire demande des efforts importants à différents niveaux. Les habitudes individuelles de consommation, comme le choix de diminuer sa consommation de viande ou de privilégier les produits frais, locaux, de saison et issus d'une agriculture raisonnée, sont fortement influencées par le cadre structurel et les normes sociales dans lesquels évolue la population. L'offre de produits, le prix, le manque de menus végétariens appétissants dans la restauration collective ou des recommandations nationales de nutrition qui peinent à intégrer des options végétariennes peuvent freiner les ambitions des individus qui souhaitent modifier leurs régimes alimentaires. Des mesures légales ou politiques ont également un rôle majeur à jouer en amont du consommateur pour favoriser des méthodes de production et la vente de produits durables.

Implications pour la pratique clinique

En clinique, l'appréciation des cobénéfices santé-environnement de certaines habitudes alimentaires encourage d'aborder des recommandations

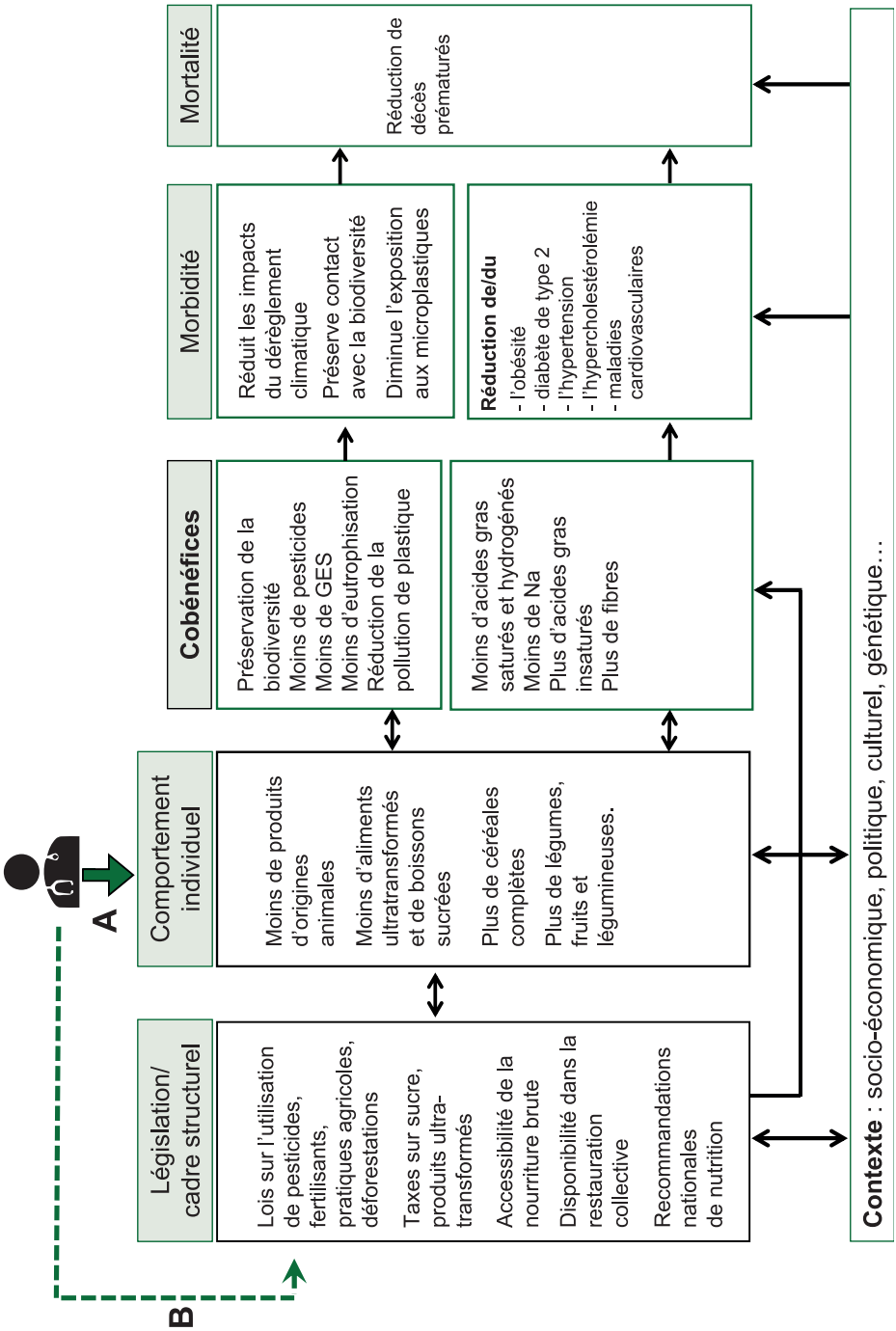


Figure 2. Exemples de cobénéfices pour la santé et l'environnement de l'adoption d'un régime sain et durable. Rôle des professionnel·le·s de santé pour influencer : A) les comportements individuels, et B) le cadre structurel. Figure inspirée de la réf. [15]

alimentaires dans une double perspective de nutrition et de durabilité. Il s'agirait ainsi de considérer les apports nutritionnels optimaux pour la santé humaine, mais également l'impact environnemental de la production alimentaire, en s'appuyant par exemple sur les travaux du EAT-Lancet.

Le défi dans la pratique clinique quotidienne est de prendre en compte la situation des besoins spécifiques et individuels tout en considérant les aspects écologiques. Si les patient·e·s ne veulent plus ou peu manger de viande, cela peut être une occasion importante de réduire l'empreinte écologique. Afin de prévenir les symptômes de carence, un·e ou des professionnel·e·s de santé expérimenté·e·s ou éventuellement un·e nutritionniste pourrait être impliqué·e·s pour apporter un soutien compétent aux patient·e·s.

Les professionnel·le·s de santé peuvent également s'engager pour faire évoluer l'accessibilité au plus grand nombre à une alimentation saine et durable. La figure 2 illustre ainsi les complémentarités entre les mesures individuelles et structurelles pouvant notamment être initiées par des professionnel·le·s de santé.

Références bibliographiques

1. Willett W, et al., « Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems », Lancet, 2019 ; 393(10170) : 447-492.
2. Springmann M, et al., « Options for Keeping the Food System Within Environmental Limits », Nature, 2018 ; 562(7728) : 519-525.
3. Vermeulen SJ, Campbell BM, Ingram JS, « Climate Change and Food Systems », Annual Review of Environment and Resources, 2012 ; 37.
4. Tilman D, Clark M, « Global Diets Link Environmental Sustainability and Human Health », Nature, 2014 ; 515(7528) : 518-522.
5. Scarborough P, et al., « Modelling the Health Impact of Environmentally Sustainable Dietary Scenarios in The UK », European Journal of Clinical Nutrition, 2012 ; 66(6) : 710-715.
6. Behrens P, et al., « Evaluating the Environmental Impacts of Dietary Recommendations », Proceedings of the National Academy of Sciences, 2017 ; 114(51) : 13412-13417.
7. Popkin BM, « Global Nutrition Dynamics: the World Is Shifting Rapidly Toward a Diet Linked With Noncommunicable Diseases », The American Journal of Clinical Nutrition, 2006 ; 84(2) : 289-298.
8. Gustavsson J, Cederberg C, Sonessen U, « Global Food Losses and Food Waste: Extent, Cause and Prevention », Food and agriculture Organisation of the United Nations, 2011.

9. Food Wastage Footprint – Impacts on Natural Resources – Summary report. 2013, BIO-Intelligence Service, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
10. Bauer UE, et al., « Prevention of Chronic Disease in the 21st Century: Elimination of the Leading Preventable Causes of Premature Death and Disability in the USA », Lancet, 2014 ; 384(9937) : 45-52.
11. FAO and WHO, Sustainable Health Diets – Guiding Principles, 2019: Rome.
12. Milner J, et al., « Health Effects of Adopting Low Greenhouse Gas Emission Diets in the UK », BMJ Open, 2015 ; 5(4) : e007364.
13. Springmann M, et al., « The Healthiness and Sustainability of National and Global Food Based Dietary Guidelines: Modelling Study », British Medical Journal, 2020 ; 370 : m2322.
14. Muller A, et al., « Strategies for Feeding the World More Sustainably with Organic Agriculture », Nature Communications, 2017 ; 8(1) : 1290.
15. Nieuwenhuijsen MJ, et al., « Transport and Health: a Marriage of Convenience or an Absolute Necessity », Environment International, 2016 ; 88 : 150-152.

34 – Cobénéfices pour la santé du contact avec la nature

Julia Gonzalez Holguera et Nicolas Senn

Nature et biodiversité

Le terme « biodiversité » décrit l'ensemble de la diversité des êtres vivants sur la Terre, leurs assemblages en communautés et leurs interactions avec leurs écosystèmes[1]. Si la biodiversité est dans une certaine mesure objectivable par un certain nombre d'indicateurs, le concept de « nature » est beaucoup plus vaste et polysémique. Par exemple Hartig *et al.* le définissent ainsi : « Dans un sens objectif, la "nature" [...] se réfère aux caractéristiques physiques et aux processus d'origine non humaine que les personnes peuvent habituellement percevoir, comprenant la "nature vivante" de la flore et de la faune, ainsi que les eaux stagnantes et courantes, les qualités de l'air et du climat, et les paysages qui les composent et qui montrent l'influence de processus géologiques[a,1,2]. » L'objectif de ce chapitre n'est pas de discuter du concept de « nature » mais plutôt de donner un aperçu de l'impact du contact avec la nature et la biodiversité sur la santé humaine.

Effondrement de la biodiversité

Autour du monde, on observe une perte massive de biodiversité, qui inclut les notions de pertes d'espèces, de pertes génétiques mais également de pertes et de dégradations d'habitats naturels. La plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) estime que 25 % des espèces d'animaux et de végétaux sont menacés d'extinction. Le taux global d'extinction d'espèces est estimé être des dizaines, voire des centaines, de fois plus élevé que la moyenne sur les derniers 10 millions d'années[3]. D'après le dernier rapport du Living Planet 2020 produit par le WWF et la Société zoologique de Londres, les populations globales de mammifères, de poissons, d'amphibiens, de reptiles ont diminué de 68 % depuis 1970[4]. Une série d'études montrent qu'en Allemagne, entre 2008 et 2017, la biomasse d'insectes et la diversité des espèces dans les prairies ont diminué, pour l'une de plus

a. Traduction des auteurs.

de 67 %, et pour l'autre de 34 %. Dans les forêts, ces pertes se montent à 41 et 36 % respectivement[5].

Les causes de ces pertes sont complexes et incluent le changement d'utilisation des terres, la dégradation des habitats naturels ainsi que l'introduction d'espèces invasives et de maladies, la surexploitation des ressources naturelles, le dérèglement climatique et la pollution des écosystèmes. L'érosion massive de la biodiversité compromet la capacité de la nature à fournir les services écosystémiques dont dépendent nombre d'espèces, notamment les humains, pour vivre dans de bonnes conditions, comme l'approvisionnement en nourriture ou la régulation climatique (voir le chapitre 10 : Biodiversité et services écosystémiques pour les humains). Ce sont ainsi des déterminants fondamentaux de la santé humaine qui sont compromis. La crise sanitaire du Covid-19 vient en outre rappeler les liens qui existent entre perturbations des écosystèmes naturels et risques accrus de zoonose. Même si ces liens restent complexes et insuffisamment compris, la destruction d'habitats naturels, le changement d'utilisation des sols et le dérèglement du climat déstabilisent les interactions entre différentes espèces, notamment les organismes hôtes et les espèces vectrices de pathogènes, et risquent ainsi de contribuer à l'émergence de maladies zoonotiques[6] (voir le chapitre 11 : Biodiversité, perte d'habitat et maladies infectieuses émergentes). La perte de la biodiversité est une des limites planétaires considérée comme dépassée[7]. Sans prise de conscience du rythme et des conséquences de la perte de biodiversité et de l'adoption de mesures drastiques, l'effondrement de la biodiversité va continuer à s'accélérer[3] (voir le chapitre 9 : Les limites planétaires et la santé).

Reconnaître et mieux définir les liens entre intégrité des écosystèmes et santé humaine pourraient permettre de renforcer les efforts de préservation des espaces naturels et de la biodiversité[8-14]. À un niveau global, il s'agit notamment de reconnaître la dépendance de l'humain aux dynamiques écosystémiques. À un niveau plus local, cela commence par reconnaître les bienfaits d'un contact avec la nature pour les individus et les populations. Par exemple, mettre en avant les bienfaits des milieux naturels, des espaces verts ou des jardins urbains sur la santé des individus et des populations encourage à préserver ou à développer ces espaces dans l'aménagement du territoire et notamment dans les zones urbaines et périurbaines.

Des modes de vie déconnectés du vivant

La modernité a entraîné une diminution des contacts avec la nature non humaine. De nombreux facteurs expliquent cette tendance, à commencer probablement par la cosmologie et l'organisation sociale modernes qui ont fermement établi une distance entre les êtres humains d'une part, et les environnements naturels et les êtres vivants non humains d'autre part[15]. L'urbanisation croissante, avec 56 % de la population mondiale et 75 % de la population européenne vivant actuellement dans des zones urbaines[16], l'augmentation du temps passé devant un écran et l'augmentation du temps passé à l'intérieur (que ce soit à la maison, au travail, en classe, dans les transports motorisés ou pour des activités sportives et de loisirs en intérieur) sont d'autres facteurs fréquemment cités comme contribuant à la réduction du contact avec la nature.

Bénéfices sur la santé du contact avec la nature

Constat

Un corpus croissant d'études scientifiques fournit de bonnes preuves que passer du temps dans la nature, être exposé aux espaces verts, aux espaces bleus ou à la biodiversité est bénéfique pour la santé[2,17-22]. Une revue systématique et une méta-analyse publiées en 2018 suggèrent une relation entre les espaces verts et la réduction de la pression artérielle, du rythme cardiaque, du cortisol salivaire, de l'incidence du diabète de type II et d'AVC, de mortalité globale et de mortalité cardiovasculaire. Elle démontre également un effet positif sur la grossesse, le taux de cholestérol et l'état de santé autodéclaré[23]. Une autre revue systématique et une méta-analyse ont montré une association positive entre les espaces verts et la mortalité[24]. Une abondante littérature scientifique suggère également de fortes associations entre la santé mentale et le contact avec la nature. Une autre analyse systématique portant sur l'exposition des enfants à la nature a montré un effet positif sur leur santé mentale[25] (stress, TDAH). Des études ont suggéré que le contact réduit des enfants avec les environnements naturels a un effet négatif sur leur développement[26,27]. Bien que la plupart de ces études aient accordé peu d'attention à la qualité des environnements naturels considérés, un nombre croissant de travaux suggèrent qu'elle joue un rôle important. Les bienfaits des espaces verts urbains seraient par exemple positivement corrélés à leur biodiversité[28-30]. Ces études soulignent toutes que, si ce domaine offre des possibilités prometteuses d'améliorer la santé et le bien-être, il est nécessaire de

renforcer notre compréhension des mécanismes de causalité et de leur possible application en pratique clinique.

Exploration des hypothèses du lien causal entre espaces naturels et bienfaits sur la santé

Différents mécanismes contribuent aux bienfaits que les espaces naturels peuvent avoir sur la santé humaine[8,10,22,31-35]. En offrant des lieux agréables et apaisés, et des points de rencontres, les espaces naturels, les parcs ou les jardins urbains constituent des espaces propices à la pratique d'une activité physique ou à des activités de détente. Ils contribuent également à renforcer les liens sociaux[36,37]. Ils permettent enfin de réduire l'exposition perçue à des environnements stressants. Par exemple, des arbres ou une forêt peuvent accroître la distance physique ou visuelle avec une source de stress comme un site industriel ou une autoroute, ou diminuer la perception de la pollution sonore[31,38]. Dans les espaces urbains, les espaces verts limitent les effets d'îlots de chaleur et améliorent ainsi la qualité de vie durant les vagues de chaleur.

Les espaces naturels semblent posséder des caractéristiques intrinsèques bénéfiques à la santé. Des études démontrent par exemple qu'une activité physique effectuée dans un environnement naturel est plus bénéfique qu'une activité similaire conduite dans un environnement artificiel[35,39]. Des théories dites psychoévolutives proposent différentes explications à ce constat. La notion de « biophilie » décrit une tendance supposée inhérente à l'humain de se lier à des éléments ou à des processus naturels. Ce lien tirerait son origine d'une adaptation évolutive aux environnements naturels dans lesquels l'humain a su évoluer. Selon cette théorie, si cette tendance biologique est aujourd'hui largement influencée par les expériences de vie ou les apports culturels et sociaux, elle expliquerait une attention innée portée à des éléments naturels comme la lumière, le vent, les odeurs, les sons, les paysages ou les animaux[40]. La théorie du rétablissement de l'attention (*attention restoration theory*) suggère, quant à elle, que les paysages naturels sont riches en éléments qui favorisent la récupération des facultés cognitives liées à la concentration et à l'attention dirigée. Cela en offrant des caractéristiques fascinantes qui requièrent une attention peu focalisée et qui permettent la récupération des capacités de concentration[41]. Une autre théorie (*stress restoration theory*) suggère que les humains sont prédisposés à ressentir des émotions positives et esthétiques devant certaines caractéristiques naturelles, et que ces émotions favorisent une réduction du stress[42].

Araujo *et al.*[39] suggèrent que le bénéfice particulier d'activités physiques conduites dans des environnements naturels est lié à la relation qui engage l'individu dans son environnement. L'individu doit en effet continuellement adapter son mouvement à la variabilité inhérente au contexte naturel, choisir quelles opportunités saisir, s'adapter à la richesse des informations reçues. Cette relation dynamique demande un engagement sensoriel, émotionnel, corporel et cognitif de l'individu avec son environnement qui n'est pas présent dans les salles de sport par exemple. Celles-ci offrant des espaces uniformes, où les normes sociales conditionnent l'usage des lieux et des instruments, offrant ainsi peu d'opportunité d'adaptation et de créativité aux usagers.

Biodiversité et régulation du système immunitaire

Alors qu'on observe globalement un déclin de la biodiversité, un domaine de recherche émergent souligne le rôle que joue la biodiversité dans la régulation du système immunitaire humain. De nombreuses études font en effet le lien entre une exposition réduite à la biodiversité microbienne, une réduction de la diversité ou un déséquilibre du microbiote humain, et la prévalence croissante d'allergies et de maladies chroniques inflammatoires dans les populations urbaines autour du monde[8,12,14,43-45]. Dans ce sens, T. Haahtela appelle la communauté médicale à considérer avec sérieux la perte de biodiversité et les risques pour l'immunorégulation[14]. Il identifie une « crise d'adaptation » du système immunitaire qui peine à s'adapter à la perte fulgurante de biodiversité au niveau planétaire et aux changements de mode vie.

Le microbiome humain est en effet étroitement influencé par la biodiversité microbienne que l'humain rencontre dans son environnement, dès son enfance et tout au long de sa vie. L'exposition à certains micro-organismes de l'environnement permet de stimuler et de réguler la tolérance du système immunitaire[14,43,44]. La régulation du système immunitaire par la biodiversité est ainsi décrite comme un service écosystémique essentiel à la santé et insuffisamment reconnu[12]. Si la perte de biodiversité est un phénomène global, les environnements urbains des pays occidentaux connaissent en particulier un appauvrissement particulièrement important de la biodiversité microbienne.

Dans les pays à hauts revenus, les opportunités de contact rapproché avec des animaux, des plantes ou des sols sont aujourd'hui largement réduites. De même, les matériaux de construction naturels, comme le bois, la laine, ou la terre, ont été remplacés par des matériaux

synthétiques, souvent traités avec des biocides, qui ne sont donc pas colonisés par les espèces auxquelles les humains étaient régulièrement exposés[12]. Ces tendances sont renforcées par la perte de biodiversité dans les milieux ruraux, liées à l'utilisation de pesticides ou la prévalence de monocultures agricoles[12,46].

Une meilleure compréhension des processus qui contrôlent les relations entre microbiote humain et biodiversité environnementale est nécessaire pour favoriser des modes de vie, des espaces de vie et des espaces urbains qui offrent une exposition saine à une certaine biodiversité afin de réduire les pathologies du système immunitaire, tout en évitant le développement de maladies infectieuses[47,48].

Complémentarité et synergies des relations causales

Ces différents mécanismes ne sont évidemment pas mutuellement exclusifs. Les multiples bénéfices sur la santé de contacts avec la nature résultent probablement souvent d'une combinaison d'effets, à court ou long termes, difficiles à découpler les uns des autres[31,35]. Cette difficulté est renforcée par la polysémie du concept de « nature » et de « contact à la nature », et de par le fait que l'expérience de la nature est en partie subjective et imprégnée de constructions culturelles, de valeurs personnelles ou d'appréciations esthétiques.

L'exemple des jardins communautaires et des espaces verts urbains

L'humain dépend des écosystèmes naturels pour s'alimenter. Pourtant, les sociétés occidentales ont largement perdu le lien au sol et à la production alimentaire, notamment avec l'avènement de l'industrie agroalimentaire, des supermarchés et de la nourriture ultratransformée. Les jardins communautaires ou d'autres formes d'agricultures urbaines peuvent contribuer à inverser cette tendance en faisant mieux connaître les sols, la dépendance aux éléments météorologiques, les rythmes naturels des plantes et le fonctionnement de certains écosystèmes. Tous ces aspects peuvent contribuer à renforcer un contact avec la nature, développer une autre relation à la nourriture, diminuer le gaspillage alimentaire, encourager la consommation de produits locaux et peu transformés, en réduisant ainsi les émissions de gaz à effets de serre associées au transport, à la transformation ou au stockage.

Les bienfaits pour les individus et les populations des jardins communautaires sont reconnus[49,50]. Plus que des objectifs de santé, la motivation

première des jardiniers est de s'investir dans une activité agréable, en extérieur, qui puisse contribuer ponctuellement à un apport en nourriture et qui permette d'évacuer le stress. Le rattachement à un objectif concret et tangible – la production de nourriture par exemple – ainsi que l'expérience esthétique offerte par les jardins contribuent à créer du sens, de la satisfaction, un sentiment de fierté qui contribue au bien-être[36,49]. Les jardins communautaires contribuent par ailleurs à renforcer le lien social et l'implication dans la communauté, en offrant un lieu d'interactions avec les proches et les personnes du voisinage[36,37,49,49]. Ces bienfaits émotionnels et sociaux, auxquels s'ajoutent ceux découlant de la pratique d'une activité physique ou la consommation d'aliments frais et non transformés, ont des conséquences positives sur la santé physique et mentale[49,50]. De plus, les jardins urbains peuvent contribuer à enrichir la biodiversité urbaine.

Plus généralement, les zones urbaines ont un rôle clé à jouer dans les stratégies de transition écologique. En effet, les villes concentrent l'activité humaine et sont particulièrement sensibles au changement du climat. Dans cette perspective, les bénéfices des espaces verts urbains pour assurer la qualité, la convivialité et la résilience de la vie publique malgré la densification urbaine, la hausse des températures en été (diminution de l'effet d'îlot de chaleur) et la fréquence accrue des phénomènes météorologiques extrêmes (réduction de l'imperméabilisation des sols) sont de plus en plus mis en avant. Alors que les preuves s'accumulent démontrant que les villes plus vertes sont des villes plus saines, les urbanistes et les responsables de l'aménagement du territoire doivent disposer de plus d'éléments sur les caractéristiques et la qualité des espaces verts qui offrent le plus d'avantages pour la santé et le bien-être des populations en étant accessibles au plus grand nombre.

Implications pour la pratique clinique

Il semblerait donc que le contact avec la nature présente un éventail d'opportunités pour la prévention de maladies et la promotion de la santé. De nombreux appels à s'intéresser à l'importance du temps passé en plein air dans des environnements riches en biodiversité ont ainsi été lancés par des professionnel·le·s et des institutions de santé[51-53]. Dans cette optique, le concept de « prescription verte », défini comme la prescription d'une activité impliquant de passer du temps à l'extérieur dans le but de bénéficier à la santé et au bien-être, est de plus en plus décrit dans la littérature.

Au Royaume-Uni, des expérimentations de prescriptions vertes sont proposées, parfois comme sous-catégories de « prescriptions sociales »[22,54], qui visent notamment à outiller les soignants avec des propositions non biomédicales d'amélioration du bien-être et de la santé[55]. Elles sont décrites comme des interventions préventives à faibles coûts, agréables pour les patient·e·s et comportant peu de risques[56]. Au Canada, le PaRx est un programme de prescription verte récemment lancé qui permet à tout prestataire de soins de santé agréé de prescrire des sorties dans des parcs naturels à ses patients. Des programmes similaires existent aux États-Unis et en Nouvelle-Zélande[57]. Différents types de prescriptions institutionnalisées basées sur la nature sont identifiés et comprennent l'horticulture thérapeutique, les programmes de conservation de la biodiversité, l'agriculture de soin/l'assistance aux animaux, les exercices verts et l'artisanat de la nature, souvent destinés à des populations spécifiques[58]. Mais des prescriptions plus ouvertes, adoptant une perspective de « self-care » et non pas institutionnelle, devraient également être envisagées en fonction de l'intérêt et des besoins des individus. En effet, il n'est pas nécessairement souhaitable de rajouter une nouvelle couche professionnelle à un système de santé déjà complexe (certains parlent parfois de coach en environnement) mais plutôt de permettre le développement de capabilités individuelles au travers des services de santé existants.

Si nous ne pouvons qu'encourager les patient·e·s à être plus en contact avec la nature et la biodiversité, il reste cependant un long chemin à parcourir en recherche clinique afin de mieux définir les types d'interventions utiles et efficaces. Nous disposons en effet à l'heure actuelle d'aucune étude interventionnelle solide démontrant l'efficacité des interventions cliniques visant à renforcer un contact avec la nature et la biodiversité[32,34]. Il s'agit donc d'un nouveau champ de la recherche clinique pour lequel il manque encore passablement d'outils et de méthodes. En effet, dans des champs de recherche aussi complexe et aux multiples déterminants (épigénétiques et liés au microbiote par exemple), l'approche classique de type « essai clinique randomisé » s'avère difficilement réalisable et peu adaptée. Il semble dès lors souhaitable de proposer des approches telles que les sciences de l'implémentation en proposent, cela afin de rendre compte réellement des multiples enjeux liant santé et environnement naturel/biodiversité.

Tout d'abord, il est nécessaire de mieux caractériser, dans une perspective clinique, le contact à « la nature » et la biodiversité. Si le premier terme

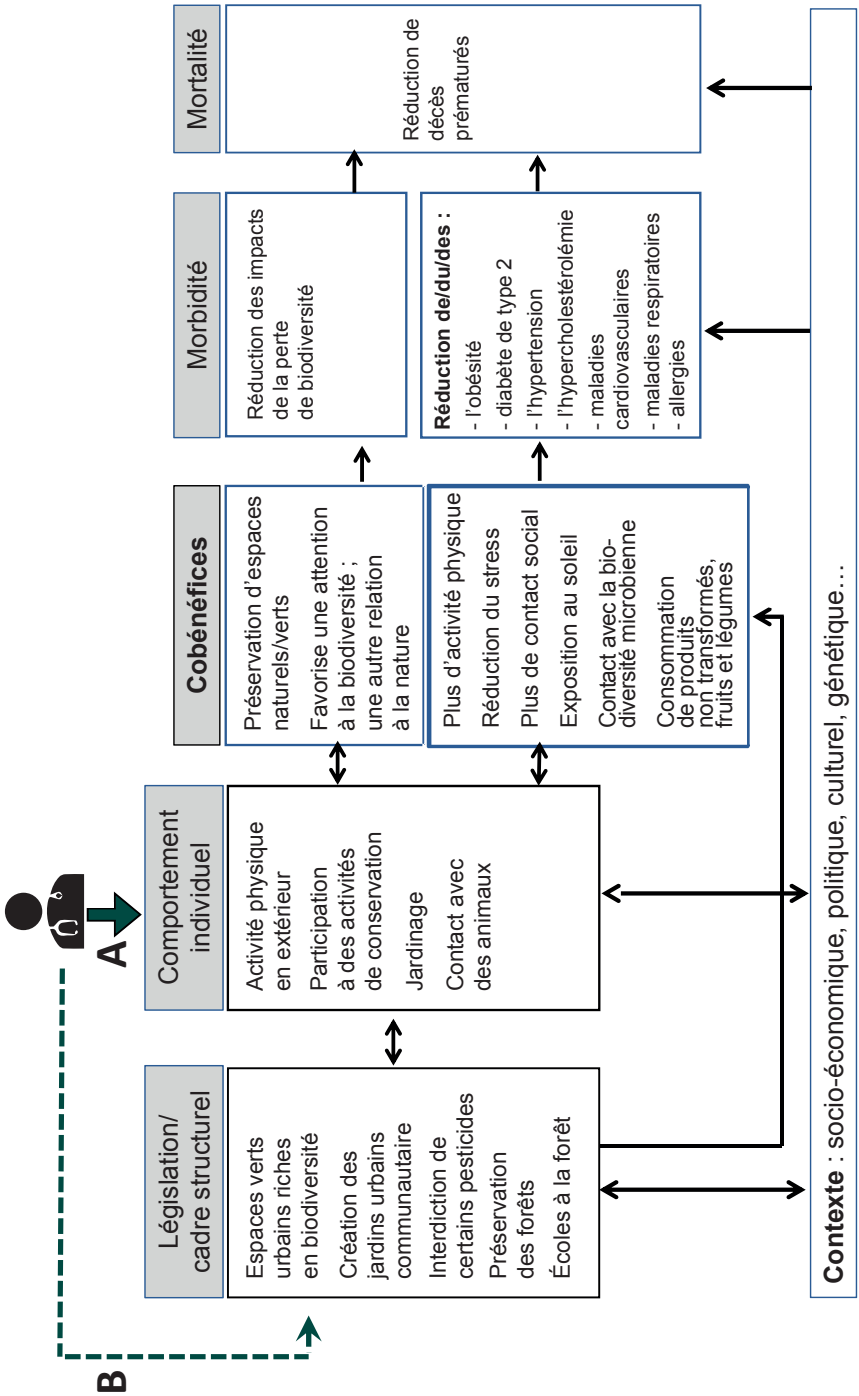


Figure 1. Exemples de cobénéfices pour la santé et l'environnement de plus de contacts avec la nature. Rôle des professionnel·le·s de santé pour influencer A) les comportements individuels, et B) le cadre structurel. Figure inspirée de la réf. [61]

est relativement vague et polysémique, le second offre la possibilité d'une caractérisation plus précise (quantité, qualité…). Il convient ensuite d'évaluer le niveau d'exposition individuel à la nature ou à la biodiversité si l'on souhaite développer des interventions reproductibles et dont les effets puissent être mesurables. Il convient également d'établir quels sont les résultats attendus en termes de bienfaits pour la santé. Une réflexion interdisciplinaire doit également porter sur les types d'intervention (balade en forêt, horticulture thérapeutique, jardins communautaires, espaces verts publics riches en biodiversité[59]…) à privilégier dans la perspective d'augmenter le niveau d'exposition à la nature/biodiversité de la population et des individus. Les modalités d'intervention elles-mêmes doivent être également réfléchies.

En conclusion, même s'il reste encore beaucoup d'inconnues sur cette thématique nouvelle, il semble que les données populationnelles disponibles permettent d'entrevoir des pistes intéressantes pour des interventions cliniques. Dans cette perspective, nous proposons une synthèse de l'approche globale des cobénéfices du contact avec la nature dans la figure 1.

Il est important de souligner que les interventions qui viseront à augmenter le contact des individus et des populations avec la nature/biodiversité doivent s'accompagner d'une attention à de potentiels « effets rebonds » en termes d'impacts négatifs sur l'environnement. Par exemple, le fait d'encourager les gens à passer du temps à l'extérieur ne devrait pas entraîner des besoins supplémentaires en matière de mobilité. Et cela alors qu'en Suisse et dans la plupart des pays occidentaux, les loisirs sont le principal motif de déplacement[60]. Il importe donc de préserver ou de créer des espaces verts riches en biodiversités facilement accessibles autour du domicile, du travail ou du trajet domicile-travail des personnes, en accordant une attention particulière aux zones urbaines et à l'égalité d'accès.

Références bibliographiques

1. Borges PAV, Gabriel R, Fattorini S, « Biodiversity Erosion: Causes and Consequences », in Leal Filho W, Azul AM, Brandli L, Lange Salvia A, Wall T (eds). Life on Land, Cham, Springer International Publishing, p. 1-10.
2. HartigT, Mitchell R, de Vries S, Frumkin H, « Nature and Health », Annual Review of Public Health, 2014 ; 35(1) : 207-228.
3. Résumé à l'intention des décideurs du rapport sur l'évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques, 2019.

4. Almond REA, Grooten M, Petersen T, « Living Planet Report 2020: Bending the Curves of Biodiversity Loss », Gland, WWF and Zoological Society of London, 2020.
5. Seibold S, Gossner MM, Simons NK, Blüthgen N, Müller J, Ambarlı D, et al., « Arthropod Decline in Grasslands and Forests Is Associated with Landscape-Level Drivers », Nature, 2019 ; 574(7780) : 671-674.
6. UNEP, Convention on Biological Diversity, World Health Organization, « Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health. A State of Knowledge Review », 2015. Accessible en ligne : www.cbd.int/health/SOK-biodiversity-en.pdf.
7. Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson Å, Chapin FS, Lambin E, et al., « Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity », Ecology and Society, 2009 ; 14(2) : 32.
8. Sandifer PA, Sutton-Grier AE, Ward BP, « Exploring Connections among Nature, Biodiversity, Ecosstem Services, Human Health and Well-Being: Opportunities to Enhance Health and Biodiversity Conservation », Ecosystem Services, 2015 ; 12 : 1-15.
9. Mackay CML, Schmitt MT, « Do People Who Feel Connected to Nature Do More to Protect It? A Meta-Analysis », Journal of Environmental Psychology, 2019 ; 65 : 101323.
10. Maller C, Townsend M, Pryor A, Brown P, St Leger L, « Healthy Nature Healthy People: “Contact with Nature” as an Upstream Health Promotion Intervention for Populations », Health Promotion International, 2005 ; 21(1) : 45-54.
11. Hughes J, De Ruyck C, Emmens T, Bradbury RB, Jefferson R, « In a Mental-Health Care Setting, Can Nature Conservation and Health Priorities Align? », Journal of Interprofessional Care, 2020 ; 34(1) : 97-106.
12. Rook GA, « Regulation of the Immune System by Biodiversity from the Natural Environment: An Ecosystem Service Essential to Health », Proceedings of the National Academy of Sciences, 2013 ; 110(46) : 18360-18367.
13. Hughes J, Richardson M, Lumber R, « Evaluating Connection to Nature and the Relationship with Conservation Behaviour in Children », Journal for Nature Conservation, 2018 ; 45 : 11-19.
14. Haahtela T, « Why Medical Community Should Take Biodiversity Loss Seriously? », Porto Biomedical Journal, 2017 ; 2(1) : 4-5.
15. Descola P, Par-delà nature et culture, Vol. 1, Paris, Gallimard, 2005.
16. The World Bank, « Urban Population (% of Total Population) », 2020. Accessible en ligne : https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS.
17. White MP, Alcock I, Grellier J, Wheeler BW, Hartig T, Warber SL, et al., « Spending at Least 120 Minutes a Week in Nature Is Associated with Good Health and Wellbeing », Scientific Reports, 2019 ; 9(1) : 7730.

18. Vienneau D, de Hoogh K, Faeh D, Kaufmann M, Wunderli JM, Röösli M, et al., « More than Clean Air and Tranquillity: Residential Green Is Independently Associated with Decreasing Mortality », Environmental International, 2017 ; 108 : 176-184.
19. Shanahan DF, Bush R, Gaston KJ, Lin BB, Dean J, Barber E, et al., « Health Benefits from Nature Experiences Depend on Dose », Scientific Reports, 2016 ; 6(1) : 28551.
20. Shanahan DF, Fuller RA, Bush R, Lin BB, Gaston KJ, « The Health Benefits of Urban Nature: How Much Do We Need? », BioScience, 2015 ; 65(5) : 476-485.
21. Marselle MR, Irvine KN, Lorenzo-Arribas A, Warber SL, « Moving beyond Green: Exploring the Relationship of Environment Type and Indicators of Perceived Environmental Quality on Emotional Well-Being following Group Walks », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2015 ; 12(1) : 106-130.
22. Marselle MR, Hartig T, Cox DTC, de Bell S, Knapp S, Lindley S, et al., « Pathways Linking Biodiversity to Human Health: A Conceptual Framework », Environment International, 2021 ; 150 : 106420.
23. Twohig-Bennett C, Jones A, « The Health Benefits of the Great Outdoors: A Systematic Review and Meta-Analysis of Greenspace Exposure and Health Outcomes », Environmental Research, 2018 ; 166 : 628-637.
24. Rojas-Rueda D, Nieuwenhuijsen MJ, Gascon M, Perez-Leon D, Mudu P, « Green Spaces and Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies », The Lancet Planetary Health, 2019 ; 3(11) : e469-e477.
25. Tillmann S, Tobin D, Avison W, Gilliland J, « Mental Health Benefits of Interactions with Nature in Children and Teenagers: A Systematic Review », Journal of Epidemiology and Community Health, 2018 ; 72(10) : 958-966.
26. Driessnack M, « Children and Nature-Deficit Disorder », Journal for Specialists in Pediatric Nursing, 2009 ; 14(1) : 73-75.
27. Louv R, Last Child in the Woods. Saving our Children from Nature-Deficit Disorder, Chapel Hill, Algonquin Books, 2008.
28. Lindemann-Matthies P, Matthies D, « The Influence of Plant Species Richness on Stress Recovery of humans », Web Ecology, 2018 ; 18(2) : 121-128.
29. Wood E, Harsant A, Dallimer M, Cronin de Chavez A, McEachan RRC, Hassall C, « Not All Green Space Is Created Equal: Biodiversity Predicts Psychological Restorative Benefits From Urban Green Space », Frontiers in Psychology, 2018 ; 9 : 2320.
30. Marselle MR, Bowler DE, Watzema J, Eichenberg D, Kirsten T, Bonn A, « Urban Street Tree Biodiversity and Antidepressant Prescriptions », Scientific Reports, 2020 ; 10(1) : 22445.
31. Hartig T, Mitchell R, de Vries S, Frumkin H, « Nature and Health », Annual Review of Public Health, 2014 ; 35 : 207-228.

32. Frumkin H, Bratman GN, Breslow SJ, Cochran B, Kahn PH Jr, Lawler JJ, et al., « Nature Contact and Human Health: A Research Agenda », Environmental Health Perspectives, 2017 ; 125(7) : 075001.
33. Mygind L, Kjeldsted E, Hatmeyer R, Mygind E, Bølling M, Bensen P, « Mental, Physical and Social Health Benefits of Immersive Nature-Experience for Children and Adolescents: A Systematic Review and Quality Assessment of the Evidence », Health & Place, 2019 ; 58 : 102136.
34. Frumkin H, « The Evidence of Nature and the Nature of Evidence », American Journal of Preventive Medecine, 2013 ; 44(2) : 196-197.
35. Bowler DE, Buyung-Ali LM, Knight TM, Pullin AS, « A Systematic Review of Evidence for the Added Benefits to Health of Exposure to Natural Environments », BMC Public Health, 2010 ; 10 : 456.
36. Hale J, Knapp C, Bardwell L, Buchenau M, Marshall J, Sancar F, et al., « Connecting Food Environments and Health through the Relational Nature of Asethtics: Gaining Insight through the Community Gardening Experience », Social Health and Medecine, 2011 ; 72 : 1853-1863.
37. Lin BB, Egerer MH, Ossola A, « Urban Gardens as a Space to Engender Biophilia: Evidence and Ways Forward », Frontiers in Built Environment, 2018 ; 4 : 79.
38. Héritier H, Vienneau D, Foraster M, Eze IC, Schaffner E, de Hoogh K, et al., « A Systematic Analysis of Mutual Effects of Transportation Noise and Air Pollution Exposure on Myocardial Infarction Mortality: A Nationwide Cohort Study in Switzerland », European Heart Journal, 2018 ; 40(7) : 598-603.
39. Araújo D, Brymer E, Brito H, Withagen R, Davids K, « The Empowering Variability of Affordances of Nature: Why Do Exercisers Feel Better after Performing the Same Exercise in Natural Environments than in Indoor Environments? », Psychology of Sport and Exercise, 2019 ; 42 : 138-145.
40. Kellert SR, « Biophilia », in Jørgensen SE, Fath BD (eds), Encyclopedia of Ecology, Oxford, Academic Press, 2008, p. 462-466.
41. Kaplan S., « The Restorative Benefits of Nature: Toward an Integrative Framework », Journal of Environmental Psychology, 1995 ; 15(3) : 169-182.
42. Ulrich RS, « Aesthetic and Affective Response to Natural Environment », in Wohlwill IAJ (ed.), Human Behavior and Environment, New York, Plenum, 1983, p. 85-125.
43. Haahtela T, Holgate S, Pawankar R, Akdis CA, Benjaponpitak S, Caraballo L, et al., « The Biodiversity Hypothesis and Allergic Disease: World Allergy Organization Position Statement », World Allergy Organization Journal, 2013 ; 6(1) : 1-18.
44. Hanski I, von Hertzen L, Fyhrquist N, Koskinen K, Torppa K, Laatikainen T, et al., « Environmental Biodiversity, Human Microbiota, and Allergy Are Interrelated », Proceedings of the National Academy of Sciences, 2012 ; 109(21) : 8334.

45. Ruokolainen L, von Hertzen L, Fyhrquist N, Laatikainen T, Lehtomäki J, Auvinen P, et al., « Green Areas around Homes Reduce Atopic Sensitization in Children », Allergy, 2015 ; 70(2) : 195-202.
46. Ossola A, Egerer MH, Lin BB, Rook G, Setälä H, « Lost Food Narratives Can Grow Human Health in Cities », Frontiers in Ecology and the Environment, 2018 ; 16(10) : 560-562.
47. Bloomfield SF, Rook GA, Scott EA, Shanahan F, Stanwell-Smith R, Turner P, « Time to Abandon the Hygiene Hypothesis: New Perspectives on Allergic Disease, the Human Microbiome, Infectious Disease Prevention and the Role of Targeted Hygiene », Perspectives in Public Health, 2016 ; 136(4) : 213-224.
48. Flies EJ, Skelly C, Negi SS, Prabhakaran P, Liu Q, Liu K, et al., « Biodiverse Green Spaces: A Prescription for Global Urban Health », Frontiers in Ecology and the Environment, 2017 ; 15(9) : 510-516.
49. Alaimo K, Beavers AW, Crawford C, Snyder EH, Litt JS, « Amplifying Health Through Community Gardens: A Framework for Advancing Multicomponent, Behaviorally Based Neighborhood Interventions », Current Environmental Health Reports, 2016 ; 3(3) : 302-12.
50. Soga M, Gaston KJ, Yamaura Y, « Gardening Is Beneficial for Health: A Meta-Analysis », Preventive Medicine Reports, 2017 ; 5 : 92-99.
51. Wessel LA, « Shifting Gears: Engaging Nurse Practitioners in Prescribing Time Outdoors », The Journal for Nurse Practitioners, 2017 ; 13(1) : 89-96.
52. Coffey JS, Gauderer L, « When Pediatric Primary Care Providers Prescribe Nature Engagement at a State Park, Do Children “Fill” the Prescription? », Ecopsychology, 2016 ; 8(4) : 207-214.
53. WONCA Working Party on the Environment, Planetary Health Alliance, Clinicians for Planetary Health Working Group, « Declaration Calling for Family Doctors of the World to Act on Planetary Health », 2019, accessible en ligne : www.wonca.net/site/DefaultSite/filesystem/documents/Groups/Environment/2019%20Planetary%20health.pdf
54. Leavell MA, Leiferman JA, Gascon M, Braddick F, Gonzalez JC, Litt JS, « Nature-Based Social Prescribing in Urban Settings to Improve Social Connectedness and Mental Well-being: A Review », Current Environmental Health Reports, 2019 ; 6(4) : 297-308.
55. Roland M, Everington S, Marshall M, « Social Prescribing – Transforming the Relationship between Physicians and Their Patients », New England Journal of Medicine, 2020 ; 383(2) : 97-99.
56. Wiedmann T, Lenzen M, Keyßer LT, Steinberger JK, « Scientists’ Warning on Affluence », Nature Communications, 2020 ; 11(1) : 3107.
57. James JJ, Christiana RW, Battista RA, « A Historical and Critical Analysis of Park Prescriptions », Journal of Leisure Research, 2019 ; 50(4) : 311-329.
58. Robinson JM, Breed MF, « Green Prescriptions and Their Co-Benefits: Integrative Strategies for Public and Environmental Health », Challenges, 2019 ; 10(1) : 9.

59. Robinson JM, Jorgensen A, Cameron R, Brindley P, « Let Nature Be Thy Medicine: A Socioecological Exploration of Green Prescribing in the UK », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020 ; 17(10) : 3460.
60. Office fédéral de la statistique, « La mobilité en Suisse. résultats du microrecensement mobilité et transports 2010 », 2012. Accessible en ligne : www.are.admin.ch/dam/are/fr/dokumente/verkehr/mobilitaet_in_derschweiz-ergebnissedesmikrozensusmobilitaetundve.pdf.download.pdf/la_mobilite_en_suisse-resultatsdumicrorecensementmobiliteettrans.pdf.
61. Nieuwenhuijsen MJ, Khreis H, Verlinghieri E, Rojas-Rueda D, « Transport and Health: A Marriage of Convenience or an Absolute Necessity », Environment International, 2016 ; 88 : 150-152.

Partie 4 : Éléments pour la pratique clinique

35 – Personnes âgées et réchauffement climatique

Christophe Büla et Marc Humbert

« Ce temps peut être mortel pour les membres vulnérables de notre communauté, en particulier les personnes âgées et celles qui ont des problèmes de santé sous-jacents. »

(Mike Kalanj,
porte-parole de la Gendarmerie royale du Canada,
le 30 juin 2021).

À l'heure où sont écrites ces lignes, une vague de chaleur établissant des records absolus de température pour le Canada (49,5 °C !) est enregistrée depuis plusieurs jours dans les provinces de Colombie-Britannique et de l'Alberta, mais aussi aux États-Unis en Oregon et dans l'État de Washington. Une fois de plus, les personnes âgées figurent au premier rang des personnes vulnérables qui paient le plus lourd tribut à cette vague de chaleur, un phénomène extrême appelé à se répéter de plus en plus souvent en raison du réchauffement climatique. Ce chapitre est centré sur l'effet du réchauffement et des périodes de canicule sur les personnes âgées, mais il semble néanmoins important de souligner dans ce préambule que le dérèglement climatique est aussi responsable d'autres manifestations, comme les inondations ou les vagues de froid, ou encore l'extension des zones de portage de plasmodium par les moustiques[1]. Les effets de ces manifestations impactent les mêmes groupes de personnes âgées particulièrement vulnérables. Ainsi, le profil des patients à risque en regard des canicules, discuté plus loin dans ce chapitre, peut en grande partie s'appliquer aussi à ces autres manifestations du dérèglement climatique.

Ce chapitre traite de l'effet du réchauffement climatique et de l'impact sur les personnes âgées d'une de ses manifestations extrêmes, les périodes de canicule. Ces phénomènes se répètent régulièrement et ont été bien décrits dans la littérature tant aux États-Unis[2] que sur le continent européen[3,4]. Après une brève introduction permettant de définir le profil des personnes âgées les plus vulnérables, ce chapitre abordera les mesures à prendre pour anticiper et se préparer aux vagues de chaleur et de canicules ainsi que les mesures à prendre durant les périodes caniculaires. Par souci de simplification, ces périodes seront considérées comme survenant en été (hémisphère Nord !).

Introduction

Les personnes âgées représentent un des segments de la population particulièrement touché par le réchauffement climatique, notamment par une des expressions la plus connue, les vagues de chaleur caniculaires[5]. Durant la canicule de 2003 en Europe, ce sont plus de septante mille personnes, principalement âgées, qui ont succombé[6].

Si les personnes âgées représentent la principale population à risque, d'autres populations vulnérables sont bien sûr également exposées, comme celle des adultes socio-économiquement défavorisés, des adultes souffrant de problèmes psychiatriques, ou encore les enfants et les nouveau-nés[7]. Le risque encouru par les personnes âgées en raison du réchauffement climatique et durant les périodes caniculaires varie en fonction d'un certain nombre de caractéristiques, dont leur lieu de vie. Si les personnes âgées vivant en long séjour sont particulièrement vulnérables aux épisodes caniculaires, celles vivant seules à domicile sont également à haut risque de mortalité durant ces épisodes. Vivre en milieu urbain a également été associé à un risque accru de morbi-mortalité en période caniculaire.

Pourquoi les personnes âgées sont-elles plus particulièrement vulnérables aux vagues de chaleur associées au dérèglement climatique ?

Le tableau 1 présente différents facteurs prédisposant, liés aux personnes âgées elles-mêmes, à leurs pathologies, mais aussi à leur environnement, qui rendent ces personnes plus particulièrement vulnérables aux vagues de chaleur et épisodes caniculaires. Plusieurs facteurs sont le reflet direct d'altérations de mécanismes homéostatiques associées au vieillissement[8,9]. Les modifications des fonctions rénales et cardiaques, ainsi que l'altération de la régulation de la volémie et des électrolytiques, réduisent la capacité des personnes âgées à affronter des périodes de grandes chaleurs. Mais comme nous le verrons plus loin, c'est la combinaison de ces altérations homéostatiques avec les maladies chroniques et leurs traitements, les limitations de mobilité et fonctionnelles, le déclin cognitif, ainsi que l'isolement social et des facteurs environnementaux qui va mettre en péril la survie des personnes âgées les plus fragiles lors d'une période caniculaire.

Tableau 1. Facteurs contribuant à la vulnérabilité des personnes âgées au réchauffement climatique et aux vagues de chaleur[8,9]

1. **Facteurs liés à la personne**
   - Thermorégulation altérée
     - ➤ Thermosensibilité diminuée
     - ➤ Vasodilatation retardée
     - ➤ Transpiration réduite
   - Tolérance diminuée à la chaleur
   - Sensation de soif altérée, survenant tardivement
   - Comorbidités (cardiaque et rénale en particulier)
   - Polymédication
   - Limitations fonctionnelles
     - ➤ Mobilité limitée (accès lieu public frais, église, etc.)
   - Altération cognitive
     - ➤ Habillement inadapté
     - ➤ Perception altérée des efforts physiques en période de chaleur
     - ➤ Incapacité à prendre des mesures pour se rafraîchir
     - ➤ Mauvaise adaptation de l'environnement
     - ➤ Capacité réduite à mobiliser de l'aide
2. **Facteurs liés à son environnement**
   - Isolement social
   - Logement vétuste
   - Absence de climatisation

Comment se préparer AVANT les périodes caniculaires potentielles ?

Dans la plupart des pays européens, des plans canicule ont été élaborés suite à la canicule de 2003. Le plus souvent, des organismes publics ou parapublics sont responsables de contacter les personnes âgées, handicapées ou fragiles, celles qui sont isolées, et de les inscrire auprès de leur commune, des institutions sociales et/ou des organismes de soins à domicile afin de recevoir l'aide de bénévoles pendant les vagues de chaleur.

Ainsi en Suisse, dans plusieurs cantons, des lignes téléphoniques spécialement dédiées sont activées lorsqu'un plan canicule est déclenché.

Pour les personnes âgées et leurs proches

Très pratiquement, pour les personnes âgées elles-mêmes et, pour celles qui sont fonctionnellement dépendantes ou cognitivement déficientes, leurs proches, il s'agit d'élaborer deux listes avec toutes les coordonnées des personnes :

1) sur qui compter pour fournir de l'aide ?
2) qui pourraient potentiellement nécessiter d'être aidées durant une période de haute chaleur ?

Les personnes âgées vulnérables ou dépendantes et leurs proches devraient ensuite revoir ensemble, si besoin avec le soutien d'un professionnel de santé, les mesures de prévention permettant d'affronter une vague de chaleur. Ainsi, il s'agit de définir explicitement ce qui peut (ou devra le moment venu) être fait pour se protéger et protéger son lieu de vie. C'est, par exemple, *savoir à qui demander conseil* (pharmacien, médecin, soins à domicile, commune, médias…). De même, il s'agit d'*identifier les lieux climatisés (ou frais)* à proximité de chez soi et qui restent ouverts en été (hémisphère Nord !) : un centre commercial, une église ou un musée. En France par exemple, après la canicule de 2003, tous les établissements de long séjour (Ehpad) doivent avoir une pièce climatisée. Il s'agit ensuite de *constituer un véritable « trousseau canicule »* comprenant des brumisateurs, un ventilateur et un thermomètre médical (non frontal). Il s'agit également de *planifier les absences* et de s'organiser entre la personne et ses proches afin d'éviter que la personne vulnérable ne reste isolée durant les périodes estivales (vacances des proches). Cela peut être *via* l'organisation d'un court séjour en établissement médico-social ou par l'organisation de journées dans un centre d'accueil temporaire, ou toute autre structure similaire. Finalement, il s'agit d'apprendre à *reconnaître les signes d'alerte clinique* qui devraient déclencher l'alerte et des gestes à faire au besoin pour la personne elle-même si elle en est capable ou pour ses proches.

Pour les professionnels de santé

Il s'agit d'identifier plus précisément, parmi les personnes âgées dont ils sont responsables de la prise en soins, celles qui courent un risque accru de complications et de décès lors d'une vague de chaleur. Une méta-analyse de six études cas-contrôle des épisodes caniculaires récents permet

de mieux cerner les caractéristiques associées à un risque accru de décès chez les personnes âgées vivant majoritairement (5 études sur 6) à domicile[10].

Parmi les caractéristiques sociales et fonctionnelles (Figure 1A), l'*incapacité à prendre soin de soi* au quotidien (dépendance fonctionnelle), l'*incapacité à sortir seul·e de chez soi* (mobilité), et un *état grabataire* étaient indépendamment associés à une augmentation allant de 3 à plus de 6 fois du risque de décès. Le fait de vivre seul·e était associé à une augmentation non significative du risque de décès.

Parmi les problèmes médicaux préexistants (Figure 1B), la présence d'une *pathologie neuropsychiatrique* (dépression, démences), la *prise chronique de psychotropes*, et une *pathologie cardiovasculaire* ou *respiratoire* sous-jacentes étaient tous associés à un risque accru de décès.

Cependant, les données montrent que lors de périodes de canicule, une surmortalité est susceptible de survenir aussi bien à domicile qu'à l'hôpital, ou en long séjour. En établissement de long séjour, la règle est de *considérer l'ensemble des résidents comme étant à risque*. C'est en particulier le cas des résidents qui présentent des troubles neurocognitifs majeurs à un stade modéré à sévère.

Plus globalement, il nous paraît important de souligner qu'ici encore le *statut fonctionnel (niveau d'indépendance) est certainement l'indicateur le plus robuste pour stratifier le risque de décès*. C'est aussi bien le cas à domicile qu'en long séjour, comme illustré par la figure 2 qui décrit la mortalité observée dans deux populations âgées à domicile (N = 16 779) et en long séjour (N = 14 824) durant la période de canicule de 2003 en France[4]. Indépendamment de l'âge, du sexe, il existe une *association directe entre niveau de dépendance et mortalité* pour les personnes âgées vivant dans la communauté (Figure 2A) comme pour celles vivant en long séjour (Figure 2B). Dans les deux cas, plus la dépendance était importante, plus la mortalité a été élevée.

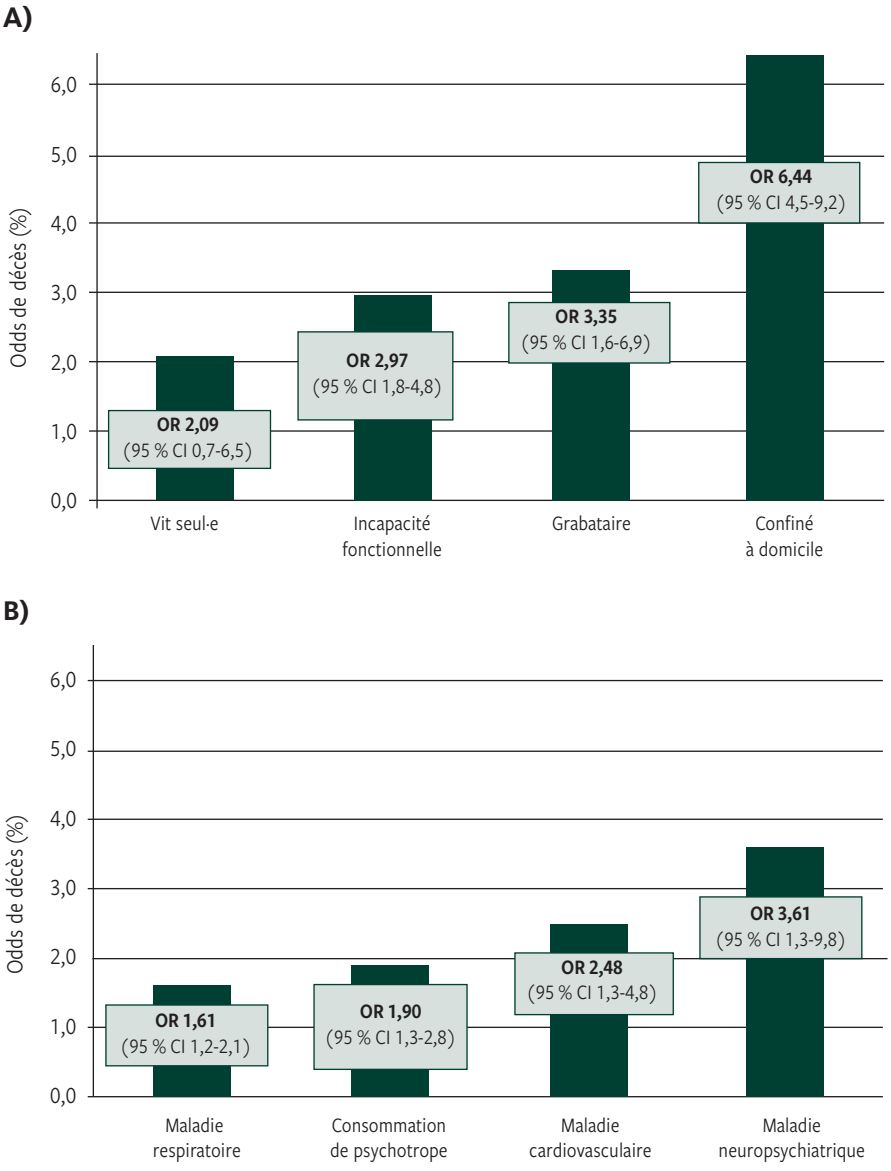
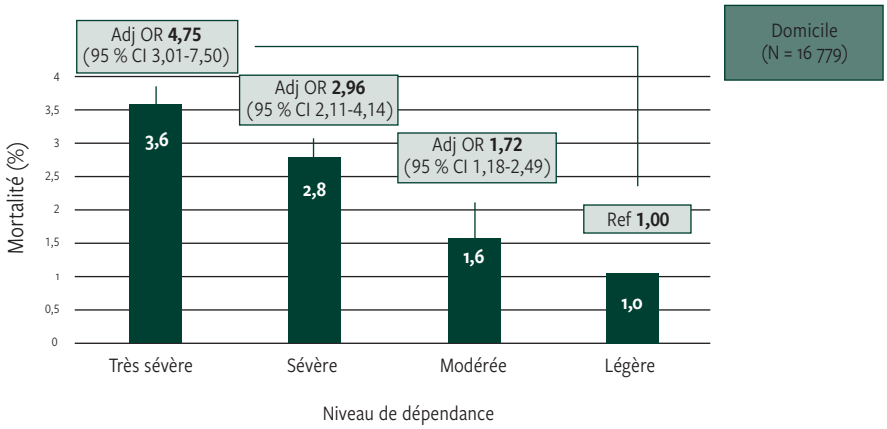


Figure 1. A) Facteurs de risque fonctionnels de mortalité en cas de canicule[10]. B) Facteurs de risque médicaux de mortalité en cas de canicule[10]

A)



B)

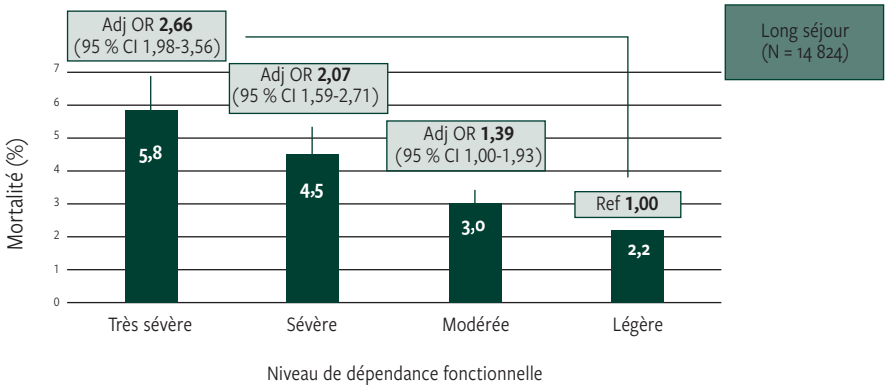


Figure 2. Relation entre niveau de dépendance fonctionnelle et mortalité chez les personnes âgées durant la canicule 2003 en France. A) Personnes âgées vivant dans la communauté ; B) personnes âgées institutionnalisées en long séjour[4]

Quelles mesures prendre pendant une période caniculaire ?

Le tableau 2 résume les recommandations à mettre en œuvre durant une période caniculaire. Il s'agit d'abord d'adapter son activité en évitant les efforts. La stratégie pour se protéger de la chaleur implique à la fois d'adapter ses vêtements et de se rafraîchir par tous les moyens. Chez soi, grâce à un ventilateur, en aérant la nuit, en fermant les volets/stores durant le jour, en créant des courants d'air, en prenant des douches fraîches, à l'aide de brumisateur (trousseau canicule !), et/ou en utilisant des linges humides froids. C'est à ce moment que peuvent servir aussi les lieux frais ou climatisés repérés avant la canicule si la personne peut sortir de chez elle.

Tableau 2. Les trois règles d'or. Recommandations de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) en cas de canicule

1. **Éviter les efforts physiques**
   - Réduire au maximum l'activité physique aux heures les plus chaudes de la journée et privilégier les lieux ombragés.
2. **Éviter la chaleur – se rafraîchir**
   - Fermer les fenêtres pendant la journée et éviter le soleil (tirer les rideaux, fermer les volets)
   - Aérer la nuit
   - Porter des vêtements légers
   - Rafraîchir l'organisme en prenant des douches froides, en posant des linges froids sur le front et la nuque et des compresses froides sur les pieds et les mains
3. **Boire beaucoup – manger léger**
   - Boire (au moins 1,5 l/jour) à intervalles réguliers, sans attendre d'avoir soif
   - Prendre des repas froids et rafraîchissants : fruits, salades, légumes, produits laitiers
   - Veiller à consommer suffisamment de sel

Comme illustré par la figure 3, ces mesures ont été associées à une réduction de 40 à plus de 70 % du risque de décès durant les canicules[10]. Finalement, il s'agit d'adapter son alimentation et de maintenir une hydratation optimale en buvant régulièrement même sans avoir soif. À ce titre, il est nécessaire de réévaluer dans ces périodes les recommandations de limiter leurs boissons faites aux patients en hémodialyse, souffrant d'insuffisance rénale et/ou cardiaque. Par ailleurs, il est important de rappeler

que la déshydratation implique une perte de sel qui doit également être compensée. C'est pourquoi une boisson isotonique préparée soi-même ou par un proche (Figure 4) est particulièrement recommandée.

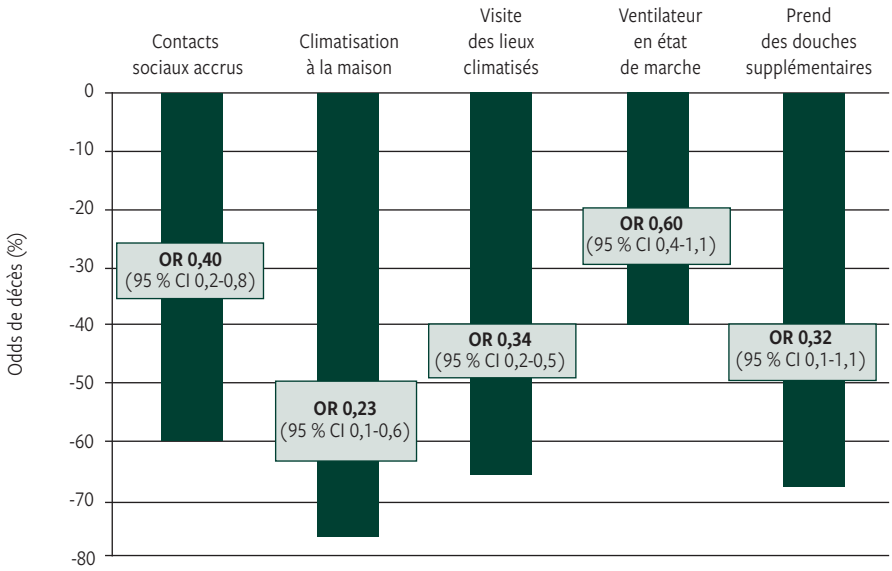


Figure 3. Facteurs protecteurs de mortalité en cas de canicule[10]

Figure 4. Recette de boisson isotonique (Gerostar®)

Sur le plan médico-social, il s'agit de mobiliser l'aide informelle (proches) et formelle (soins à domicile) afin d'encadrer et protéger les personnes âgées les plus vulnérables.

Sur le plan médical, c'est une des périodes où des visites à domicile sont particulièrement utiles. Comme les canicules surviennent en période de vacances, s'assurer la collaboration d'une consœur ou d'une consultation ambulatoire et communautaire de gériatrie semble judicieux. Il s'agira alors, en fonction de la situation individuelle et des prévisions météorologiques (durée de l'épisode caniculaire), de décider d'éventuels ajustements (adaptation des doses, arrêt temporaire) de certains médicaments à risque (Tableau 3)[11]. Si l'attention est assez naturellement portée sur les diurétiques et les antihypertenseurs, il est tout aussi important de ne pas ignorer les dangers liés aux neuroleptiques, aux antidépresseurs et à tout autre médicament ayant des effets anticholinergiques (antinauséeux, antiallergiques notamment).

Tableau 3. Principales classes de médicaments nécessitant potentiellement une adaptation du traitement en cas de canicule[11]

Classe	Risque
Diurétiques	Déshydratation, hypovolémie, hypotension orthostatique, chute, troubles électrolytiques
Antihypertenseurs (IECA, β bloqueurs, inhibiteurs calciques…)	Hypotension orthostatique, chute, altération de la sensation de soif
Neuroleptiques	Thermorégulation centrale et sudation altérées
Antidépresseurs	Thermorégulation centrale altérée, anomalies électrolytiques
Lithium	Déshydratation, fonction rénale altérée
Médicaments anticholinergiques	Thermorégulation centrale et sudation altérées
Anti-inflammatoires non stéroïdiens	Fonction rénale

IECA : inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine.

Tableau 4. Signaux d'alarme faisant suspecter un coup de chaleur chez une personne âgée en cas de canicule

- Fatigue
- Léthargie
- Faiblesse
- Confusion
- Vertiges
- Céphalées
- Sensation de bouche sèche
- Nausées
- Vomissements
- Diarrhées
- Crampes musculaires

Il faut néanmoins souligner ici que l'association de ces classes médicamenteuses avec un risque d'hospitalisation accru d'un facteur variant de 1.16 à 1.84 ne semble pas se limiter aux seules périodes caniculaires mais a aussi été observée durant les mois chauds sans canicule[12]. La prudence devrait donc être de mise chaque année !

Finalement, tant les professionnels que l'entourage et, idéalement, la personne âgée elle-même devraient être capables de repérer les signaux d'alarme qui doivent faire suspecter un coup de chaleur chez une personne âgée en période caniculaire (Tableau 4). Les plans canicules ont aussi pour objectif de sensibiliser durant ces périodes les professionnels afin qu'ils redoublent de vigilance dans la détection de ces symptômes et signes très peu spécifiques.

Conclusion

Les personnes âgées cumulent les facteurs de risque de complications lors d'épisodes caniculaires dont la fréquence va augmenter dans le futur. Tolérance diminuée à la chaleur, sensation de soif altérée et tardive, thermorégulation altérée et transpiration réduite, comorbidités multiples et leurs traitements aboutissant à une polymédication, troubles neurocognitifs, limitations de mobilité et fonctionnelles, isolement social et logements

vétustes concourent tous à compromettre la santé des personnes âgées lors de vagues de chaleur et d'épisodes caniculaires.

La meilleure stratégie consiste à anticiper en identifiant, AVANT la période estivale, les personnes à risque et en préparant avec elles, le cas échéant leurs proches, un plan de contingence qui recense non seulement l'aide potentiellement disponible, mais aussi des lieux de répit accessibles. PENDANT un épisode, il s'agit de mobiliser l'aide informelle et formelle, de mettre en place les mesures de protection, de réviser les traitements, et, parfois, d'envisager un accueil transitoire dans un environnement protégé.

Au moment où cette conclusion est écrite, les chaînes d'information relaient l'histoire du sauvetage d'une dame âgée bloquée dans sa cave par la montée brutale des eaux lors d'inondations sans précédent en Belgique. Ailleurs, en France, en Allemagne et en Chine, d'autres personnes âgées n'ont pas eu sa chance, nous rappelant leur vulnérabilité à d'autres manifestations du dérèglement climatique.

Références bibliographiques

1. Rossati A, « Global Warming and Its Health Impact », International Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2017 ; 8(1) : 7-20.
2. Semenza JC, Rubin CH, Falter KH, Selanikio JD, Flanders WD, Howe HL, Wilhelm JL, « Heat-Related Deaths During the July 1995 Heat Wave in Chicago », New England Journal of Medicine, 1996 ; 335(2) : 84-90.
3. Grize L, Huss A, Thommen O, Schindler C, Braun-Fahrlander C, « Heat wave 2003 and mortality in Switzerland », Swiss Medical Weekly, 2005 ; 135(13-14) : 200-205.
4. Belmin J, Auffray JC, Berbezier C, Boirin P, Mercier S, de Reviers B, Golmard JL, « Level of Dependency: a Simple Marker Associated With Mortality During the 2003 Heatwave Among French Dependent Elderly People Living in the Community or in Institutions », Age and Ageing, 2007 ; 36(3) : 298-303.
5. Basu R, Ostro BD, « A Multicounty Analysis Identifying the Populations Vulnerable to Mortality Associated With High Ambient Temperature in California », American Journal of Epidemiology, 2008 ; 168(6) : 632-637.
6. European Environment Agency, « Extreme Temperature and Health », 2016. Voir : www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/heat-and-health-2/assessment, accédé le 8 juillet 2021.
7. McGeehin MA, Mirabelli M, « The Potential Impacts of Climate Variability and Change on Temperature-Related Morbidity and Mortality in the United States », Environmental Health Perspectives, 2001 ; 109(Suppl 2) : 185-189.

8. Blatteis CM, « Age-Dependent Changes in Temperature Regulation – A Mini Review », Gerontology, 2012 ; 58(4) : 289-295.
9. Millyard A, Layden JD, Pyne DB, Edwards AM, Bloxham SR, « Impairments to Thermoregulation in the Elderly During Heat Exposure Events », Gerontology and Geriatric Medicine, 2020 ; 6 : 2333721420932432.
10. Bouchama A, Dehbi M, Mohamed G, Matthies F, Shoukri M, Menne B, « Prognostic Factors in Heat Wave Related Deaths: a Meta-Analysis », Archives of Internal Medicine, 2007 ; 167(20) : 2170-2176.
11. Westaway K, Frank O, Husband A, McClure A, Shute R, Edwards S, Curtis J, Rowett D, « Medicines can affect thermoregulation and accentuate the risk of dehydration and heat-related illness during hot weather », Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics, 2015 ; 40(4) : 363-367.
12. Layton JB, Li W, Yuan J, Gilman JP, Horton DB, Setoguchi S, « Heatwaves, Medications, and Heat-Related Hospitalization in Older Medicare Beneficiaries with Chronic Conditions », PLoS One, 2020 ; 15(12) : e0243665.

36 – Prescription médicamenteuse durable : la nécessité d'une collaboration interprofessionnelle entre médecins et pharmaciens

Marie Schneider, Johanna Sommer et Nicolas Senn

Aujourd'hui, lorsque l'on évoque la durabilité du système de santé, on ne fait plus uniquement référence à son efficience, son accessibilité, l'efficacité des interventions médicales[1] ou la disponibilité en ressources humaines, mais on fait également référence à son impact sur l'environnement. En effet, les services de santé exercent une empreinte carbone significative[2]. L'empreinte carbone attribuée aux systèmes de santé européens est estimée à 5 % des émissions globales de gaz à effet de serre en Europe[3]. Elle est de 6,7 % en Suisse, 7,6 % aux États-Unis et 5,2 % au Canada[4-6]. En outre, le système de santé canadien génère 33 millions de tonnes de gaz à effet de serre et plus de 200 000 tonnes d'autres polluants, dont l'impact sur la santé de la population résulterait, selon les premières analyses, en une perte annuelle de 23 000 années de vie corrigées du facteur invalidité (AVCI ou *Disability-Adjusted Life Years* – DALY ; nombre d'années perdues pour cause de décès, d'invalidité ou du fait d'une mauvaise santé)[7].

Bien que l'impact des médicaments soit encore sous-investigué, les premières estimations montrent que les médicaments figurent parmi les plus grands émetteurs de gaz à effet de serre du système de santé. Par exemple, en Grande-Bretagne, 22 % des émissions de gaz à effet de serre du système de santé seraient liées aux médicaments et substances chimiques, et 19 % seraient liées aux médicaments en Australie[8-10]. Pour ne pas nuire à l'environnement, un changement de paradigme de prescription et de dispensation médicamenteuses devient nécessaire.

La pharmacie durable (*Green pharmacy*), qui représente un changement de pensée radical, est définie comme « l'utilisation de pratiques durables dans le développement, la fabrication, la prescription et l'élimination d'un médicament pour maximiser son efficacité thérapeutique, diminuer ses coûts pour le système de santé et minimiser son impact sur l'environnement[11] ». Les médicaments, utiles au traitement de nombreuses pathologies ambulatoires, sont cependant des micropolluants qui nécessitent une manutention et une utilisation appropriées. Le paracétamol est le

médicament le plus utilisé à l'échelle internationale ; aux États-Unis, un quart des adultes consomment du paracétamol de façon hebdomadaire[11]. De nombreux médicaments comme le paracétamol, le diclofénac ou la fluoxétine sont détectables dans l'environnement, en particulier dans les rivières, les lacs et les nappes phréatiques de nombreux pays des 5 continents, y compris en Suisse[12]. Très étudié en raison de ses effets néfastes sur la faune, le diclofénac est détectable dans l'environnement de 50 pays[13-16]. En outre, des médicaments sont retrouvés sous forme de traces dans l'eau du robinet, par exemple en France, en Suède, au Canada, aux États-Unis d'Amérique et en Chine[13] (voir le chapitre 29 : Écotoxicologie des médicaments).

Étant donné l'impact sur la santé des émissions de gaz à effet de serre provenant du système de santé lui-même et de la micropollution liée aux médicaments, les professionnels de santé sont directement concernés par cette problématique et par les progrès à envisager quant à leur propre pratique professionnelle. Ce chapitre vise à recenser les recommandations de base, facilement applicables par les acteurs principaux du système de santé.

Axes d'intervention pour les professionnels de la santé et les patients

Recommandations pour le médecin prescripteur

La prescription rationnelle de médicaments est basée sur une médecine fondée sur les preuves, intégrée dans un partage de décision entre le médecin et son patient concernant le choix du médicament le plus adapté ayant le moins d'effets indésirables possible. Ce choix est guidé par les caractéristiques physiologiques et personnelles du patient, et par la maladie ou les symptômes à soigner[11]. Il sera de plus en plus guidé par des considérations écologiques afin de réduire l'impact environnemental de la prise en charge des maladies. Par exemple, l'établissement d'un score environnemental des médicaments pourrait permettre de choisir le médicament au meilleur profil.

Les recommandations cliniques émises par certaines sociétés de discipline médicales sont des vecteurs très importants de changement de pratique de prescription pouvant engendrer une augmentation importante de prescriptions afin d'atteindre de nouvelles cibles cliniques plus sévères. Il devient urgent que ces *guidelines* intègrent des considérations

environnementales aux recommandations cliniques. Parmi les médicaments non périmés retournés par les patients, 25-30 % sont des médicaments cardiovasculaires[11]. Ces retours sont liés à des changements de prescriptions médicales pour des raisons d'effets indésirables, d'efficacité, incluant la non-adhésion de la part du patient, mais ils sont aussi liés aux modifications de *guidelines*. Des initiatives de déprescription médicamenteuse et de prescription plus rationnelle, notamment Smarter Medicine – Choosing Wisely Switzerland (www.smartermedicine.ch), offrent des réflexions critiques et des pistes intéressantes pour une « prescription optimale et non maximale » (voir le chapitre 14 : Savoir environnemental et *Evidence-Based Medicine*).

Le tableau 1 met en exergue des actions possibles du médecin prescripteur en faveur d'une prescription durable. Au-delà du principe actif, une attention particulière est à porter aux dispositifs d'administration des médicaments. À titre d'exemple, certains dispositifs pour le traitement de l'asthme et de la bronchite chronique obstructive (BPCO) sont particulièrement polluants[17]. Si l'utilisation de mécanismes avec poudre sèche est possible chez un patient donné, il s'agira de les privilégier aux dispositifs contenant des gaz propulseurs, même dans le cadre du traitement de la crise d'asthme (Tableau 2).

Tableau 1. Actes en faveur d'une prescription médicamenteuse durable

- Prescrire selon les recommandations de la médecine basée sur les preuves
- Choisir le médicament avec le plus faible impact écologique
- Prescrire en quantité suffisante jusqu'à une date spécifique ou pour une durée donnée
- Limiter les changements thérapeutiques fréquents
- Encourager l'adhésion thérapeutique des patients
- S'intéresser aux médicaments qu'un patient a déjà à domicile avant d'en prescrire plus ou d'autres
- Limiter la polypharmacie autant que possible
- Initier une déprescription quand un traitement n'est plus indiqué (Smarter Medicine)
- Refuser les échantillons promotionnels des firmes pharmaceutiques, souvent sous-utilisés et devant être détruits[7]

Tableau 2. Cas particulier : les médicaments de l'asthme et de la BPCO

Les dispositifs contenant des poudres sèches de type Diskus ou Turbuhaler (exemple : salbutamol) ne relarguent pas de gaz propulseurs dans l'environnement à l'inverse des aérosols-doseurs et des autohalers. Ces derniers ne contiennent plus de gaz propulseurs de type chlorofluorocarbure (CFC), interdits, mais ils contiennent des hydrofluoroalcanes (HFA)[32]. Au contraire des CFC, les HFA n'impactent pas la couche d'ozone mais ils contribuent à l'effet de serre. La plupart des aérosols-doseurs disponibles en Suisse ne sont pas équipés de compteur de doses ; il est ainsi difficile pour le patient de déterminer précisément le nombre de doses restantes dans une cartouche en cours d'utilisation, en particulier lors d'un usage au besoin, et sachant que les sprays contiennent un excès de gaz par rapport au principe actif. Il en résulte un risque accru de sur- ou sous-estimation du nombre de doses restantes avec pour conséquence une inefficacité thérapeutique, dangereuse en cas d'urgence clinique, ou un gaspillage probablement fréquent. Il est ainsi recommandé de peser la cartouche d'aérosol pour déterminer si elle est vide ou non[32]. De manière générale, afin de limiter le gaspillage de dispositifs pour l'asthme et la BPCO, une éducation thérapeutique répondant aux besoins des patients doit être initiée au début du traitement et répétée au cours du temps afin de choisir le dispositif le plus approprié et assurer une utilisation adéquate.

Recommandations pour le pharmacien

Le tableau 3 met en évidence les recommandations que le pharmacien devrait appliquer pour favoriser la dispensation pharmaceutique durable.

Parmi les médicaments retournés par la population en pharmacie, 20 à 53 % des médicaments sont des emballages non ouverts, qu'ils soient délivrés à l'unité ou en emballages commerciaux[18]. L'emballage commercial permet une meilleure traçabilité des lots de médicaments, une bonne stabilité si le conditionnement se présente sous forme de blister et permet aux patients, prenant plusieurs médicaments simultanés, de différencier les emballages pour autant que ces derniers soient bien distincts les uns des autres, notamment dans le cas des génériques. Ainsi, d'un point de vue environnemental, l'industrie pharmaceutique doit avoir le souci de mettre à disposition des tailles d'emballages appropriées et s'engager à réduire les gaspillages de packaging.

Tableau 3. Actes en faveur d'une dispensation pharmaceutique durable

- Renforcer la prescription durable du médecin
- Assurer une dispensation durable de médicaments en automédication de type « Smarter Medicine »
- Collaborer activement avec le patient en tenant compte de ses perspectives, soutenir et promouvoir son adhésion thérapeutique et sa littératie en santé
- Délivrer des petits emballages en début de traitement pour valider l'efficacité et la tolérance du traitement
- Assurer, à l'officine, une gestion de stock des médicaments avec suivi des dates limites de péremption
- Organiser des revues de médication de type *brown bags* du stock des médicaments des patients à domicile
- S'engager dans la gestion du retour de médicaments et des dispositifs d'administration des médicaments des patients, et informer activement la population
- Aider les personnes à constituer une pharmacie de ménage, de premier secours ou de voyage, appropriée

Les emballages à l'unité peuvent représenter une alternative durable de remise de médicaments pour lesquels les tailles d'emballages commerciaux ne sont pas adaptées (par exemple, les traitements de durée limitée par anti-infectieux, ou les débuts de traitements oncologiques pour s'assurer de la tolérance du patient). Cette dispensation doit avoir lieu selon les bonnes pratiques de fabrication des médicaments en assurant la sécurité du travail professionnel et la traçabilité des lots. De nouvelles études bien conduites sont nécessaires pour évaluer l'impact environnemental de la dispensation à l'unité[19]. Une étude est en cours dans le canton de Neuchâtel en collaboration entre l'Ordre neuchâtelois des pharmaciens et l'Office fédéral de la santé publique (OFSP).

Collaborations interprofessionnelles

Dans le contexte de santé du XXIe siècle, où le nombre de malades ambulatoires et chroniques augmente, une collaboration étroite entre médecins, infirmières et pharmaciens devient essentielle dans le cadre de la prescription médicamenteuse durable. Quelques étapes importantes du travail interprofessionnel sont décrites dans le tableau 4.

Tableau 4. Collaboration interprofessionnelle pour une prescription médicamenteuse durable

- Renforcer la communication et la continuité thérapeutique du prescripteur, au dispensateur et à l'utilisateur du médicament
- Renforcer la prescription-dispensation de proximité afin de limiter l'empreinte carbone des envois postaux de médicaments
- Valoriser le dossier médical partagé pour soutenir et renforcer une chaîne coordonnée, efficace, sûre, économique et durable de la prescription à la dispensation du médicament
- Coordonner des actions d'éducation thérapeutique des patients
- Participer aux cercles de qualité médecins-pharmaciens pour soutenir la prescription durable et coordonner les visites des délégués médicaux par groupe de praticiens/quartier/région

Grâce à la recherche en sciences de la vie et sciences pharmaceutiques, les nouveaux médicaments deviennent de plus en plus ciblés et performants. Afin de maximiser leurs effets pour la société et de minimiser leur impact sur l'environnement, nous devons assurer leur prescription et dispensation personnalisées reposant sur des compétences interprofessionnelles solides[10] (voir le chapitre 8 : Éthique du *care* élargie à l'environnement). Ceci passe par l'établissement de collaborations interprofessionnelles basées sur une définition claire et concertée des rôles[20]. Ces collaborations, soutenues par un dossier médical partagé, permettront de renforcer la qualité de la médication prescrite et dispensée, et d'ajuster plus précisément les quantités de médicaments dont un patient a besoin afin de limiter les délivrances excessives, mais aussi les ruptures de médicaments. Par exemple, il est important que le médecin informe son patient, stabilisé sous son traitement chronique, qu'une ordonnance pour six à douze mois ne signifie pas que l'ensemble du traitement sera délivré en une fois, mais que la meilleure stratégie de dispensation sera établie entre le pharmacien et le patient, par exemple par tranches de deux à quatre mois renouvelables[11].

Rôle actif du patient

Le patient est partenaire à part entière du processus de dispensation durable des médicaments ; son rôle actif est décrit dans le tableau 5. Il est important que médecin et pharmacien considèrent le patient dans le processus de décision partagée et l'accompagnent dans une gestion autonome et éclairée des médicaments prescrits et des médicaments

consommés en automédication (OTC) afin de garantir l'efficacité, la sécurité des traitements et d'éviter une accumulation irrationnelle de médicaments au domicile[21]. En sus des risques pour la santé, la non-adhésion à un traitement correctement prescrit et dispensé augmente notablement l'empreinte carbone du médicament.

Tableau 5. Rôle actif du patient pour une utilisation durable des médicaments

- Avoir un médecin de premier recours et un pharmacien de référence
- Collaborer activement avec les professionnels de santé et amener ses médicaments au cabinet/à l'officine (revue de médication)
- Obtenir ses médicaments par des sources légitimées et locales, éviter les commandes par Internet (risques de commande inappropriée ou contrefaçons)[33]
- Informer le médecin, le pharmacien, l'infirmière des difficultés rencontrées avec ses médicaments
- Limiter le stockage de médicaments au domicile, mais toujours avoir une marge de confort/sécurité, par exemple un minimum de deux semaines de traitement chronique
- Envisager un achat rationnel de médicaments en vente libre et en petite quantité pour les utilisations au besoin
- Amener tous les médicaments inutilisés/périmés et leurs dispositifs d'administration chez le pharmacien ou dans les déchetteries
- Ne jamais utiliser l'évier ou les toilettes pour éliminer ses médicaments
- Pour les patients sous semainiers, ne pas vider son semainier avant le remplissage par le pharmacien ou l'infirmière

Responsabilités de l'industrie pharmaceutique et des autorités sanitaires

Responsabilités de l'industrie pharmaceutique

Afin de tenir compte du cycle de vie total des molécules actives, l'industrie pharmaceutique doit publier des données sur l'impact environnemental des médicaments qu'elle produit[22]. Malheureusement, les propriétés environnementales des médicaments sont encore peu disponibles mis à part celles de quelques molécules très étudiées (par exemple, diclofénac, antibiotiques). Des études suggèrent de mieux évaluer cet impact tôt dans le développement des médicaments[23]. D'une part, en continuant à s'intéresser aux dispositifs innovants d'administration des médicaments

ainsi qu'à la métabolisation *in vivo* des principes actifs et principes inertes afin de mettre au point des médicaments à demi-vie longue permettant de simplifier la fréquence d'administration. Et d'autre part, en renforçant la démarche *eco-directed sustainable prescribing* pour une dégradation rapide des médicaments dans l'environnement. Ces données devraient figurer dans les monographies des nouveaux médicaments au même titre que les données de toxicité humaine[24].

Tous les médicaments ne sont pas égaux quant à leur impact sur l'environnement et sur la pollution des eaux lors de leur excrétion. Mieux maîtriser ces données permettrait au prescripteur/dispensateur de choisir les médicaments avec le plus faible impact environnemental (voir Tableau 6). Relevons que des initiatives publiques émergent ; The Drug Therapeutic Committee, and the Health and Medical Care Administration de la région de Stockholm en Suède met à disposition des données environnementales des médicaments (https://janusinfo.se/beslutsstod/lakemedelochmiljo/pharmaceuticalsandenvironment.4.7b57ecc216251fae47487d9a.html),

Tableau 6. Responsabilités de l'industrie pharmaceutique

- Mettre à disposition de la société des tailles d'emballages appropriées (exemple : antibiotiques selon posologies/durées de traitement ; emballages de 30 et 90 comprimés [cp] pour les traitements chroniques ; petits emballages de 10 ou 20 cp pour les médicaments à prendre au besoin)
- Assurer une bonne traçabilité des substances actives et inertes contenues dans les médicaments
- Optimiser les dispositifs d'administration des médicaments
- Optimiser le packaging des médicaments et les matériaux utilisés (par exemple, favoriser les polymères biodégradables, mieux comprendre le risque des nanoparticules comme celles d'oxyde de titane[34])
- Publier des données sur l'impact environnemental de la recherche, fabrication, distribution et marketing des médicaments, y compris le déplacement des délégués médicaux (voir le chapitre 29 : Écotoxicologie des médicaments)
- Publier des données de stabilité, dans des conditions définies de température, lumière et humidité, au-delà de la date de péremption, des médicaments disponibles sous forme de comprimés et dont le principe actif est particulièrement stable (par exemple, le paracétamol)

Légalement, les médicaments des pharmacies de ménage qui ont dépassé la date de péremption ne devraient plus être utilisés. Or, une étude de la Federal Drug Administration (FDA) aux États-Unis montre que, conservés

dans de bonnes conditions et dans leur emballage d'origine, certains principes actifs sous forme de comprimés sont stables au-delà de la date de péremption et ne se dégradent pas en composants toxiques[25]. Afin de limiter le gaspillage de médicaments, il serait judicieux que les firmes pharmaceutiques publient des données complémentaires postmarketing pour les professionnels de santé afin que ces derniers puissent recommander la meilleure attitude à leurs patients qui leur présentent un médicament dont la date est périmée depuis peu.

Responsabilités des autorités sanitaires

Bien que des études sur l'ensemble des continents montrent que les consommateurs se disent favorables aux programmes de recyclage des médicaments afin de protéger l'environnement, les ordures ménagères, l'évier ou les toilettes continuent à être utilisés comme voie d'élimination[26]. Des campagnes d'information des autorités sanitaires et des professionnels de santé doivent être renforcées pour mieux informer et orienter les consommateurs. Certains pays organisent des campagnes ponctuelles de retour de médicaments, sans frais, voire de façon anonyme. Ainsi, 500 kg de médicaments ont été retournés durant une campagne de trente jours dans 91 pharmacies croates[27]. Ces campagnes sont possibles uniquement si elles sont économiquement viables et financées par les autorités publiques, par exemple sur la base d'une taxe sur le médicament[26,28].

En Suisse, les médicaments font partie des déchets spéciaux et ne doivent pas être éliminés dans les ordures ménagères. Selon l'Office fédéral de l'environnement (Ofev), les médicaments périmés ou non utilisés *peuvent* être rapportés gratuitement dans les points de vente, en particulier les pharmacies ou les centres de collecte des ordures, mais aucune réglementation fédérale n'est en vigueur[29]. Néanmoins, pharmaciens et sociétés de valorisation des déchets collaborent étroitement pour favoriser une destruction contrôlée des médicaments et un recyclage des dispositifs. À titre d'exemple, selon l'Ofev, 4 692 tonnes de médicaments ont été incinérés en Suisse en 2017 (19 h 30 RTS 27 janvier 2019), pour un volume de 185 millions d'emballages utilisés/vendus la même année en Suisse (selon l'Interpharma[a]).

a. www.interpharma.ch/fr/faits-et-statistiques/2764-des-medicaments-novateurs-assurent-la-croissance-du-marche-en-2017

Conclusion et perspectives

Pour un système de santé durable, nous devons tenir compte de l'empreinte écologique des médicaments et favoriser les bonnes pratiques en termes de prescription, dispensation et utilisation durables qui limitent l'émission de carbone et le gaspillage médicamenteux. Un tel changement systémique de culture doit être partagé par tous, gouvernement, industrie pharmaceutique, professionnels de santé et patients[30]. Les professionnels de santé doivent être des leaders de la promotion de la santé et s'engager à limiter l'impact sur l'environnement des activités du système de santé sans compromettre son efficience. Les universités et les hautes écoles de santé doivent s'engager dans la formation des professionnels en matière de prescription, dispensation et utilisation durables des médicaments. Il s'agira aussi d'informer et de former la population à travers des interactions individuelles et des programmes ciblés de santé publique. À tous les niveaux, les initiatives de recherche et de développement doivent favoriser l'économie circulaire du médicament[31]. Dans cette perspective, les médicaments personnalisés et la digitalisation seront appelés à soutenir la réforme écologique du système de santé.

Références bibliographiques

1. Balavoine M, Kiefer B, Vers un autre système de santé, Lausanne, Panète Santé, Revue médicale suisse, Fondation Leenaards, 2019, https://www.planetesante.ch/rapport-sante-2019.
2. Académie suisse des sciences médicales, Développement durable du système de santé, Swiss Academies Communications [Internet] 2019, 15 septembre 2021 ; 14(2).
3. European Academies' Science Advisory Council and Federation of European Academies of Medicine, « Decarbonisation of the Health Sector: A Commentary by EASAC and FEAM », Commentary, 2021.
4. Karliner J, Slotterback S, Boyd R, Ashby B, Steele K, « Health Care's Climate Footprint: How the Health Sector Contributes to the Global Climate Crisis and Opportunities for Action », 2019.
5. Eckelman M, Sherman J, MacNeill A, « Life Cycle Environmental Emissions and Health Damages from the Canadian Healthcare System: An Economic-Environmental-Epidemiological Analysis », PLoS One, 2018 ; 15(7) : e1002623.
6. Eckelman M et Sherman J, « Environmental Impacts of the U.S. Health Care System and Effects on Public Health », PLoS One, 2016 ; 11(6) : e0157014.
7. Peake BM, Braund R, Tong AYC, Tremblay LA, « 8 – Green Chemistry, Green Pharmacy, and Life-Cycle Assessments », in Peake BM, Braund R, Tong AYC, Tremblay LA (ed.), The Life-Cycle of Pharmaceuticals in the Environment, Woodhead Publishing, 2016, p. 229-242.

8. Tennison I, Roschnik S, Ashby B, Boyd R, Hamilton I, Oreszczyn T, et al., « Health Care's Response to Climate Change: A Carbon Footprint Assessment of the NHS in England », The Lancet Planetary Health, 2021 ; 5(2) : e84-e92.
9. Malik A, Lenzen M, McAlister S, McGain F, « The Carbon Footprint of Australian Health Care », The Lancet Planetary Health, 2018 ; 2(1) : e27-e35.
10. Richie C, « Environmental Sustainability and the Carbon Emissions of Pharmaceuticals », Journal of Medical Ethics, 2021:medethics-2020-106842.
11. Peake BM, Braund R, Tong AYC, Tremblay LA, « 2 – Prescribing Practices », in Peake BM, Braund R, Tong AYC, Tremblay LA (ed.), The Life-Cycle of Pharmaceuticals in the Environment, Woodhead Publishing, 2016, p. 15-58.
12. Peake BM, Braund R, Tong AYC, Tremblay LA, « 5 – Impact of Pharmaceuticals on the Environment », in Peake BM, Braund R, Tong AYC, Tremblay LA (ed.), The Life-Cycle of Pharmaceuticals in the Environment, Woodhead Publishing, 2016, p. 109-152.
13. Aus der Beek T, Weber FA, Bergmann A, Hickmann S, Ebert I, Hein A, et al., « Pharmaceuticals in the Environment--Global Occurrences and Perspectives », Environmental Toxicology and Chemistry, 2016 ; 35(4) : 823-835.
14. Sathishkumar P, Meena RAA, Palanisami T, Ashokkumar V, Palvannan T, Gu FL, « Occurrence, Interactive Effects and Ecological Risk of Diclofenac in Environmental Compartments and Biota – A Review », The Science of the total environment, 2020 ; 698 : 134057.
15. Lonappan L, Brar SK, Das RK, Verma M, Surampalli RY, « Diclofenac and its Transformation Products: Environmental Occurrence and Toxicity – A Review », Environment International, 2016 ; 96 : 127-138.
16. Acuña V, Ginebreda A, Mor JR, Petrovic M, Sabater S, Sumpter J, et al., « Balancing the Health Benefits and Environmental Risks of Pharmaceuticals: Diclofenac As an Example », Environment International, 2015 ; 85 : 327-333.
17. Panigone S, Sandri F, Ferri R, Volpato A, Nudo E, Nicolini G, « Environmental Impact of Inhalers for Respiratory Diseases: Decreasing the Carbon Footprint While Preserving Patient-Tailored Treatment », BMJ Open Respiratory Research, 2020 ; 7(1).
18. Niquille A, Bugnon O, « Pharmaceuticals and Environment: Role of Community Pharmacies », in Pharmaceuticals in the Environment, 3rd ed., Berlin, Springer, 2008, p. 467-473.
19. Treibich C, Lescher S, Sagaon-Teyssier L, Ventelou B, « The Expected and Unexpected Benefits of Dispensing the Exact Number of Pills », PLoS One, 2017 ; 12(9) : e0184420.

20. Bardet JD, Vo TH, Bedouch P, Allenet B, « Physicians and Community Pharmacists Collaboration in Primary Care: A Review of Specific Models », Research in Social and Administrative Pharmacy, 2015 ; 11(5) : 602-622.
21. Ruhoy IS, Daughton CG, « Beyond the Medicine Cabinet: An Analysis of Where and Why Medications Accumulate », Environment International, 2008 ; 34(8) : 1157-1169.
22. Ott D, Kralisch D, Dencic I, Hessel V, Laribi Y, Perrichon PD, et al., « Life Cycle Analysis within Pharmaceutical Process Optimization and Intensification: Case Study of Active Pharmaceutical Ingredient Production », ChemSusChem, 2014 ; 7(12) : 3521-3533.
23. Daughton CG, « Eco-Directed Sustainable Prescribing: Feasibility for Reducing Water Contamination by Drugs », The Science of The Total Environment, 2014 ; 493 : 392-404.
24. Lyons G, Pharmaceuticals in the Environment: A Growing Threat to our Tap Water and Wildlife, 2014.
25. Cantrell L, Suchard JR, Wu A, Gerona RR, « Stability of Active Ingredients in Long-Expired Prescription Medications », Archives of Internal Medicine, 2012 ; 172(21) : 1685-1687.
26. Peake BM, Braund R, Tong AYC, Tremblay LA, « 3 – Disposal of Unused Medications », in Peake BM, Braund R, Tong AYC, Tremblay LA (ed.), The Life-Cycle of Pharmaceuticals in the Environment, Woodhead Publishing, 2016, p. 59-76.
27. Jonjic D, Vitale K, « Issues around Household Pharmaceutical Waste Disposal through Community Pharmacies in Croatia », International Journal of Clinical Pharmacy, 2014 ; 36(3) : 556-563.
28. Cook SM, VanDuinen BJ, Love NG, Skerlos SJ, « Life Cycle Comparison of Environmental Emissions from Three Disposal Options for Unused Pharmaceuticals », Environmental Science and Technology, 2012 ; 46(10) : 5535-5541.
29. Office fédéral de l'environnement (Ofev), Élimination des déchets médicaux, 1re édition actualisée 2021, 1re édition 2004 ; L'Environnement pratique ; 2113 : 60.
30. Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Boykoff M, et al., « The 2019 Report of The Lancet Countdown on Health and Climate Change: Ensuring that the Health of a Child Born Today Is Not Defined by a Changing Climate », The Lancet, 2019 ; 394(10211) : 1836-1878.
31. Raijada D, Wac K, Greisen E, Rantanen J, Genina N, « Integration of Personalized Drug Delivery Systems into Digital Health », Advanced Drug Delivery Reviews, 2021 ; 176 : 113857.
32. Di Paolo ER, Spaggiari S, Pannatier A, Sadeghipour F, Rochat I, Hafen GM, « Stop Using the Flotation Technique and Start Weighing Salbutamol Pressurised Metered-Dose Inhalers Without Dose Counters », Swiss Medical Weekly, 2015 ; 145 : w14162.

33. Michael White C, « Counterfeit Drugs: A Major Issue for Vulnerable Citizens throughout the World and in the United States », Journal of the American Pharmacists Association, 2021 ; 61(1) : e93-e98.
34. Skocaj M, Filipic M, Petkovic J, Novak S, « Titanium Dioxide in our Everyday Life; Is it Safe? », Radiology and Oncology, 2011 ; 45(4) : 227-247.

37 – Adaptation aux changements climatiques et impact clinique[a]

David Carballo, Sebastian Carballo et Pierre-Yves Martin

Introduction

Les changements climatiques liés au réchauffement planétaire ont un impact majeur sur la santé et les manifestations cliniques sont multiples[1]. Ces changements comportent des enjeux majeurs, notamment aux niveaux cardiovasculaire et rénal, avec des adaptations physiologiques et des effets physiopathologiques qui seront plus particulièrement développés dans ce chapitre. Le terme « changement climatique » plutôt que « réchauffement climatique » est utilisé, termes qui sont souvent interchangeables, car il est plus adapté aux vastes changements locaux et globaux constatés[2]. Le lien entre santé et changements climatiques évoqué dès le début des années 1990 a depuis fait l'objet d'un nombre d'études en augmentation exponentielle. L'année 2020 a pris particulièrement la mesure de cette menace qui devient une urgence de santé publique avec la nécessité d'actions politiques et de santé publique de grande envergure[3,4]. Aujourd'hui, des conditions ambiantes, les températures élevées ainsi que le stress thermique associé ont été démontrés augmentant la mortalité et la morbidité[5-10].

En ce qui concerne la température de la surface de la terre, on constate que la température globale a augmenté d'environ 1 °C depuis l'ère préindustrielle, avec la plus large augmentation (0,8 °C) depuis 1970 (Figure 1). L'ère géologique actuelle, dénommée Anthropocène pour décrire l'emprise de l'homme sur la nature, est contemporaine à une augmentation globale de 0,2 °C par décennie[11]. Les rapports de l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), présenté en 2014[12], évoquent déjà différents scénarios possibles, le plus mauvais étant une augmentation de 4 °C à la fin du siècle actuel ou de 2 °C avec les manœuvres d'atténuation les plus strictes proposées. Le dernier rapport (IPCC 2018) modélisant les conséquences d'un réchauffement de 1,5 °C prévoit des conséquences sociogéographiques avec l'augmentation du niveau des océans, des sécheresses, des inondations, des glissements de terrain, des tempêtes, l'acidification des

a. Chapitre adapté de Carballo D et al. Changement climatique et enjeux cliniques. Rev Med Suisse. 2021 ; 7 (724) : 258-262.

océans, la baisse de la biodiversité, l'extinction d'une grande proportion des espèces végétales et animales, une augmentation des déplacements forcés de populations et du mouvement migratoire, des changements démographiques, ainsi que le changement de la distribution de multiples maladies infectieuses et notamment l'émergence de nouvelles souches virales. À ce sujet, l'OMS a déclaré, depuis 2009, 6 états d'urgence de santé publique, tous en relation avec des pandémies virales[13].

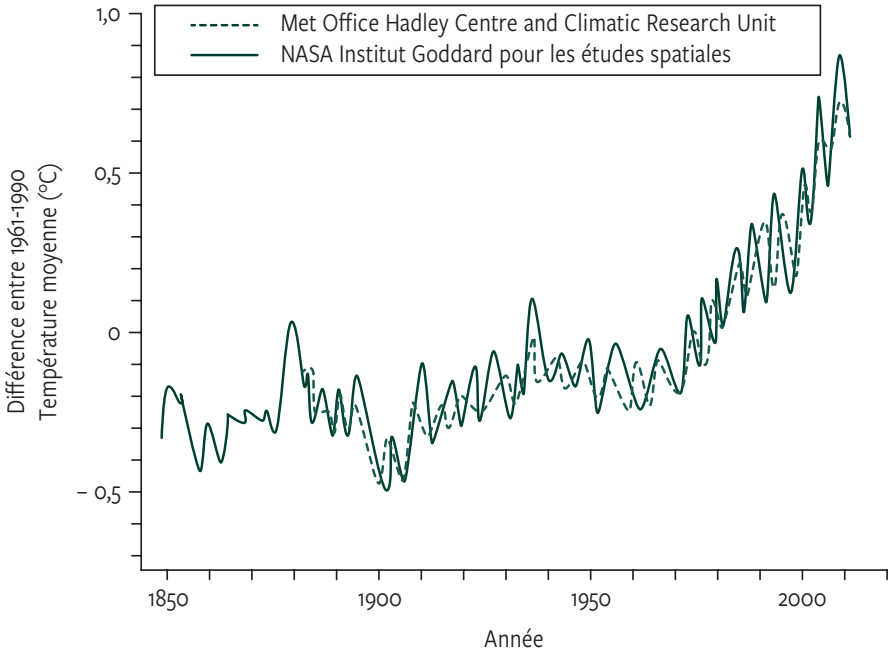


Figure 1. Évolution de la température moyenne mondiale selon le Met Office (adaptée de la réf. [8])
Met Office : service national britannique de météorologie.

Ces rapports soulignent également des dangers pour la sécurité alimentaire en raison d'une baisse de l'accès à l'eau et de la diminution de la productivité agricole et de la pêche. Le secteur agricole utilise 70 % des ressources en eau et les zones irriguées ont augmenté de 5 fois en un siècle. Selon l'OMS, 2 milliards d'individus n'ont pas accès à de l'eau potable[14] et, en 2025, 64 % de la population mondiale résidera dans des régions à risque de manquer d'eau. En plus de l'aridité des sols, une augmentation de 2,5 °C en dessus des températures préindustrielles pourrait entraîner la disparition de 20 à 30 % des espèces végétales ou animales.

Une étude estime à 40 % la diminution des capacités de travail à cause de la chaleur[15].

Adaptation aux changements climatiques et impact clinique

Comparées à l'augmentation du nombre des études sur ces modifications sociogéographiques, les études sur les conséquences physiologiques sont moins nombreuses, et celles qui ont été réalisées montrent que les capacités d'adaptation à la chaleur sont limitées. En effet, une des bases de la régulation thermique corporelle est la présence d'un gradient de température entre la température interne et externe. Une baisse de ce gradient diminuera significativement les capacités de régulation dans les régions très chaudes. La communauté médicale, au même titre que les autres communautés scientifiques, doit donc s'inquiéter des changements climatiques et de leurs conséquences. Sans discuter des prises de positions politiques, celles-ci doivent prendre position et alarmer la population sur les dangers inhérents aux changements climatiques[16].

Il est difficile d'être exhaustive sur les effets potentiels sur la santé des changements climatiques ainsi que des effets de la pollution de l'air et de la pollution des sols mais ceux-ci peuvent être abordés par thèmes, dont les principaux sont énumérés dans le tableau 1.

Les atteintes cardiovasculaires et rénales vont être spécifiquement abordées dans ce chapitre avec notamment l'adaptation physiologique à la chaleur, les conséquences électrolytiques, ainsi que les effets sur l'insuffisance rénale aiguë et chronique, et quelques considérations de l'impact au niveau pulmonaire. Cependant, quasiment tous les systèmes peuvent être atteints, par exemple les systèmes endocrinien, neurologique ou dermatologique ; l'impact se ressent également au niveau des cancers, des maladies infectieuses émergentes, notamment les zoonoses, ainsi qu'au niveau psychiatrique avec des atteintes de type anxio-dépressif, l'émergence de l'éco-anxieté, et des syndromes post-traumatiques (PTSD) (voir le chapitre 13 : Éco-anxiété et société, et le chapitre 20 : Impact des dégradations environnementales sur la santé mentale des populations).

Tableau 1. Exemple des multiples conséquences sanitaires du changement climatique

Conséquences médicales	Mécanismes	Causes climatiques
Dénutrition, malnutrition, maladies diarrhéiques	Baisse de la production alimentaire	Acidification de l'océan, inondations, sécheresse
Santé mentale, éco-anxiété, PTSD	Toutes les catastrophes naturelles : tempêtes, sécheresses, inondations, incendies ; augmentation des déplacements forcés de populations et mouvement migratoire	Perte de capacité de travailler, pauvreté, migration, perte d'habitats
Maladies cardiovasculaires (par exemple maladie coronarienne, insuffisance cardiaque)	Pollution, chaleur	Vagues de chaleurs, sécheresses, feux
Maladies respiratoires (par exemple allergies, asthme, exacerbations BPCO)	Pollution, allergènes, augmentation de l'ozone	Diminution des précipitations, sécheresses, feux, inondation
Maladies infectieuses, maladies émergentes	Diarrhées bactériennes, leptospiroses, cryptosporidioses, choléra	Inondations, augmentation de la température moyenne
Maladies transmises par des vecteurs (par exemple malaria, dengue, Lyme)	Élargissements des territoires permettant la survie des moustiques vecteurs de maladies transmissibles comme la malaria, émergence de nouvelles souches	Perte de la biodiversité, disparition d'écosystème, augmentation de la température moyenne

Adaptation physiologique à la chaleur

Pour assurer un fonctionnement cellulaire optimal, la température doit être maintenue dans une fourchette étroite entre 36,5 et 37 °C. Cela nécessite un équilibre entre la production endogène et les échanges physiques de chaleur (convection, radiation, conduction) et évaporatoires (transpiration, respiration) avec l'environnement. L'augmentation de la température ambiante entraîne des adaptations qui ont leurs limites particulièrement lors des vagues de chaleur. À noter que les définitions d'une vague de chaleur varient énormément entre les études, notamment lorsqu'un chiffre absolu est décrit (de 28 à 37 °C selon les pays). Il existe néanmoins des critères établis basés sur les conditions locales dont les trois principaux sont sur un minimum de 3 jours : température minimale sur 24 heures ; température maximale sur 24 heures ; index facteur de chaleur excessive. Comme illustré dans la figure 2, une vague de chaleur induit une augmentation du débit et de la fréquence cardiaques, avec une baisse de la précharge et de la postcharge[17]. Un changement de la répartition du volume sanguin est observé, avec une augmentation du volume vasculaire cutané et une baisse des volumes splanchniques et rénaux. La viscosité sanguine augmente également. Ces changements entraînent un risque accru d'arythmies, d'hypotension, de syncope et d'événements thromboemboliques veineux et artériels. On assiste à une baisse du débit sanguin rénal, pouvant conduire à une insuffisance rénale aiguë. Au niveau cellulaire, une augmentation de la température entraîne des dysfonctions multiples par la dénaturation de processus, comme la structure tridimensionnelle des protéines, l'intégrité lipidique des membranes et les flux calciques. Le stress thermique entraîne l'activation d'une famille de protéines appelée *Heat Shock Proteins* (HSP), cruciales dans la protection cellulaire au stress thermique. Ces dernières stimulent la synthèse de protéines protectrices qui modèrent les conséquences de la chaleur agissant au niveau des flux calciques et de la dégradation des phospholipides membranaires. Elles ont également un rôle de chaperon cellulaire qui protège les structures tridimensionnelles des protéines, essentielles dans le maintien de leur fonction de signalisation. Cependant, les adaptations physiologiques atteignent leurs limites et les meilleurs outils d'adaptation sont comportementaux. Ces outils sont le déplacement dans des zones moins chaudes, la création d'espaces ombrés et le refroidissement de l'air ambiant (ventilation, air conditionné). L'accès à l'eau est un facteur déterminant et qui est malheureusement limitant pour une proportion croissante de la population mondiale. Une hydratation insuffisante va diminuer les capacités de refroidissement par la sueur et accélérera l'augmentation de la

température corporelle. Elle favorisera aussi l'hyperosmolarité. Plusieurs études ont montré les effets délétères de l'hyperosmolarité. Cette dernière stimule la voie des polyols qui augmente la production de fructose intracellulaire, ce qui stimule le stress oxydatif, la production d'acide urique et altère l'endothélium menant à une artériolopathie et une fibrose interstitielle rénale.

Impact du stress lié à la chaleur sur des paramètres cardiaques	**Stress lié à la chaleur**	**Risque augmenté pour**
Débit cardiaque	↑↑	
Fréquence cardiaque	↑↑	Arythmies cardiaques
Volume d'éjection	↔	
Précharge	↓↓	
Postcharge	↓	
Fonction diastolique/compliance	↔	Individus avec maladies endocriniennes sous-jacentes (**hyperthyroïdie**)
Fonction systolique/inotropie	↑	
Impact du stress lié à la chaleur sur des paramètres vasculaires		Admissions hospitalières
	Stress lié à la chaleur	
Vaisseaux sanguins	↑↑	Infarctus du myocarde
Viscosité sanguine	↑↑	Maladie thromboembolique
Pression artérielle	↓↓	Syncope hypotensive
Volume vasculaire cutané	↑↑	Arrêt cardiaque
Volume splanchnique et rénal	↓	Atteinte rénale aiguë

↓ : diminution ; ↓↓ : forte diminution ; ↑ : augmentation ; ↑↑ : forte augmentation ; ↔ : pas d'effet.

Figure 2. Modifications des paramètres cardiovasculaires causés par la chaleur et leurs conséquences potentiels (adaptée de la réf. [9])

Vulnérabilité et réchauffement climatique

Le réchauffement climatique est une mise en situation de vulnérabilité notamment par le stress thermique. Parmi les facteurs non modifiables, l'âge apparaît comme le plus important. En 2003, la vague de chaleur qui a atteint l'Europe s'est accompagnée d'une augmentation de 40 à 100 % de la mortalité chez les personnes de plus de 65 ans, alors qu'elle était

de 20 à 30 % entre 35 et 64 ans, et négligeable en dessous de 35 ans[18]. Cela s'explique en grande partie par la perte de la capacité d'adaptation physiologique à la chaleur des personnes âgées. Dans les autres facteurs, on relève les facteurs socio-économiques et géographiques. Certains sont non modifiables (la latitude, l'altitude, les précipitations annuelles, etc.) et d'autres modifiables (accès à l'eau, protection à la chaleur, méthodes de refroidissements, etc.). Ces éléments sont intégrés à la définition des populations vulnérables et de justice climatique[19].

Conséquences cardiovasculaires des changements climatiques et de la pollution de l'air

Parmi les causes de mortalité liées aux vagues de chaleurs, les événements cardiovasculaires majeurs (MACE) dominent les tableaux, comptant pour jusqu'à 90 % de la mortalité. Ces événements touchent les personnes aux antécédents cardiovasculaires (mortalité augmentée de six fois) mais aussi sans aucun antécédent. La mortalité cardiovasculaire est caractérisée par la grande proportion d'événements extrahospitaliers (arrêts cardiaques, collapsus cardiocirculatoire). Des états hypercoagulables et d'hyperviscosité augmentent les risques d'ischémie coronarienne aiguë. De plus, l'hyperthermie favoriserait les ruptures de plaques d'athérosclérose. Sans surprise, les autres facteurs de risque (hypertension, obésité et diabète type 2) sont aussi associés à une augmentation de la mortalité[20,21].

La combustion de matières fossiles est une source de gaz à effet de serre et de pollution de l'air, et les changements climatiques en sont en grande partie liés. Pour ce qui est des gaz à effet de serre, ceux-ci absorbent et émettent le rayonnement infrarouge en fonction de leur concentration atmosphérique. Les composants de la pollution de l'air externe sont en premier lieu des particules (*Particulate Matter*, PM) qui peuvent être de dimensions variables. Celles de moins de 2,5 µm ($PM_{2.5}$), dites particules fines, sont les plus délétères. D'autres composants sont les polluants gazeux tels l'ozone, le dioxyde d'azote (NO_2), les composés organiques volatiles, le monoxyde de carbone, et le dioxyde de soufre également produits par l'utilisation de combustibles fossiles. La pollution particulaire est classée comme un facteur de risque de mortalité modifiable[22]. Un modèle épidémiologique a estimé que les années de vie perdues liées à la pollution de l'air dépassent celles liées au tabagisme avec un excès de mortalité globale de 8,8 millions/an[23]. Les effets sur la mortalité à court terme sont attribuables à l'exposition aux $PM_{2.5}$, au NO_2 et à l'ozone. Il y a une augmentation moyenne de 1,0 % de mortalité pour chaque augmentation de

10 g/m^3 d'exposition au $PM_{2.5}$. Les effets au long cours sont quant à eux plutôt liés spécifiquement à l'exposition au $PM_{2.5}$. Le lien entre l'exposition aux $PM_{2.5}$, l'athérosclérose et la maladie coronarienne se base sur des études épidémiologiques et des études expérimentales ; singulièrement une réduction du taux de $PM_{2.5}$ est associée à des améliorations au niveau de l'inflammation, de l'état thrombotique, du stress oxydatif et avec une diminution de la mortalité liée à la cardiopathie ischémique[24-26].

Conséquences pulmonaire et respiratoire

Le système respiratoire est particulièrement susceptible aux changements climatiques, aux effets directs de la pollution particulaire de l'air et de l'augmentation des allergènes circulants. Comme décrit précédemment, les particules fines augmentent le stress oxydatif, l'inflammation pulmonaire et systémique. La mortalité respiratoire est augmentée suite à cette exposition mais la fonction pulmonaire est également impactée, ainsi que la survenue de la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO). En effet, dans une récente étude utilisant des données de la « UK Biobank », on constate une augmentation relative du risque de BPCO de 50 % pour une augmentation modeste de 5 g/m^3 de $PM_{2.5}$ (OR 1,52)[27] ainsi qu'une augmentation des épisodes d'exacerbations. Par ailleurs, les changements climatiques sont associés à l'allongement des périodes polliniques ainsi qu'à l'apparition de nouveaux pollens qui ont le potentiel de modifier l'incidence et la sévérité de l'asthme allergique[28]. L'augmentation des allergènes circulants, *via* l'inflammation éosinophilique augmente donc la survenue de l'asthme particulièrement chez les enfants et les jeunes adultes[29].

Conséquences électrolytiques

Des désordres électrolytiques sont observés lors de l'augmentation de la température et les vagues de chaleur. Ceux-ci peuvent favoriser les complications cardiovasculaires, notamment des troubles liés au sodium et au potassium qui jouent un rôle dans les tissus neuromusculaires. L'hypernatrémie survient lors d'une augmentation de l'évaporation cutanée, la sueur entraînant une perte d'eau libre plus importante que de sel. Le manque d'apport en eau libre amplifie ce risque, de même que les troubles de la concentration urinaire qui caractérisent les personnes âgées au même titre que la perte de la sensation de soif. L'hypernatrémie est associée à une augmentation des coups de chaleur, des MACE et des insuffisances rénales aiguës. L'hyponatrémie est le trouble électrolytique le plus fréquent dans

les centres d'urgences. Cela s'explique par un excès d'apport d'eau libre, proportionnellement à la perte d'eau et de sel. Le stress associé à la chaleur stimule de manière non osmotique la sécrétion de vasopressine qui diminue les capacités rénales de diluer les urines et ce défaut d'excrétion d'eau libre participe à l'hyponatrémie. Les personnes âgées sont particulièrement exposées, car leur apport en sel est souvent plus faible et elles prennent souvent des médicaments qui interfèrent avec la réponse rénale (voir le chapitre 35 : Personnes âgées et réchauffement climatique).

Insuffisance rénale aiguë

Dans les diagnostics médicaux d'admission hospitalière durant les vagues de chaleur chez les personnes de plus de 65 ans aux États-Unis[30], le risque relatif (RR) d'insuffisance rénale aiguë (IRA) a été décrit de 1,15 alors que celui d'insuffisance cardiaque chronique est de 0,95 (à corréler avec l'augmentation des événements cardiovasculaires extrahospitaliers). Le lien entre la température élevée et l'IRA a été bien démontré avec une augmentation du RR dès que la température dépasse 28 °C[31]. Dans ces circonstances les personnes âgées sont également davantage exposées et de nombreux médicaments aggravent ce risque. Parmi ceux-ci, les IECA/sartans, les diurétiques et les AINS sont les plus fréquemment cités. Les anticalciques, les bêtabloquants, les antidépresseurs, les anticholinergiques et les antipsychotiques augmentent les risques d'effets secondaires, notamment les coups de chaleur.

Insuffisance rénale chronique (IRC)

L'augmentation de la température s'associe à une stimulation de la vasopressine. La vasopressine a une demi-vie courte et on l'estime *via* la copeptine, qui a une demi-vie plus longue. Trois cohortes européennes montrent que le niveau de la copeptine est corrélé avec le risque d'IRC, les groupes ayant le niveau le plus élevé étant les plus exposés[32]. Une épidémie de néphrites interstitielles (CKDu : *Chronic Kidney Disease of Unknown Etiology/Uncertain Cause*) dans des régions exposées aux hautes températures qui touchent des travailleurs agricoles est inquiétante. Les trois plus connues sont la néphropathie du Sri Lanka, celle de la province d'Uddanam en Inde et la néphrite mésoaméricaine touchant la côte du Pacifique entre Mexico et Panama. Cette dernière est la mieux étudiée car elle est devenue la deuxième cause de mortalité chez les hommes entre 20 et 50 ans. 10 % des jeunes adultes ont une IRC avec une augmentation annuelle de 9 %[33]. Cela touche les coupeurs de canne à sucre

qui travaillent dans des conditions climatiques extrêmes. Dans une étude au Guatemala, 60 à 80 % des travailleurs présentaient les critères d'IRA après une période de travail de huit heures[34]. L'hypothèse d'une succession d'épisodes d'IRA menant à une néphrite interstitielle chronique est soutenue par des observations animales. Celles-ci montrent les mécanismes impliqués et les rôles du fructose et de la vasopressine dans la pathogénèse des lésions interstitielles[35]. Des interventions simples (gourde portable 3 litres et accès à de l'eau ; tente mobile pour avoir de l'ombre ; repos à intervalles réguliers ; une période de travail de huit heures maximum) minimisent les IRA[36]. Cependant, cela ne peut expliquer l'ampleur des atteintes et d'autres éléments, notamment toxiques, doivent jouer un rôle.

Augmentation du risque de lithiases rénales

Le risque de lithiase rénale est associé aux conditions climatiques comme le démontre la *Southeastern US Kidney Stone Belt*. Il est estimé que le réchauffement climatique va entraîner une migration nord-ouest de cette ceinture qui provoquera entre 1,6 et 2,2 millions de cas supplémentaires de calculs rénaux en 2050, augmentant de 41 à 56 % le nombre des personnes à haut risque[37]. Une observation sur dix ans montre une augmentation du risque relatif de lithiases rénales de 1,3 lorsque la température dépasse les 30 °C[38].

Conséquences en pratique clinique

Au vu des atteintes partiellement décrites dans cet ouvrage, il paraît nécessaire d'adapter la pratique clinique aux conséquences du changement climatique et des effets de la pollution, afin de pouvoir accompagner les patients au mieux. Comme mentionné précédemment, la communauté médicale doit s'inquiéter de ces conséquences et doit sans doute prendre position et alarmer la population sur les dangers inhérents aux changements climatiques[16]. Les médecins notamment vont à l'avenir devoir avoir de multiples rôles, que ce soit dans la prévention ou dans les mesures adaptatives, au vu par exemple de l'évolution de la démographie avec les personnes âgées qui seront probablement le groupe le plus impacté. Le médecin devra être informé et conscient de ces risques afin de pouvoir adapter la prise en charge clinique, de pouvoir conseiller les patients et de prévenir les complications, particulièrement avec des ajustements médicamenteux. Dans cette optique, quelques aspects pratiques sont mentionnés dans le tableau 2.

Tableau 2. Exemples d'éléments pratiques en clinique

Constat	Description du risque	Action potentielle
Vagues de chaleur plus fréquentes	Populations vulnérables : personnes âgées, à mobilité réduite, atteinte en santé mentale	Vigilance accrue au niveau des systèmes de santé publique avec mise en place de stratégies de surveillance, d'alerte et de prise en charge à l'échelle de la communauté
		Suivi serré de certains malades
	Plusieurs traitements peuvent avoir des effets délétères lors des pics de chaleur et/ou de déshydratation Risque d'insuffisance cardiaque et d'insuffisance rénale, populations à risque telle celle atteinte de diabète	Ajustements éventuels de médicaments, notamment ceux métabolisés au niveau rénal ou hépatique Volémie à suivre lors de chaleur accablante
	Risque de traitements usuels pouvant causer des complications, y compris des hypotensions artérielles et diminuer la résilience à la chaleur	Attention aux dosages des diurétiques, agents anticholinergiques, antipsychotiques, bêtabloqueurs, anxiolytiques, antidépresseurs, anti-inflammatoires, inhibiteurs de la pompe à protons, etc.
	Clinicien·e·s manquent souvent les diagnostics liés à la chaleur, notamment aux urgences	Amélioration de la formation et de la sensibilisation
		Mesure de la température centrale et mise en place de mesures de refroidissement y compris en préhospitalier
	Manque de connaissance des risques encourus par les patients	Éducation et suivi post-retour à domicile

Constat	Description du risque	Action potentielle
Changements climatiques et perturbation environnementale	Éco-anxiété et hausse des maladies mentales types syndrome de stress post-traumatique	Attention particulière et prise en charge de la maladie mentale

Conclusion

Les changements climatiques sont un enjeu majeur de santé et la communauté médicale est en train de prendre conscience de son importance. Depuis plus d'une décennie, les évidences s'accumulent sur les multiples conséquences cliniques du réchauffement climatique. Parmi celles-ci, les maladies cardiovasculaires et rénales sont impactées soit directement par les effets de l'augmentation de la température ou la pollution, soit indirectement par les changements sociogéographiques. L'OMS en a fait une priorité pour la prochaine décennie. Dans ce contexte, les médecins ont et auront de manière plus importante à l'avenir de multiples rôles, que ce soit dans la prévention ou dans les mesures adaptatives. Les personnes âgées sont et seront probablement le groupe le plus impacté par les changements climatiques et il y aura la nécessité que le médecin soit informé et conscient de ces risques afin de pouvoir adapter la prise en charge clinique, de pouvoir conseiller les patients et de prévenir les complications, notamment avec des ajustements médicamenteux.

Références bibliographiques

1. Armstrong B, Bell ML, de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho M, et al., « Longer-Term Impact of High and Low Temperature on Mortality: An International Study to Clarify Length of Mortality Displacement », Environmental Health Perspectives, 2017 ; 125 : 107009.
2. Rossati A, « Global Warming and Its Health Impact », International Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2017 ; 8 : 7-20.
3. Gasparrini A, Guo Y, Sera F, et al., « Projections of Temperature-Related Excess Mortality under Climate Change Scenarios », The Lancet Planetary Health, 2017 ; 1 : e360-e367.
4. Harmer A, Eder B, Gepp S, Leetz A, van de Pas R, « WHO Should Declare Climate Change a Public Health Emergency », British Medical Journal, 2020 ; 368 : m797.
5. Burkart KG, Brauer M, Aravkin AY, et al., « Estimating the Cause-Specific Relative Risks of Non-Optimal Temperature on Daily Mortality: A Two-Part Modelling Approach Applied to the Global Burden of Disease Study », The Lancet, 2021 ; 398 : 685-697.

6. Ebi KL, Capon A, Berry P, et al., « Hot Weather and Heat Extremes: Health Risks », The Lancet, 2021 ; 398 : 698-708.
7. Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, et al., « Mortality Risk Attributable to High and Low Ambient Temperature: A Multicountry Observational Study », The Lancet, 2015 ; 386 : 369-375.
8. Jay O, Capon A, Berry P, et al., « Reducing the Health Effects of Hot Weather and Heat Extremes: From Personal Cooling Strategies to Green Cities », The Lancet, 2021 ; 398 : 709-724.
9. Martinez-Solanas E, Quijal-Zamorano M, Achebak H, et al., « Projections of Temperature-Attributable Mortality in Europe: A Time Series Analysis of 147 Contiguous Regions in 16 Countries », The Lancet Planetary Health, 2021 ; 5 : e446-e454.
10. Yang J, Yin P, Zhou M, et al., « Cardiovascular Mortality Risk Attributable to Ambient Temperature in China », Heart, 2015 ; 101 : 1966-1972.
11. Bein T, Karagiannidis C, Quintel M, « Climate Change, Global Warming, and Intensive Care », Intensive Care Medicine, 2020 ; 46 : 485-487.
12. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), United Nations body for assessing the science related to climate change.
13. Hansen A, Bi P, « Climate Change Adaptation: No One Size Fits All », The Lancet Planetary Health, 2017 ; 1 : e353-e354.
14. (UNICEF) WHOWatUNCsF, « Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2000-2020: Five Years into the SDGs », 2021.
15. Flouris AD, Dinas PC, Ioannou LG, et al., « Workers' Health and Productivity under Occupational Heat Strain: A Systematic Review and Meta-Analysis », The Lancet Planetary Health, 2018 ; 2 : e521-e531.
16. Haines A, Ebi K, « The Imperative for Climate Action to Protect Health », New England Journal of Medicine, 2019 ; 380 : 263-273.
17. Gostimirovic M, Novakovic R, Rajkovic J, et al., « The Influence of Climate Change on Human Cardiovascular Function », Archives of Environmental Occupational Health, 2020 ; 75 : 406-414.
18. Fouillet A, Rey G, Wagner V, et al., « Has the Impact of Heat Waves on Mortality Changed in France since the European Heat Wave of Summer 2003? A Study of the 2006 Heat Wave », International Journal of Epidemiology, 2008 ; 37 : 309-317.
19. Buse CG, Patrick R, « Climate Change Glossary for Public Health Practice: From Vulnerability to Climate Justice », Journal of Epidemiology and Community Health, 2020 ; 74 : 867-871.
20. Miranda JJ, Barrientos-Gutierrez T, Corvalan C, et al., « Understanding the Rise of Cardiometabolic Diseases in Low- and Middle-Income Countries », Nature Medicine, 2019 ; 25 : 1667-1679.
21. Vallianou NG, Geladari EV, Kounatidis D, et al., « Diabetes Mellitus in the Era of Climate Change », Diabetes & Metabolism, 2021 ; 47(7) : 101205.

22. Newby DE, Mannucci PM, Tell GS, et al., « Expert Position Paper on Air Pollution and Cardiovascular Disease », European Heart Journal, 2015 ; 36 : 83-93.
23. Lelieveld J, Pozzer A, Poschl U, Fnais M, Haines A, Munzel T, « Loss of Life Expectancy from Air Pollution Compared to Other Risk Factors: A Worldwide Perspective », Cardiovascular Research, 2020 ; 116 : 1910-1917.
24. Argacha JF, Mizukami T, Bourdrel T, Bind MA. « Ecology of the Cardiovascular System: Part II – A Focus on Non-Air Related Pollutants », Trends in Cardiovascular Medicine, 2019 ; 29 : 274-282.
25. Collaborators GBDRF, « Global, Regional, and National Comparative Risk Assessment of 84 Behavioural, Environmental and Occupational, and Metabolic Risks or Clusters of Risks for 195 Countries and Territories, 1990-2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 », The Lancet, 2018 ; 392 : 1923-1994.
26. Liu C, Chen R, Sera F, et al., « Ambient Particulate Air Pollution and Daily Mortality in 652 Cities », New England Journal of Medicine, 2019 ; 381 : 705-715.
27. Doiron D, de Hoogh K, Probst-Hensch N, et al., « Air Pollution, Lung Function and COPD: Results from the Population-Based UK Biobank Study », European Respiratory Journal, 2019 ; 54.
28. Lake IR, Jones NR, Agnew M, et al., « Climate Change and Future Pollen Allergy in Europe », Environmental Health Perspectives, 2017 ; 125 : 385-391.
29. Martinez FD, « Early-Life Origins of Chronic Obstructive Pulmonary Disease », New England Journal of Medicine, 2016 ; 375 : 871-878.
30. Hopp S, Dominici F, Bobb JF, « Medical Diagnoses of Heat Wave-Related Hospital Admissions in Older Adults », Preventive Medicine, 2018 ; 110 : 81-85.
31. Lim YH, So R, Lee C, et al., « Ambient Temperature and Hospital Admissions for Acute Kidney Injury: A Time-Series Analysis », Science of the Total Environment, 2018 ; 616-617 : 1134-1138.
32. El Boustany R, Tasevska I, Meijer E, et al., « Plasma Copeptin and Chronic Kidney Disease Risk in 3 European Cohorts from the General Population », JCI Insight, 2018 ; 3.
33. Mendley SR, Levin A, Correa-Rotter R, et al., « Chronic Kidney Diseases in Agricultural Communities: Report from a Workshop », Kidney International, 2019 ; 96 : 1071-1076.
34. Butler-Dawson J, Krisher L, Yoder H, et al., « Evaluation of Heat Stress and Cumulative Incidence of Acute Kidney Injury in Sugarcane Workers in Guatemala », International Archives of Occupational and Environmental Health, 2019 ; 92 : 977-990.
35. Johnson RJ, Stenvinkel P, Jensen T, et al., « Metabolic and Kidney Diseases in the Setting of Climate Change, Water Shortage, and Survival Factors », Journal of the American Society of Nephrology, 2016 ; 27 : 2247-2256.

36. Wegman DH, Apelqvist J, Bottai M, et al., « Intervention to Diminish Dehydration and Kidney Damage among Sugarcane Workers », Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 2018 ; 44 : 16-24.
37. Brikowski TH, Lotan Y, Pearle MS, « Climate-Related Increase in the Prevalence of Urolithiasis in the United States », Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2008 ; 105 : 9841-9846.
38. Kim E, Kim H, Kim YC, Lee JP, « Association between Extreme Temperature and Kidney Disease in South Korea, 2003-2013: Stratified by Sex and Age Groups », Science of the Total Environment, 2018 ; 642 : 800-808.

Partie 5 :
Enjeux environnementaux : système de santé et politiques publiques

38 – Les objectifs de développement durable (ODD), la santé et le bien-être

Nguyen Toan Tran

Introduction

Ce chapitre vise à donner un aperçu et une analyse critiques des objectifs de développement durable (ODD) et de leurs liens avec la santé. Pour les personnes impliquées dans la clinique, la recherche et les politiques sanitaires, les ODD offrent un cadre holistique de réflexions et d'actions transversales reliant santé, environnement et d'autres domaines prioritaires.

Bref aperçu des ODD

Adoptés en 2015 par l'Organisation des Nations unies (ONU), les ODD constituent une feuille de route pour l'horizon 2030. Les ODD comprennent 17 domaines d'actions prioritaires pour assurer un développement équitable, inclusif et sûr du point de vue environnemental en sorte que tous les peuples puissent jouir de la paix et de la prospérité[1].

Les 17 objectifs universels des ODD (et leurs 169 cibles connexes) s'appuient sur les réalisations et les aspirations des objectifs du millénaire pour le développement (OMD). Les ODD, établis pour la période 2000-2015, comprenaient 8 objectifs s'attaquant aux grands enjeux humanitaires[2]. Ces 8 objectifs étaient destinés aux pays à bas revenu et comprenaient l'élimination de l'extrême pauvreté et de la faim, l'accès universel à l'éducation primaire, la promotion de l'égalité des sexes et de l'autonomisation des femmes, la préservation de l'environnement, le partenariat mondial pour le développement ainsi que trois objectifs directement liés à la santé (réduction de la mortalité infantile, amélioration de la santé maternelle et lutte contre le VIH, paludisme et autres maladies).

Le bilan des OMD a montré leurs limites en matière de réduction des inégalités et de manque de transversalité[3]. Contrairement aux OMD, l'agenda des ODD s'applique à tous les pays, pauvres, riches ou à revenu moyen, et entend dépasser ces barrières en s'attaquant aux grands défis mondiaux dans leur ensemble, tels que l'urgence climatique, les inégalités économiques, la consommation durable, la paix et la justice, et l'équité pour répondre aux besoins des femmes, des enfants et des populations défavorisées en particulier, afin que « personne ne soit laissé pour compte ». Les 17 objectifs des ODD sont résumés dans la figure 1.

Figure 1. Interrelations entre l'ODD 3 et les autres ODD

Source : www.who.int/topics/sustainable-development-goals/objectif-developpement-durable-sante.jpg?ua=1.

1 PAS DE PAUVRETÉ
PRIORISER LES BESOINS DES PAUVRES EN MATIÈRE DE SANTÉ
2 FAIM « ZÉRO »
AGIR SUR LES CAUSES ET LES CONSÉQUENCES DE TOUTE FORME DE MALNUTRITION
4 ÉDUCATION DE QUALITÉ
SOUTENIR L'ÉDUCATION DE QUALITÉ POUR TOUS AFIN D'AMÉLIORER LA SANTÉ ET L'ÉQUITÉ EN SANTÉ
5 ÉGALITÉ ENTRE LES SEXES
LUTTER CONTRE LES INÉGALITÉS ENTRE LES SEXES, NOTAMMENT LA VIOLENCE À L'ÉGARD DES FEMMES
6 EAU PROPRE ET ASSAINISSEMENT
PRÉVENIR LES MALADIES EN GARANTISSANT UN APPROVISIONNEMENT EN EAU SALUBRE ET UN ASSAINISSEMENT ADÉQUAT POUR TOUS
7 ÉNERGIE PROPRE ET D'UN COÛT ABORDABLE
PROMOUVOIR LES ÉNERGIES DURABLES POUR UN HABITAT SAIN ET UNE VIE EN BONNE SANTÉ
8 TRAVAIL DÉCENT ET CROISSANCE ÉCONOMIQUE
PROMOUVOIR LES EMPLOIS SAINS COMME MOTEUR DE LA CROISSANCE ÉCONOMIQUE INCLUSIVE
9 INDUSTRIE, INNOVATION ET INFRASTRUCTURE
PROMOUVOIR LES CAPACITÉS NATIONALES EN MATIÈRE DE RECHERCHE-DÉVELOPPEMENT ET LA FABRICATION DE PRODUITS MÉDICAUX ESSENTIELS À UN COÛT ABORDABLE
E SANTÉ
N-ÊTRE
RE À TOUS
BONNE SANTÉ
IR LE BIEN-ÊTRE
A TOUT ÂGE
OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

ODD 3 : santé et bien-être

La santé occupe une place centrale dans les ODD : l'ODD 3 vise à permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge, étayé par 13 cibles universellement applicables (Tableau 1)[4].

Tableau 1. Les 13 cibles de l'ODD 3 : permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge

OMD non achevés et programme élargi	Nouvelles cibles de l'ODD 3	Cibles relatives aux moyens de mise en œuvre de l'ODD 3
3.1 : Réduire le taux de mortalité maternelle 3.2 : Éliminer les décès évitables de nouveau-nés et d'enfants 3.3 : Mettre fin à l'épidémie de sida, à la tuberculose, au paludisme et aux maladies tropicales négligées et combattre l'hépatite, les maladies transmises par l'eau et autres maladies transmissibles 3.7 : Assurer l'accès de tous à des services de soins de santé sexuelle et procréative	3.4 : Réduire la mortalité due à des maladies non transmissibles et promouvoir la santé mentale 3.5 : Renforcer la prévention et le traitement de l'abus de substances psychoactives 3.6 : Diminuer de moitié à l'échelle mondiale le nombre de décès et de blessures dus à des accidents de la route 3.9 : Réduire le nombre de décès et de maladies dus à des substances chimiques dangereuses et à la pollution et à la contamination de l'air, de l'eau et du sol	3.a : Renforcer l'application de la Convention-cadre pour la lutte antitabac 3.b : Donner accès à des médicaments et vaccins essentiels, appuyer la recherche et la mise au point de vaccins et de médicaments 3.c : Accroître le budget de la santé et le personnel de santé dans les pays en développement 3.d : Renforcer les moyens en matière d'alerte rapide, de réduction des risques et de gestion des risques sanitaires 3.8 : Faire en sorte que chacun bénéficie d'une couverture sanitaire universelle, comprenant une protection contre les risques financiers et donnant accès à des services de santé essentiels de qualité et à des médicaments et vaccins essentiels

Les cibles 3.1, 3.2, 3.3 et 3.7 s'appuient sur les résultats non achevés des OMD alors que les autres cibles sont nouvelles. Les cibles 3.4, 3.5, 3.6 et 3.9 se focalisent sur d'autres causes majeures de mortalité et de morbidité – la cible 3.9 porte entre autres sur la pollution et la contamination environnementales. En clé de voûte, les cibles 3.8, 3.a, 3.b, 3.c et 3.d constituent des « cibles relatives aux moyens de mise en œuvre ». La cible 3.8 met l'accent sur le principe directeur d'une couverture de santé universelle basée sur les principes d'égalité et d'équité afin de réaliser les autres cibles de l'ODD 3 mais aussi de tous les autres ODD[5].

Interrelation entre l'ODD 3 et les autres ODD

Presque tous les 16 autres ODD sont directement liés à la santé ou leur réalisation contribue indirectement à la santé (voir Figure 1). En fait, les ODD représentent une occasion unique de promouvoir la santé par une approche intégrée dans différents secteurs des politiques publiques basées sur les évidences (« Health in All Policies », Organisation mondiale de la santé, 2015[6]). Par exemple, une meilleure éducation des filles (objectif 4.1) dans les pays à bas revenu améliorera la santé materno-infantile (objectifs 3.1 et 3.2) ; la lutte contre la malnutrition infantile (objectif 2.2) aura un grand impact sur la santé de l'enfant (objectif 3.2) ; et la garantie de l'accès à l'eau potable (6.1) ou la lutte contre la pollution de l'air ambiant (11.6) auront un effet direct sur plusieurs cibles de l'ODD 3. En outre, un meilleur accès à l'eau potable et des moyens de combustion sûrs et inoffensifs permettraient aussi d'agir sur la réduction des inégalités entre les sexes (ODD 5) et de la violence basée sur le genre (objectif 3.7) car dans les pays à bas et moyen revenus et ceux fragilisés par les crises humanitaires, de nombreuses femmes et filles ne sont pas scolarisées ou ne travaillent pas pour aller chercher loin de leur village de l'eau potable ou du bois de chauffage. En revanche, l'utilisation du charbon pour améliorer l'accès à l'énergie (ODD 7) nuirait à la santé.

L'ODD 16 (paix, justice et institutions fortes) est sans doute le plus important de tous les ODD, y compris d'un point de vue des politiques écologiques[7]. La paix est essentielle – et en fait, non négociable – pour garantir une population mondiale saine et productive. Par exemple, en 2016, la crise en Syrie avait réduit l'espérance de vie de vingt ans avec plus de 80 % de la population vivant dans la pauvreté[8]. Les défis sanitaires peuvent aussi se répercuter sur l'ODD 16 comme l'illustre la pandémie de Covid-19. Les protestations et insurrections politiques liées à sa gestion ont contribué à déstabiliser plusieurs gouvernements, tels que la Tunisie en 2021, tout en impactant négativement tous les autres ODD. Ainsi, la réalisation des

objectifs de santé nécessite une cohérence politique pour renforcer les synergies entre les ODD et minimiser les retombées sanitaires de politiques publiques issues d'autres secteurs.

Discussion des ODD

Quelles sont les contributions des ODD ?

Les ODD ont plusieurs atouts. Tout d'abord, les ODD résultent d'un **processus d'élaboration extrêmement inclusif**, y compris avec les organisations non-gouvernementales (ONG) et les entreprises, pour offrir un **cadre holistique indivisible et transversal** et un **agenda universel**. Cet agenda, contrairement aux OMD qui concernaient principalement les pays à bas revenu et les États, demande l'engagement de l'ensemble des pays de la planète et des acteurs, publics comme privés. Pour les professionnels de la santé, les ODD peuvent offrir un cadre d'intervention, d'enseignement et de recherche qui complémente et élargit celui des déterminants sociaux de la santé. Issus d'un travail collaboratif, les ODD assurent un **langage commun** qui permet aux différents acteurs de travailler ensemble dans la même direction. Ce langage commun est utile pour le dialogue entre acteurs privés et publics et parmi les constituants de chaque groupe.

En particulier, les ODD offrent **un horizon chiffré pour 2030, propre à l'action**[9]. Les ODD se basent sur le principe qu'il ne peut exister de prospérité économique si le bien-être des populations et le respect des écosystèmes ne sont pas assurés. L'action simultanée sur l'ensemble des ODD avec la même intensité d'efforts est essentielle pour accélérer la réalisation du cap de 2030. Cette action concerne tout le monde, les États (par exemple, gouvernance et politiques économiques et sociales), les investisseurs et les entreprises (par exemple, stratégies d'investissement par rapport aux ODD, responsabilité sociale des entreprises, réduction des émissions de gaz à effet de serre, respect de la biodiversité, travail décent et protection des employés), les ONG (par exemple, sensibilisation des populations et lancement d'alertes contre l'atteinte des ODD), les collectivités locales, universités et écoles (par exemple, programmes et curricula intégrant les ODD), mais également les citoyens (par exemple, adoption d'écogestes au quotidien et mobilisation en faveur des ODD). Ainsi, pour suivre les progrès de façon régulière des 15 ans de vie des ODD, 244 indicateurs ont été définis au niveau mondial, avec une mise en œuvre nationale[10]. Chaque année, les États sont invités, sur une base volontaire, à rendre compte de leurs progrès à l'ONU.

Intérêts et limites des ODD

Les ambitieux ODD ont été critiqués pour leur incohérence, leur difficulté à être quantifiés, mis en œuvre et évalués[11]. Une analyse critique suggère qu'il existe une incohérence potentielle dans les ODD, notamment entre les objectifs de croissance économique et de durabilité environnementale[12]. En effet, il existe des inégalités ancrées dans les modèles traditionnels de développement et d'économie, mais les ODD ne remettent pas en question ces modèles et appellent à un renforcement de la libéralisation du commerce au détriment des plus démunis matériellement. Au contraire, les ODD continuent à fonctionner dans le cadre du modèle contemporain et avec le paradigme que la croissance réduit la pauvreté, ce qui ne fait qu'accentuer les inégalités existantes[13]. Pour certains, les ODD négligent de transformer les structures économiques et sociales et n'adoptent pas une approche novatrice à leur égard, notamment une perspective féministe et plus diverse[14].

Les critiques soulèvent également des questions sur le caractère mesurable et le suivi des ODD au sens large[15]. Les objectifs ne sont pas juridiquement contraignants, chaque pays étant censé créer ses propres plans nationaux ou régionaux. En outre, les sources et l'étendue des ressources financières et des investissements nécessaires pour les ODD restent ambiguës.

D'autres limites ont également été soulevées, y compris le manque de mention directe aux objectifs démocratiques comme la liberté d'expression, la liberté de la presse ou les élections libres même si l'ODD 16 sur la paix, la justice et les institutions efficaces fait référence à la protection des libertés fondamentales[16]. L'aspect culturel est aussi absent des ODD[17].

Les ODD sur la bonne trajectoire ?

Les progrès des ODD sont limités par une croissance inégale, des niveaux d'endettement en hausse, des accroissements possibles de la volatilité financière et des tensions commerciales mondiales accrues. En outre, ébranlé par Covid-19, le monde est plongé depuis 2020 dans une dépression unique en son genre : les gouvernements coopèrent moins ; les réunions internationales cruciales sur la protection du climat, de la biodiversité et des zones humides ont été reportées ; et l'aide destinée à aider les pays les plus pauvres à atteindre leurs objectifs est appelée à diminuer[18]. En effet, la pandémie du Covid-19 a dévasté les progrès des ODD dans leur globalité, tant et si bien que l'ONU alerte que la crise sanitaire, sociale et économique sans précédent causée par la pandémie risque d'aboutir à l'échec du programme 2030. Les objectifs les plus profondément atteints

par la pandémie et ses conséquences sont notamment la santé, la lutte contre la pauvreté et la faim et la protection de l'environnement.

Les chercheurs, tant à l'extérieur qu'au sein de l'ONU, insistent sur le fait que l'agenda 2030 ne peut plus continuer à fonctionner comme avant, car ils se demandent si les objectifs sont adaptés à l'ère postpandémique[19]. Bien que l'ambition des objectifs soit plus importante que jamais – pour beaucoup, il n'y a rien d'autre qui puisse remplacer les ODD à l'heure actuelle –, une réflexion nouvelle est nécessaire sur les meilleurs moyens de les atteindre. Même avant la pandémie, des idées ont été lancées pour trouver des moyens de rendre les objectifs plus réalisables. Par exemple, une proposition du Réseau de solutions pour le développement durable propose de redistribuer les 17 objectifs en 6, qu'il appelle « transformations ». Il s'agit de : (1) l'éducation, le genre et l'inégalité ; (2) la santé, le bien-être et la démographie ; (3) la décarbonation de l'énergie et l'industrie durable ; (4) l'alimentation durable, la terre, l'eau et les océans ; (5) les villes et les communautés durables ; et (6) la révolution numérique pour le développement durable[20]. D'autres argumentent pour une intégration accélérée du programme mondial de sécurité sanitaire au sein des ODD afin de combler systématiquement les lacunes pour garantir une plus grande résilience des sociétés face à des menaces potentiellement écrasantes pour la santé, y compris les pandémies[21].

Conclusion

L'ODD 3 « Bonne santé et bien-être » est l'un des 17 objectifs de développement durable à l'horizon 2030, et l'un des objectifs les plus transversaux et les plus interdépendants. Intervenant soit en tant que facteur, soit en tant que conséquence découlant d'actions entreprises dans l'un des autres ODD, l'ODD 3 constitue un levier transversal et universel sur lequel construire une politique de développement durable. Cependant, pour atteindre les objectifs de santé et lutter contre les inégalités en matière de santé, une approche multisectorielle est nécessaire, en accordant plus d'attention aux dimensions du genre, des droits de l'homme et du respect fondamental de l'environnement. Cette approche est également essentielle pour renforcer la gouvernance inclusive et construire des systèmes de santé résilients.

À défaut de pouvoir atteindre les objectifs fixés, il est essentiel de réfléchir à un agenda commun pour accélérer la mise en œuvre des ODD, notamment face à la dépression globale engendrée par la pandémie de Covid-19. Si la pandémie a montré quelque chose, c'est que les pays peuvent changer

fondamentalement leur façon de penser et d'agir. La pandémie a profondément modifié les réalités économiques et sociales. Elle montre que des mesures radicales peuvent être prises pour lutter contre la pauvreté et les inégalités, l'éducation, la santé, la biodiversité et le climat.

Références bibliographiques

1. Lee BX, Kjaerulf F, Turner S, et al., « Transforming Our World: Implementing the 2030 Agenda Through Sustainable Development Goal Indicators », Journal Of Public Health Policy, 2016 ; 37 : 13-31.
2. MDG Gap Task Force, Taking Stock of the Global Partnership for Development: UN; 2015.
3. Fehling M, Nelson BD, Venkatapuram S, « Limitations of the Millennium Development Goals: a Literature Review », Global Public Health, 2013 ; 8 : 1109-1122.
4. Alleyne G, Beaglehole R, Bonita R, « Quantifying Targets for the SDG Health Goal », The Lancet, 2015 ; 385 : 208-209.
5. Hogan DR, Stevens GA, Hosseinpoor AR, Boerma T, « Monitoring Universal Health Coverage Within the Sustainable Development Goals: Development and Baseline Data for an Index of Essential Health Services », The Lancet Global Health, 2018 ; 6 : e152-e68.
6. Asvall J, « Health for All in the 21st Century a Policy Framework for the WHO European Region », International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 2000 ; 13 : 5-13.
7. McDermott CL, Acheampong E, Arora-Jonsson S, et al., « SDG 16: Peace, Justice and Strong Institutions–A Political Ecology Perspective », 2019.
8. Wesley H, Tittle V, Seita A, « No Health Without Peace: Why SDG 16 Is Essential for Health », The Lancet, 2016 ; 388 : 2352-2353.
9. Sachs JD, Sachs LE, « Business alignment for the "Decade of Action" », Journal of International Business Policy, 2021 ; 4 : 22-27.
10. Allen C, Metternicht G, Wiedmann T, « Prioritising SDG Targets: Assessing Baselines, Gaps and Interlinkages », Sustainability Science, 2019 ; 14 : 421-438.
11. Swain RB, « A Critical Analysis of the Sustainable Development Goals », in Leal Filho W (ed.), Handbook of Sustainability Science and Research, Springer, 2018, p. 341-355.
12. Hickel J, « The Contradiction of the Sustainable Development Goals: Growth Versus Ecology on a Finite Planet », Sustainable Development, 2019 ; 27 : 873-884.
13. Woodward D, « Incrementum ad Absurdum: Global Growth, Inequality and Poverty Eradication in a Carbon-Constrained World », World Economic Review, 2015 ; 4 : 43-62.
14. Esquivel V, « Power and the Sustainable Development Goals: a feminist analysis », Gender & Development, 2016 ; 24 : 9-23.

15. Persson Å, Weitz N, Nilsson M, « Follow-Up and Review of the Sustainable Development Goals: Alignment Vs. Internalization », Review of European, Comparative & International Environmental Law, 2016 ; 25 : 59-68.
16. Winkler IT, Williams C, The Sustainable Development Goals And Human Rights: A Critical Early Review, Taylor & Francis, 2017.
17. 17. Wiktor-Mach D, « What Role for Culture in the Age of Sustainable Development? UNESCO's Advocacy in the 2030 Agenda Negotiations », International Journal of Cultural Policy, 2020 ; 26 : 312-327.
18. « Will the COVID-19 Pandemic Threaten the SDGs? », The Lancet Public Health, 2020 ; 5 : e460.
19. « Time to Revise the Sustainable Development Goals », Nature, 2020 ; 583 : 331-332.
20. Sachs JD, Schmidt-Traub G, Mazzucato M, Messner D, Nakicenovic N, Rockström J, « Six Transformations to Achieve the Sustainable Development Goals », Nature Sustainability, 2019 ; 2 : 805-814.
21. Bali S, Taaffe J, « The Sustainable Development Goals and the Global Health Security Agenda: Exploring Synergies for a Sustainable and Resilient World », Journal of Public Health Policy, 2017 ; 38 : 257-268.

39 – La science de la durabilité dans les services de santé

Matthew Eckelman, Jonathan E. Slutzman et Jodi D. Sherman

Introduction

Dans un monde qui s'efforce de s'adapter aux changements climatiques déjà à l'œuvre, les systèmes de santé vont être en première ligne. Ils seront chargés de protéger et soigner les populations lourdement affectées par les menaces sanitaires exacerbées par les changements climatiques, comme les chaleurs extrêmes, la fumée émanant des feux de forêt et les inondations. Ils devront également protéger leurs propres établissements et leurs personnels en veillant à ce que ces événements extrêmes ne perturbent pas les activités au moment où elles sont le plus nécessaires. Le secteur de la santé doit, par ailleurs, être au cœur des efforts de décarbonation de notre société afin de contrecarrer les potentielles conséquences dramatiques des changements climatiques.

Pour répondre à ces défis, l'une des méthodes les plus efficientes, équitables et rapides s'appuie sur la science de la durabilité. Il s'agit d'une approche pluridisciplinaire permettant de comprendre les boucles de rétroaction entre les activités anthropogéniques et les systèmes terrestres, c'est-à-dire la manière dont les humains affectent et sont affectés par notre environnement à l'échelle mondiale. Les systèmes de santé peuvent être publics ou privés, centralisés ou non. Toutefois, ils partagent de nombreuses caractéristiques physiques qui font d'eux un sujet important pour la science de la durabilité. Les prestations des soins de santé sont de manière générale considérées comme des services. Cependant, leur intensité énergétique et matérielle est extrêmement élevée et ils dépendent d'une chaîne logistique complexe pour l'achat de fournitures et de dispositifs médicaux, de médicaments, d'équipements ainsi que pour le recrutement de personnel. Les grands hôpitaux sont pour ainsi dire des petites villes disposant de leurs propres infrastructures énergétiques et de gestion des aliments, leurs propres systèmes de transport et souvent de leurs propres structures de traitement des déchets solides et des eaux usées. Les hôpitaux sont également l'une des infrastructures les plus énergivores étant donné, notamment, le besoin élevé en éclairage et ventilation et la présence d'équipements médicaux très puissants qui ne sont que rarement éteints.

Malgré sa forte consommation d'énergie et de ressources, le secteur de la santé a pris du retard sur d'autres secteurs en termes d'implication et de recherche en durabilité environnementale. Une des raisons à cela est probablement la perception erronée selon laquelle les questions environnementales ne sont pas pertinentes quant à la soi-disant mission principale de la santé, qui est à tort perçue comme : la protection du patient, quel qu'en soit le coût. La prééminence de la santé du patient sur toute autre considération fait que certains pans de la communauté ont longtemps été sceptiques quant à l'utilisation des questions environnementales comme mesures de performance supplémentaires.

De telles préoccupations font écho à celles des entreprises de fabrication de ces dernières décennies qui arguaient que les questions environnementales étaient des sujets connexes à leurs activités principales, mais qui aujourd'hui sont à la tête des innovations technologiques environnementales et de la décarbonation. Les fabricants de biens et services ont tiré une leçon importante, qui commence à se répandre dans le secteur des soins de santé : il existe de nombreuses possibilités d'améliorer les performances environnementales et opérationnelles sans compromettre la qualité (ou les soins aux patients). Les sociétés qui ont réalisé des économies en améliorant leur efficacité énergétique utilisent aujourd'hui le slogan « du vert à l'or ». Elles ont également gagné de nouveaux clients, partenaires commerciaux et investisseurs qui valorisent leurs performances environnementales[1].

Pour les hôpitaux et les organisations de santé, un autre avantage important de la réduction de leurs déchets et pollutions est le renforcement de la santé publique. Selon la Commission sur la pollution et la santé du *Lancet*, la pollution est à l'origine de 9 millions de décès prématurés et est la plus importante cause de maladie et de décès prématuré au monde. En outre, le réchauffement climatique nuit et continuera de nuire à la santé de millions d'autres. Pourtant, certaines de ces émissions qui provoquent ces dommages pour la santé sont dues aux services de santé eux-mêmes.

Une meilleure représentation de la mission fondamentale des services de santé découle du serment d'Hippocrate que tous les médecins prêtent : « D'abord, ne pas nuire. » Le mal ici est bien entendu défini comme celui fait au patient, mais il peut être élargi au mal fait à la planète qui indirectement affecte la santé publique. Les professionnels et administrateurs de la santé ont la responsabilité de réduire leur propre contribution à ce bilan. Ce serment primordial, en place depuis plus de deux mille ans, est remarquablement similaire aux orientations données par les sciences

environnementales concernant la vie dans le respect des limites planétaires et des mesures de durabilité forte[2].

Bien que, dans son ensemble, la santé ait pris du retard par rapport à d'autres secteurs dans sa prise en compte de la durabilité, plusieurs campagnes sur des sujets tels que l'élimination du mercure et autres produits chimiques toxiques du matériel médical ont été organisées et beaucoup de progrès ont été réalisés en matière de gestion des déchets et d'efficacité énergétique. Toutefois, ces dernières années, on assiste à une recrudescence de l'intérêt et des actions menées dans la durabilité du secteur de la santé et cette problématique s'impose aujourd'hui. En 2020, le NHS britannique (National Health Service), le système de santé publique le plus important au monde et le plus gros employeur en Europe, a déclaré qu'il allait devenir le premier système de santé à bilan net zéro et neutre en carbone d'ici 2045, y compris sur sa chaîne logistique[3]. Les systèmes et organisations de santé du monde prennent aujourd'hui exemple sur le NHS et se fixent des objectifs environnementaux, notamment pour leurs émissions de gaz à effet de serre[4].

Les outils d'écologie industrielle sont de plus en plus utilisés dans le secteur de la santé pour évaluer la performance, comparer les produits, cartographier les chaînes logistiques et créer des scénarios pour des améliorations futures. Ce chapitre détaille certains des efforts les plus visibles, dans le but d'inciter les prochaines générations de spécialistes en écologie industrielle à travailler dans ce domaine critique.

Empreinte environnementale des systèmes de santé nationaux

L'évaluation des impacts environnementaux dont sont responsables les systèmes de santé est centrale pour ceux qui travaillent dans la durabilité du secteur de la santé. Les modèles EEIO (*Environmentally-Extended Input-Output*) permettent de répondre au mieux à cette question lorsqu'elle se pose au niveau national ou international, et sont des outils importants en science de la durabilité. Les modèles EEIO utilisent des informations économiques pour lier la consommation des biens et services aux émissions de la chaîne logistique et aux besoins énergétiques suscités par la consommation. La demande finale en services de soins de santé peut être déduite des dépenses de santé nationale ou des statistiques internationales des systèmes de santé recueillies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

De nombreuses études nationales ont été menées en utilisant cette approche pour mesurer les émissions de gaz à effet de serre ainsi que d'autres impacts environnementaux liés aux secteurs de la santé dans le monde, à commencer par l'étude menée par deux chercheurs américains en santé publique, Chung et Meltzer en 2009[5]. Nous disposons aujourd'hui d'estimations pour l'Autriche[6], l'Australie[7], le Canada[8], la Chine[9], l'Angleterre[10], le Japon[11] et de nombreuses actualisations pour les États-Unis[12-14]. De nombreux travaux en ce sens sont publiés régulièrement. Les résultats nationaux permettent de déterminer quelles activités des services de santé génèrent le plus d'émissions, première étape nécessaire dans l'élaboration de plans de décarbonation tels que les plans nets zéro de la NHS en Angleterre. Dans certains cas, par exemple pour l'Autriche et l'Angleterre, les chercheurs ont pu incorporer des données ascendantes sur les distances de transport, l'énergie des bâtiments ou l'utilisation de médicaments spécifiques afin de créer un modèle hybride plus précis.

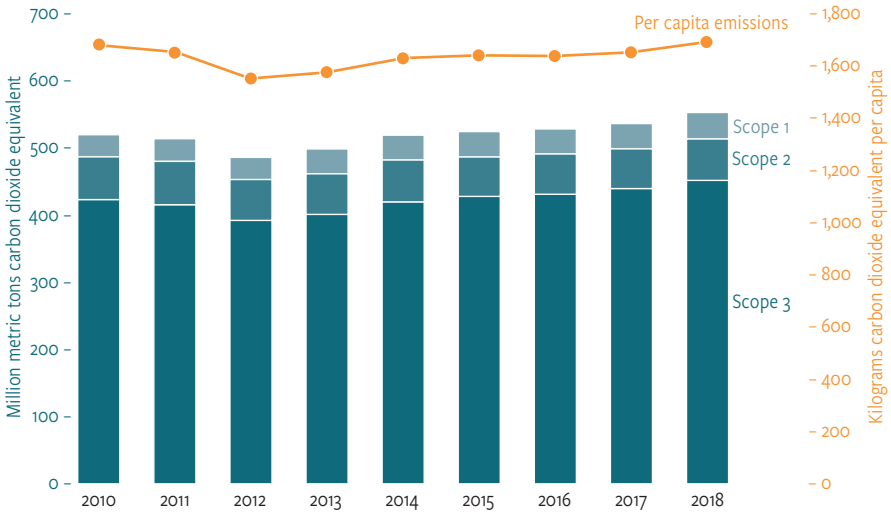


Figure 1. Émissions de gaz à effet de serre du système de santé américain, 2010-2018. Issu de Eckelman *et al.*[13]

La figure 1 montre les résultats nationaux de l'étude américaine la plus récente réalisée en 2020 par Eckelman *et al.*[13]. Les émissions évoluent dans le temps du fait de différents facteurs, dont la décarbonation des systèmes d'arrière-plan comme la production d'électricité, les dépenses globales de santé et les évolutions relatives dans l'attribution des dépenses entre les biens et les services. Aux États-Unis, la tendance dominante est l'augmentation des dépenses de

santé en général, d'où la légère croissance dans les émissions absolues et par habitant de cette dernière décennie. En 2018, le système de santé américain représentait environ 8,5 % des émissions du territoire, ce qui en fait une des cibles les plus importantes pour les futurs efforts de décarbonation.

Malgré la grande variété des structures et des modes de gestion des systèmes santé, dans l'ensemble, les émissions les plus importantes proviennent de la chaîne logistique (présentées sur la figure 1 par le *Scope 3* conformément au cadre des champs d'application du protocole sur les gaz à effet de serre [GES]). La figure 2 présente les résultats pour le NHS en Angleterre selon Tennison *et al.*[10], et indique les parts d'émissions les plus importantes de la chaîne logistique tels que les équipements et services médicaux ainsi que les produits pharmaceutiques.

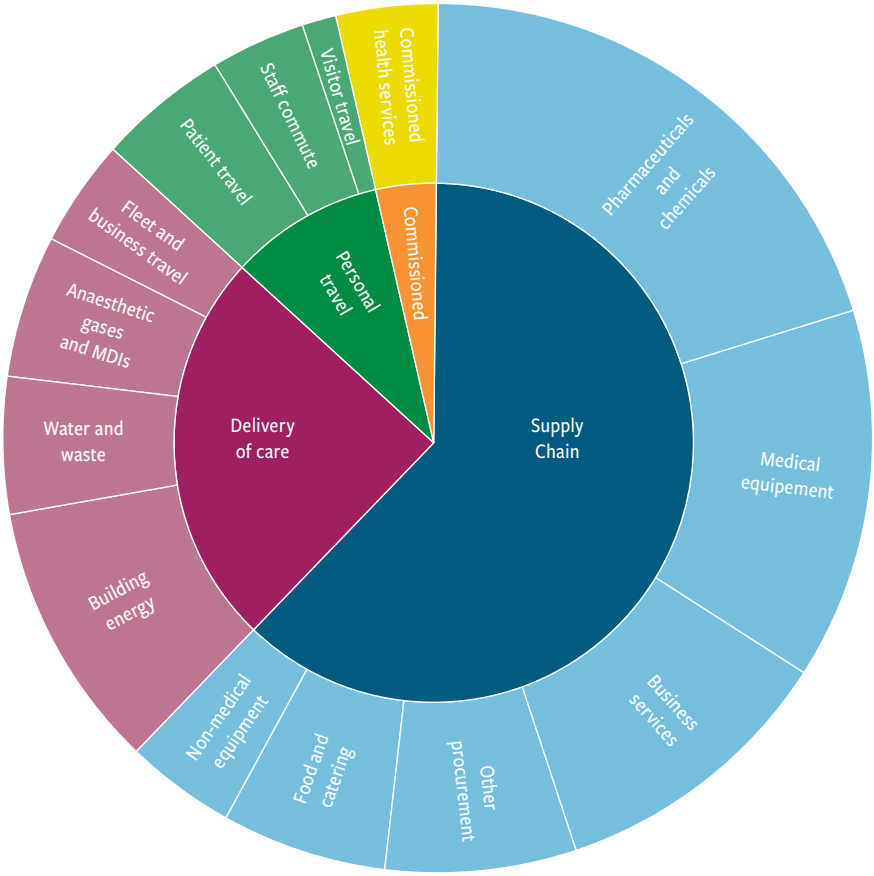


Figure 2. Émissions de GES du système de santé anglais (NHS). Issu de Tennison *et al.*[10]

Plus les données concernant les dépenses sont détaillées, plus il est possible de tirer des enseignements pour la mise en œuvre du changement. Les résultats nationaux ont été ventilés par États/provinces (États-Unis), âge et type de pathologie (Japon) et par organisation de santé (Angleterre). La tendance est aujourd'hui à ce que les hôpitaux, et même les cliniciens, soient en mesure de relier leurs achats et leurs décisions cliniques à des outils EEIO afin de comprendre les implications en matière d'émission de CO_2.

Selon l'OMS, le changement climatique est la plus grande menace pour la santé à laquelle l'humanité est confrontée. Il provoque des dommages sur la santé, notamment au travers d'incendies, d'inondations, de températures extrêmes, de maladies vectorielles et de malnutrition. Les études EEIO nationales ont montré que le secteur de la santé lui-même contribue à ces problèmes de santé au travers de ses émissions directes et indirectes de GES. Mais les émissions de GES ne sont qu'une forme de pollution et les modèles EEIO peuvent analyser d'autres émissions dans l'air, l'eau et le sol. Ils peuvent également utiliser des méthodes d'analyse dites « *end-points* » de l'impact du cycle de vie pour exprimer les impacts en termes de dommage pour la santé, comme les décès prématurés ou les *Disability Adjusted Life Years* (DALY). Des études pour le Canada et les États-Unis ont utilisé cette approche afin de communiquer les résultats en utilisant la terminologie de la santé publique. Pour les États-Unis, les émissions liées aux soins de santé en 2018 ont été associées à environ 244 000-531 000 DALY pour les problèmes de santé, avec une prééminence à la fois des problèmes dus à une exposition directe aux particules fines $PM_{2,5}$ et des problèmes à venir dus au changement climatique. Ces résultats sont au même niveau que les problèmes associés aux erreurs médicales évitables, principal point focal des efforts d'amélioration des soins de santé dans le monde[13].

Il est difficile de comparer les études nationales entre elles, car les tableaux entrées-sorties sont élaborés de manière différente et la classification des dépenses de santé varie d'un pays à l'autre. Par conséquent, plusieurs études ont utilisé des modèles plus larges, contenant les mêmes informations mais pour plusieurs pays et régions, et prenant également en compte leurs échanges commerciaux : il s'agit des modèles *input-output* multirégionaux (MRIO). Les modèles MRIO couvrant la plupart des pays et régions peuvent être utilisés pour comparer la performance entre les pays et déterminer l'amplitude des émissions liées aux soins de santé au niveau mondial. Par ailleurs, les modèles MRIO peuvent prendre en compte

l'influence des échanges commerciaux entre les pays, aussi bien pour les biens, comme les produits pharmaceutiques, qui sont directement utilisés dans les soins que pour les biens et services utilisés plus en amont dans la chaîne logistique de la santé.

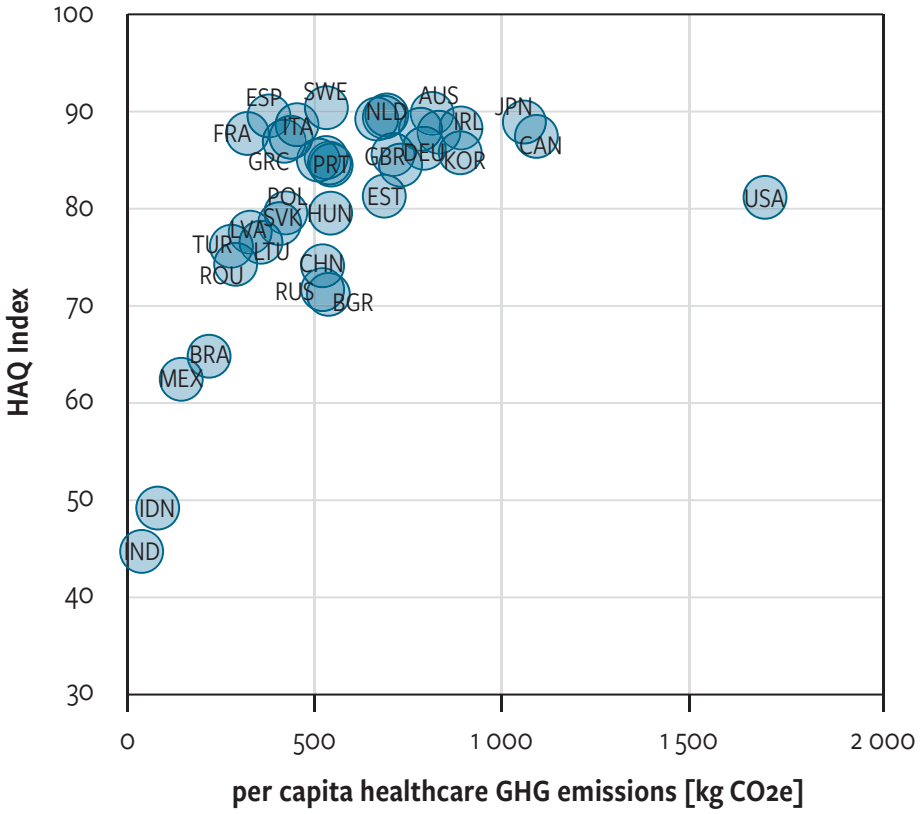


Figure 3. Émissions de GES des soins de santé par habitant *vs* l'indice HAQ (Healthcare Access Quality) national en 2017. Adapté de Watts *et al.*[16]

Ces dernières années, des études internationales ont systématiquement démontré que les soins de santé sont responsables de 4,4 à 4,9 % des émissions globales de GES, soulignant encore une fois que le secteur de la santé à un rôle majeur à jouer dans l'atténuation des émissions de GES et l'atteinte des objectifs de neutralité carbone[15-17]. La plupart des comparaisons internationales de l'empreinte environnementale de la santé ont comparé les pays en utilisant les émissions par habitant, ce qui est utile mais insuffisant. Lorsque l'on fait des comparaisons, il faut impérativement prendre en compte les fonctions fournies par chaque option. Ce principe s'applique

également aux systèmes de santé qui fournissent différents niveaux de services en termes d'équité d'accès et de qualité des soins qui peuvent être masqués par la normalisation par habitant. Le *Lancet Countdown on Health and Climate Change*[a] a suivi, sur plusieurs éditions de son rapport annuel, les émissions de GES du secteur de la santé dans le monde, à la fois au niveau national et par habitant, ajusté par mesures telles que l'indice du développement humain[18] (IDH) et l'indice d'accès aux soins de qualité[16] (HAQ). La figure 3 montre les résultats par habitant en 2017 par rapport à l'indice HAQ, révélant une tendance familière de saturation : les émissions supplémentaires de GES (causées par des dépenses supplémentaires) ne conduisent pas nécessairement à une amélioration du système de santé. À l'inverse, ce schéma montre que pour les pays les plus émetteurs par habitant comme les États-Unis, une décarbonation importante est possible tout en préservant, voire en améliorant, les résultats en matière de santé pour la population.

Analyse du cycle de vie des matériels et processus de santé

L'empreinte environnementale calculée en utilisant les modèles EEIO est extrêmement utile pour déterminer dans son ensemble l'impact environnemental des systèmes de santé. Les résultats peuvent être utiles pour élaborer des programmes nationaux, orienter les décisions politiques et inciter à agir. Toutefois, la plupart des décisions sont effectivement prises au niveau de la base par les médecins et le personnel soignant, les responsables des achats ou par les opérateurs impliqués dans l'ingénierie des bâtiments et les infrastructures de santé. Ce type de décisions portées sur la durabilité environnementale prises au niveau « ascendant » implique des questions spécifiques et pratiques de durabilité comme de savoir s'il faut utiliser des produits réutilisables ou à usage unique, ou encore de savoir qu'elle est la manière la plus efficace de réduire la production de déchets, ou comment aider l'hôpital/la clinique à atteindre un objectif de neutralité carbone.

a. NT : collaboration internationale pluridisciplinaire qui suit les profils sanitaires du changement climatique en utilisant 43 indicateurs sur 5 domaines clés : les impacts du changement climatique, les expositions et vulnérabilité ; l'adaptation, la planification et la résilience pour la santé ; les actions de mitigation et les cobénéfices sanitaires ; l'économie et les finances, et l'engagement public et politique.

Utiliser l'approche du cycle de vie

Afin de réduire les émissions dans le secteur de la santé, il faut des outils solides permettant tout d'abord de quantifier les émissions des matériaux et des processus en procédant soit par mesure ou par déduction. Dans certains cas, les émissions se produisent directement dans les établissements de santé et sont facilement quantifiables. C'est par exemple le cas d'une chaudière au gaz naturel qui fournit le chauffage dans une clinique. Les émissions de dioxyde de carbone sont directement proportionnelles au gaz brûlé et la quantité de gaz naturel se retrouve sur la facture de gaz de la clinique. Il existe des facteurs d'émissions bien définis publiés par l'Agence américaine de protection de l'environnement (Environmental Protection Agency, EPA) qui associe le combustible utilisé à des émissions de GES. Ainsi, l'installation d'une nouvelle chaudière, plus performante, permet de réduire la demande en gaz naturel et par conséquent les émissions de GES.

Qu'en est-il de l'électricité utilisée à la clinique ? Sauf lorsque la clinique génère sa propre électricité, elle utilise l'électricité du réseau générée par des centrales électriques de différents types et tailles, et venant de différents lieux de production. Les centrales peuvent utiliser des combustibles fossiles ou des technologies de production d'énergie renouvelable telles que les éoliennes ou les panneaux photovoltaïques qui ne génèrent pas d'émissions de GES directes. Bien que les émissions liées à la consommation d'électricité ne se produisent pas sur site, elles peuvent être déduites de la quantité d'électricité utilisée que l'on retrouve sur la facture. En fonction du « mix électrique » sur le réseau dans la région où se situe la clinique et à l'heure à laquelle l'électricité est utilisée, la consommation finale d'électricité peut être directement associée à des émissions de GES en utilisant les facteurs standards d'intensité carbone pour l'électricité dans la région. Tout comme pour la chaudière au gaz naturel, l'installation d'appareils électriques ou d'éclairage plus efficients permet de réduire la consommation d'électricité et par conséquent les émissions. Une mesure populaire pour réduire la consommation d'électricité dans les bâtiments, dont les hôpitaux et les cliniques, est de remplacer les vieux luminaires par un éclairage LED à haut rendement.

Il y a ensuite les émissions qui sont générées par la chaîne logistique de la santé. Pour reprendre l'exemple d'une nouvelle chaudière composée de matériaux comme l'acier : sa production a nécessité de l'énergie pour l'extraction du minerai de fer, le transport de ce minerai, sa transformation en acier, le processus de laminage en feuilles et enfin pour sa fabrication

en chaudière (sans mentionner de nombreux autres matériaux et composants). Cette énergie et les émissions associées sont attribuées à l'établissement de santé qui a acheté la chaudière alors même que ces émissions ont pu être physiquement produites à des milliers de kilomètres de l'endroit où la chaudière est utilisée. Et nous n'avons parlé là que d'un matériau pour un produit. Imaginez un instant tous les biens physiques que l'on trouve dans un hôpital, tous les matériaux qui les composent, les différents lieux de fabrication, leurs emballages et toutes les émissions associées à la production de ces biens qu'il faut prendre en compte. Vous voyez alors la difficulté que représente le problème de la comptabilité carbone.

En outre, le secteur de la santé ne dépend pas juste de biens matériels, mais également de tout un éventail de services tels que l'assurance, les télécommunications et la recherche scientifique, qui eux-mêmes dépendent de biens matériels tels que les ordinateurs, les câbles internet et les laboratoires universitaires qui à leur tour utilisent différents matériaux et travailleurs qui vont de chez eux au bureau ou aux usines, et ainsi de suite. On appelle l'ensemble des émissions de GES de ces activités de la chaîne logistique « émissions grises ». Il ne s'agit pas du carbone physiquement présent dans un produit du fait de sa composition chimique, mais plutôt de l'intégration systémique de toutes les émissions de GES liées à la production d'un produit ou d'un service. Cet écosystème industriel qui fournit les biens et services au secteur de la santé, ainsi qu'au reste de notre économie, est très interdépendant et hautement complexe. Des outils sophistiqués sont nécessaires si l'on veut réussir à quantifier précisément les émissions grises.

S'il faut prendre en compte les émissions qui se produisent en amont de l'utilisation finale du produit, des émissions sont également produites en aval lorsque les produits utilisés, ou devenus obsolètes, sont jetés. Les émissions provenant de la gestion des déchets constituent une dernière catégorie générale d'émissions. Prenons à nouveau l'exemple de la chaudière. Elle peut être envoyée à la casse où elle est broyée. Les métaux recyclables sont ensuite séparés et le reste est à nouveau transporté vers une décharge. Chaque étape requiert de l'énergie, du carburant pour les camions ou de l'électricité pour les broyeuses ou pour fondre l'acier recyclé, et a par conséquent des émissions associées. Il peut même y avoir des émissions de GES qui ne découlent pas de l'utilisation d'énergie, car certains matériaux broyés en décharge se décomposent chimiquement sur des décennies. Ces émissions doivent également être, d'une manière ou d'une autre, prises en compte.

Prendre en considération les émissions sur tout le cycle de vie d'un produit, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à sa décomposition ou comme on dit « du berceau à la tombe » (« *from craddle to grave* ») permet d'analyser les conséquences relatives de différents choix de manière holistique. Si l'on ne prend en compte que l'une ou l'autre des étapes du cycle de vie d'un matériel, on court le risque d'exclure les principales sources d'émissions. Et ainsi de tirer des conclusions erronées et de prendre des mesures inadaptées qui risquent d'augmenter et non de réduire les émissions. Par exemple, investir dans des ambulances électriques élimine complètement les émissions issues de la combustion de carburant lors de leur utilisation et peut donc sembler une bonne idée pour la durabilité. Mais si l'électricité utilisée par les ambulances provient en grande partie de centrales électriques à charbon à forte émission, l'investissement peut nuire à l'environnement plutôt que de le protéger.

Cadre d'analyse du cycle de vie

Il faut un cadre rigoureux pour analyser de tels problèmes. L'analyse environnementale du cycle de vie (ACV) est un outil de la science de la durabilité qui est utilisé depuis les années 1960. Il s'agit d'une méthode normalisée visant à examiner et modéliser les impacts environnementaux d'un matériel ou d'un processus en incluant toutes les entrées et sorties, du berceau à la tombe. Sont ainsi prises en compte toutes les ressources nécessaires et les polluants émis pour l'acquisition des matières premières, le transport, le raffinage, la fabrication, l'utilisation, la réutilisation, le retraitement, et enfin la mise au rebut. L'ACV peut être utilisée pour examiner différents types d'impacts environnementaux ou différentes mesures de l'utilisation des ressources. Ainsi, elle fonctionne comme un cadre général pour tout type d'analyse d'empreintes : l'empreinte carbone, l'empreinte hydrique et la demande en énergie fossile sont des exemples de l'ACV appliquée à une mesure unique qui partagent toutes la structure mathématique de l'ACV.

Les analyses ACV peuvent être réalisées dans différents buts. Elles sont principalement utilisées par les fabricants, les consommateurs et les organisations comme outils comparatifs pour évaluer les différentes options afin d'atteindre un objectif similaire. Lorsqu'elle est réalisée par un fabricant au début de la conception et du développement d'un matériel, l'ACV permet d'identifier les points environnementaux névralgiques. Le fabricant peut alors potentiellement faire des choix de conception visant à minimiser ces impacts. Il peut également utiliser l'ACV pour étayer sa déclaration environnementale par laquelle il indique aux consommateurs que ses produits sont supérieurs du point de vue environnemental à d'autres présents

sur le marché. Ces utilisations sont réglementées et nécessitent l'attestation de tierce partie à des fins d'assurance qualité.

L'ACV a été formellement structurée dans les années 1990 et 2000 par l'Organisation internationale de normalisation (ISO), à la suite d'un effort mondial collectif, et est régi par la série de la norme ISO 14040. Selon ces normes ISO, l'ACV est composée de 4 phases obligatoires :

(1) les objectifs et le champ d'étude, qui incluent la frontière de l'analyse et la définition d'une référence équitable (ou unité fonctionnelle) pour la comparaison des différentes options de matériels ;

(2) l'inventaire du cycle de vie (ICV), qui liste toutes les données d'entrée et les émissions qui se sont produites dans le champ d'étude tout au long du cycle de vie du matériel ou processus ;

(3) l'évaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI), qui utilise une série de modèles scientifiques pour évaluer la manière dont les émissions et l'extraction de ressources précisées dans l'inventaire provoquent des modifications physiques ou nuisent à l'environnement et à la santé humaine ; et

(4) l'interprétation des résultats, qui inclut l'analyse de l'incertitude et fournit un soutien à la prise de décision.

Que signifie être durable ?

Certaines études d'ACV se concentrent uniquement sur les émissions de CO_2. Toutefois, malgré la gravité des conséquences du changement climatique, l'humanité fait face à toute une série de problématiques environnementales globales simultanées, que ce soit l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, la pollution de l'air et les pluies acides, la pollution de l'eau et les rejets de produits chimiques toxiques. En conséquence, les méthodes d'ACV ont été développées afin d'examiner simultanément différents types d'impacts et permettre ainsi que les décisions prises reposent sur un large éventail de critères. Tout comme les patients doivent être soignés de manière globale, en tant qu'être dans leur entier, il faut répondre aux problèmes environnementaux de manière globale afin qu'une décision ne déplace pas le problème, résolvant un problème environnemental en provoquant des conséquences involontaires graves par ailleurs.

Les ACV environnementales s'intéressent aux impacts sur l'environnement et la santé humaine. Il ne s'agit toutefois pas là des seuls coûts pour

la société. D'autres formes d'ACV ont été développées pour prendre en compte les questions sociales telles que la santé et la sécurité du travailleur, le confort ou même le bonheur de l'occupant : on les appelle ACV social ou sociétal (ACVS). Les coûts financiers sont un autre aspect fondamental lorsque l'on s'intéresse à la durabilité à long terme des activités du secteur de la santé. On entend fréquemment les critiques dire que les meilleures options pour l'environnement sont les plus coûteuses financièrement. Pour répondre à cette préoccupation, un coût du cycle de vie (CCV) est souvent réalisé en parallèle de l'ACV. Le principe est le même que pour l'ACV environnementale. Il s'agit d'évaluer de manière globale les coûts de tous les types de processus et de matériels possibles. Les préoccupations environnementales, sociales et économiques constituent ensemble les « trois piliers de la durabilité » ou « le triple bilan », fondements importants de la science de la durabilité. Dans le contexte du cycle de vie, cette approche intégrée s'appelle *Life Cycle Sustainability Assessment*[19] (LCSA).

L'ACV appliqué à la santé

L'ACV est un outil performant et souple qui peut être appliqué à toute une série de situations et d'échelles. Il y a par exemple des ACV pour le secteur de la santé comparant les instruments jetables et réutilisables, les contenants en plastique et en verre, ou les différents gaz propulseurs pour l'auto-administration de médicaments.

Des ACV ont été utilisées pour répondre à différentes questions de durabilité dans la santé. On peut généralement les regrouper en trois grandes catégories :

(1) la comparaison des produits qui ont des fonctions équivalentes pour orienter les choix cliniques et d'approvisionnement ;
(2) les méthodes d'investigation, cadres ou modes de soins afin de déterminer les points névralgiques et permettre les améliorations en termes de conception et de performance ; et
(3) le compte-rendu à grande échelle dans l'établissement, l'organisme de santé, ou au niveau national, pour orienter les efforts de planification stratégique.

Des exemples issus de chacune de ces catégories illustrent la manière dont l'ACV peut être utilisée pour fournir des détails sur les matériels ou processus qui contribuent aux émissions et ainsi orienter la prise de décision en matière de réduction de ces émissions.

En premier lieu, la comparaison des types de matériels est l'un des domaines d'application de l'ACV le plus répandu dans la santé. Des études ont été publiées comparant différents kits de procédure, brassards de tensions artérielle, textiles médicaux, médicaments et bien d'autres matériels et appareils alternatifs, comparant souvent leurs versions jetables et réutilisables. En général, les produits sont démontés, les composants sont identifiés et mesurés puis l'ACV attribue une valeur pour les émissions de CO_2 ou autre type d'impact environnemental associé à chaque type de matériaux, énergie, eau, transport, gestion des déchets ou autre processus utilisé au cours du cycle de vie du produit. Sanchez *et al.*[20] ont par exemple utilisé cette approche pour évaluer et comparer différents modèles de brassards de tension artérielle dans quatre contextes cliniques différents. Pour les brassards réutilisables, les émissions associées à la production de lingettes désinfectantes étaient très élevées, soulignant la nécessité d'examiner non seulement le produit lui-même mais aussi les « entrées » nécessaires à ce produit tout au long de son cycle de vie.

À l'échelle au-dessus, plusieurs études ACV se sont intéressées à des procédures et services complets tels que l'accouchement, l'hystérectomie, la dialyse, la chirurgie esthétique, de la cataracte et autres procédures peu invasives, ainsi que les services ambulanciers, les soins intensifs, dentaires et de télémédecine. À titre d'exemple, MacNeill *et al.*[21] ont réalisé une analyse des blocs opératoires dans trois pays, dans le but de déterminer les principaux postes d'émissions de GES. Ils ont découvert que les émissions directes de gaz anesthésiant et les émissions associées au chauffage, à la ventilation et à la climatisation (CVC) étaient responsables de la plus grande partie des émissions de GES sur la base du cycle de vie. La réduction des émissions des systèmes CVC nécessite l'implication de de toute une série de parties prenantes dont des spécialistes de la lutte contre les infections, des ingénieurs mécaniciens, des responsables énergétiques en bâtiment ainsi que les organismes de normalisation élaborant les codes de construction.

À l'échelle la plus grande, l'ACV a été appliquée au secteur de la santé afin de comprendre sa contribution en matière d'émissions aux niveaux national et mondial, et comparer les systèmes en fonction d'indicateurs de haut niveau. Le National Health Service (NHS) anglais fut le premier à réaliser une telle opération en 2008[22]. Il a depuis fourni des mises à jour régulières permettant un aperçu chronologique des émissions qui prend en compte les tendances démographiques au niveau macro, la prestation de soins et le système industriel sous-jacent. L'analyse la plus récente des données,

réalisée en 2017, révèle que les émissions au sein de la chaîne logistique du NHS constituent la part la plus importante de son empreinte carbone, loin devant les émissions associées aux systèmes de CVC des bâtiments dont la part diminue d'une part du fait de l'installation d'équipements plus performants, et d'autre part que le réseau électrique anglais augmente sa part d'énergies renouvelables[10].

Leçons pour la pratique clinique

Choisir les inhalateurs pour les patients – Différents impacts du changement climatique

L'asthme ou les bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO), telles que l'emphysème ou les bronchites chroniques, sont exacerbés par les allergies saisonnières, présentes sur une plus longue durée, mais également lors des épisodes de chaleur extrême, de plus en plus fréquents avec le changement climatique. Les patients atteints de ces pathologies se voient souvent prescrire des traitements par inhalation, principalement des corticoïdes et des bêta-2 agonistes à courte ou longue durée d'action inhalés pour les aider à respirer. Les inhalateurs délivrent le médicament directement dans l'appareil respiratoire où il fait son effet. Jusque dans les années 1990, les inhalateurs utilisaient des gaz propulseurs à base de chlorofluorocarbures (CFC) qui servaient à envoyer le médicament dans les poumons du patient lors de l'inspiration. Malheureusement, les CFC appauvrissaient la couche d'ozone et ont été progressivement supprimés conformément aux termes du protocole de Montréal. Les aérosols doseurs pressurisés ont été développés avec des gaz propulseurs différents (les hydrofluorocarbures, HFC, ou communément appelés les hydrofluoroalkanes (HFA)). Bien qu'ils n'appauvrissent pas la couche d'ozone, les HFC sont de puissants gaz à effet de serre, les HFA-134a ayant un potentiel de réchauffement global 1 430 fois plus grand que le dioxyde de carbone.

Aujourd'hui, outre les aérosols doseurs, les médecins peuvent décider de prescrire des inhalateurs de poudre sèche, qui délivrent le médicament sans l'aide de gaz propulseur. C'est grâce à l'inspiration que le patient fournit le flux d'air nécessaire pour envoyer le médicament dans les poumons. Selon une étude sur les inhalateurs GlaxoSmithKline réalisée par Janson *et al.*[23], à médicament et dose égale, l'aérosol doseur libère 28 fois plus de gaz à effet de serre qu'un inhalateur de poudre sèche. Les chercheurs ont estimé que si le Royaume-Uni prescrivait des aérosols doseurs et des inhalateurs de poudre sèche au même taux que la Suède (13 et 87 %,

respectivement), il réduirait ses émissions de GES de 550 kt d'équivalent CO_2 par an.

Est-ce vraiment aussi simple ? Les inhalateurs de poudre sèche sont beaucoup plus difficiles à utiliser efficacement par les patients, notamment les enfants et les patients ayant du mal à produire la force d'inhalation nécessaire permettant au médicament de pénétrer en profondeur dans les poumons où il est efficace. Par conséquent, bien que les médecins doivent prendre en considération l'impact environnemental lorsqu'ils choisissent un traitement, les patients doivent également être pris en compte. En définitive, les gaz propulseurs inertes des aérosols doseurs seraient une meilleure solution s'ils étaient disponibles.

Gestion des gaz anesthésiants

Les anesthésiques inhalés (le sévoflurane, le desflurane, l'isoflurane et l'oxyde d'azote) sont des gaz à effets de serre puissants. En utilisation clinique, ils sont très peu métabolisés *in vivo*. Ils sont expirés puis récupérés par les appareils d'anesthésie pour empêcher l'exposition professionnelle à l'intérieur, puis ils sont directement expulsés par les toits de l'hôpital dans l'atmosphère où leur expulsion est largement non réglementée. Par masse d'émission, le desflurane est bien plus nuisible à l'atmosphère que le sévoflurane et l'isoflurane[24]. Étant donné que la puissance des agents anesthésiants varie, il est important de calculer l'impact de ces agents dans des quantités cliniquement pertinentes. Afin de tenir compte de la puissance, la quantité de chaque gaz anesthésiant est normalisée par la concentration alvéolaire minimale (CAM) connue nécessaire pour empêcher le patient de bouger lors de la stimulation chirurgicale. Cette concentration est alors administrée à un débit de gaz frais fixe, en litres par minute, et pendant une durée standard, par exemple une heure. L'unité clinique de comparaison est donc 1-CAM-heure. La quantité de chaque agent anesthésiant utilisée en 1-CAM-heure est ensuite pondérée en fonction de son potentiel de réchauffement global afin de comparer les impacts climatiques dans la pratique réelle. Sur la base du cycle de vie, l'impact climatique du desflurane est 26 fois supérieur à celui du sévoflurane, alors que l'impact de l'isoflurane n'est que 2 fois supérieur. Étant donné que la puissance de l'oxyde d'azote est beaucoup plus faible, il en faut beaucoup plus pour obtenir l'effet clinique souhaité. Une combinaison répandue de 60 : 40 équivalents CAM d'oxyde d'azote associé soit au sévoflurane ou à l'isoflurane multiplient par 6 l'impact de sévoflurane pur et par 3 l'impact d'isoflurane pur. Une CAM d'oxyde d'azote associée au desflurane est en revanche similaire au desflurane seul. Ainsi, l'isoflurane et le sévoflurane

purs sont d'un point de vue environnemental préférables au desflurane, avec ou sans oxyde d'azote.

Par ailleurs, l'oxyde d'azote, contrairement au sévoflurane, au desflurane ou à l'isoflurane, est également nuisible à la couche d'ozone, raison supplémentaire pour réexaminer son utilisation. Les estimations d'émissions médicales totales d'oxyde d'azote se situent entre 3 et 5 % des émissions anthropogéniques mondiales, montant non négligeable qui par conséquent justifie la mise en place de stratégies clinique de mitigation[25].

De manière générale, les agents anesthésiants inhalés ont un impact direct sur l'environnement et doivent être utilisés avec précaution. Il est possible d'éviter une grande partie de la pollution en évitant simplement d'utiliser des flux de gaz frais plus élevés que nécessaire. Des systèmes de destruction des déchets d'anesthésie ou de captage des gaz sont développés afin d'éviter que les gaz soient rejetés dans l'atmosphère et ainsi être potentiellement réutilisés. Il existe également des alternatives aux gaz anesthésiques inhalés, dont les agents intraveineux tels que le propofol ainsi que

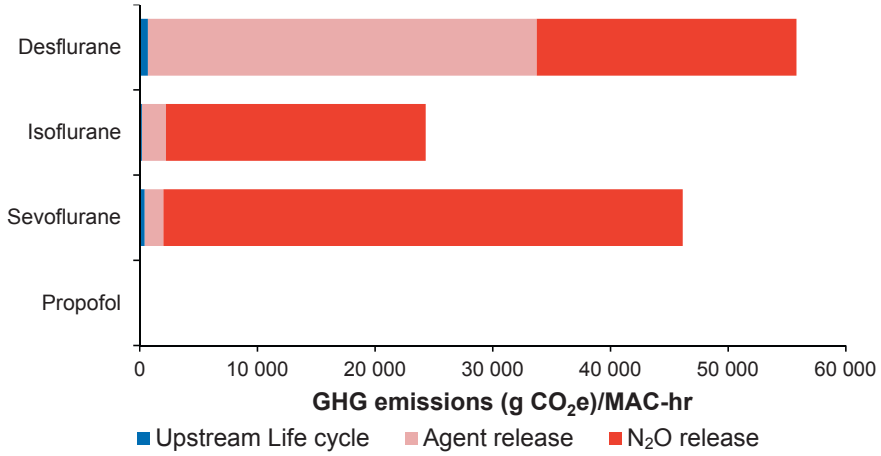


Figure 4. Gaz à effet de serre des agents anesthésiques sur l'ensemble de leur cycle de vie (1-CAM-heure)

Phase d'élimination des déchets = **rose** et **rouge**. *Phases sans déchets* (fabrication, transport, utilisation) = **bleu**. Le desflurane, l'isoflurane, le sévoflurane et l'oxyde d'azote (N_2O) sont des agents anesthésiques inhalés, alors que le propofol est un agent intraveineux. Remarque : les débits de gaz frais pour le desflurane et l'isoflurane sont fixés à 1 litre par minute ; pour le sévoflurane, le débit de gaz frais est fixé à 2 litres par minute étant donné les restrictions imposées par la FDA américaine. Pour le propofol, on utilise l'hypothèse d'un taux d'équivalent CAM de 100 mcg/kg/min pour un adulte de 70 kg. Issu de Sherman *et al.*[26].

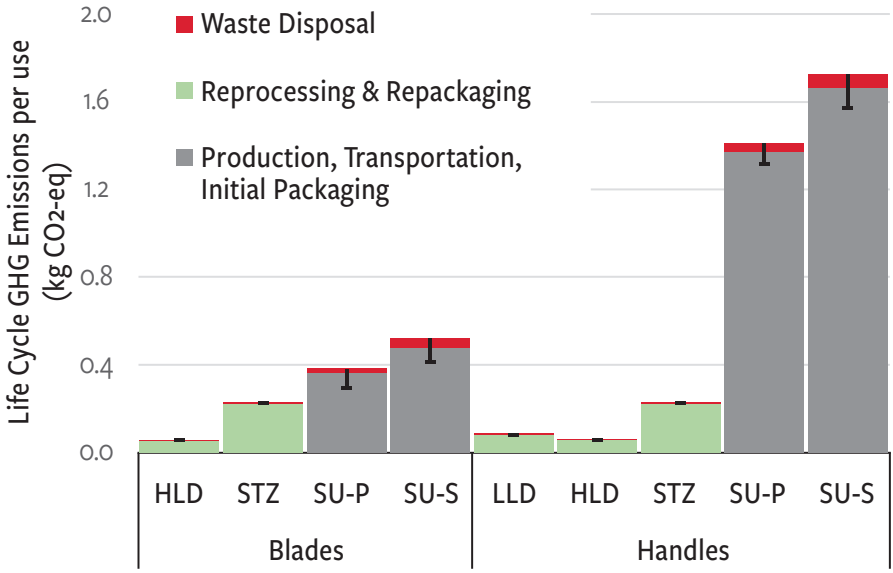
ceux que l'on appelle les anesthésiques locaux qui consistent à injecter des agents tels que la lidocaïne autour des zones nerveuses pour temporairement bloquer la conduction électrique et permettre une absence localisée de sensations. Sherman *et al.*[26] ont montré que les anesthésiques intraveineux et périneuraux émettent beaucoup moins de gaz à effet de serre au cours de leur cycle de vie que les agents anesthésiques inhalés (Figure 4).

Produits médicaux jetables *vs* réutilisables

La comparaison entre les dispositifs médicaux jetables et réutilisables est l'un des sujets d'ACV les plus répandus dans le secteur de la santé. D'un côté, les dispositifs jetables doivent être sans cesse remplacés, nécessitant de nouveaux matériaux, des emballages, du transport et la gestion des déchets, par rapport à un dispositif réutilisable. Plus le nombre de cycles d'utilisation de l'option réutilisable est élevé, plus l'on réduira le poids environnemental de l'appareil à usage unique. Mais de l'autre côté, les dispositifs réutilisables sont fabriqués à partir de matériaux plus durables, soit d'un gabarit plus épais ou en utilisant des métaux dont la production présente une teneur en carbone plus élevée. Les éléments réutilisables doivent également être collectés, nettoyés et réemballés, ce qui nécessite aussi des matériaux et de l'énergie, notamment s'ils doivent être stérilisés. Il n'est à première vue pas évident de dire si l'impact environnemental du traitement des objets réutilisables est plus ou moins élevé que celui des objets jetables. Il faut par conséquent procéder à une analyse minutieuse en utilisant des outils tels que l'ACV.

Cette comparaison environnementale a été menée pour tout un éventail de fournitures et de dispositifs médicaux dont les brassards de pression artérielle, les circuits respiratoires, les masques chirurgicaux, les laryngoscopes, les masques laryngés, les textiles médicaux, les oxymètres de pouls, et plusieurs autres matériels[27]. La plupart des études n'ont comparé que les résultats d'émissions de CO_2 mais certaines ont pris en considération d'autres impacts environnementaux tels que la pollution de l'air et de l'eau, ou la toxicité au cours du cycle de vie[28]. Pour la quasi-totalité des scénarios, des types de produit et des établissements, les études ont montré que les options réutilisables sont supérieures d'un point de vue environnemental. Une étude représentative sur les laryngoscopes menée par Sherman *et al.* est typique des profils de résultat[29]. Elle compare les poignées et les lames de laryngoscope à usage unique en plastique ou en métal par rapport aux versions réutilisables en métal ainsi que différentes options de nettoyage dont la désinfection de bas/haut niveau et la stérilisation. L'observation

directe a été utilisée pour évaluer le temps passé par le personnel, la quantité d'eau, d'énergie et les produits de nettoyage nécessaires pour chaque option. Les itinéraires d'expédition, les quantités d'emballage et les coûts d'achats ont également été recueillis à des fins internes. La figure 5 illustre les principaux résultats environnementaux. Dans tous les cas, les émissions associées au retraitement et au réemballage des éléments réutilisables sont non négligeables, mais inférieures et parfois considérablement aux émissions associées au remplacement des objets jetables.



LLD/HLD = désinfection de bas/haut niveau ; STZ = stérilisation ; SU-P/M = jetable plastique/métal.

Figure 5. Comparaison de l'empreinte carbone des poignées et lames de laryngoscope jetables *vs* réutilisables, issu de Sherman *et al.*[29]

Plusieurs études ont également examiné les coûts tout au long du cycle de vie afin de comparer les options jetables par rapport aux réutilisables. Par exemple, en Australie, le passage d'appareils d'anesthésie jetables à des appareils réutilisables permet à un hôpital de six blocs opératoires d'économiser environ 20 000 €[30], alors que le passage aux laryngoscopes réutilisables dans un gros hôpital universitaire américain permettrait une économie de 430 000 € par an[29].

Les études environnementales sur ce sujet se sont principalement concentrées sur les émissions de CO_2, mais la pandémie de Covid-19 a souligné les

leçons importantes à tirer de l'intérêt à avoir un retraitement en interne et à utiliser des appareils réutilisables en termes de résilience de la chaîne logistique[31]. L'augmentation de la demande associée à des interruptions dans la fabrication et le transport ont conduit à des pénuries importantes de médicaments et de fournitures médicales, notamment pour les équipements de protection individuelle (EPI). Au début de la pandémie, notamment, les établissements qui ont été en mesure de nettoyer et réutiliser les équipements médicaux disposaient d'alternatives pour fournir des EPI à leur personnel, afin qu'ils puissent continuer de s'occuper des patients tout en étant protégés. Cette même approche d'utilisation d'équipements réutilisables et durables permet également d'améliorer la résilience des établissements de soins de santé lors de perturbations majeures de l'approvisionnement en cas d'événements climatiques extrêmes.

Conclusion

Le secteur de la santé doit prendre des mesures pour réduire ses émissions afin de réaliser sa mission principale qui est de ne pas nuire. Ces émissions sont malheureusement substantielles. Les EEIO et les ACV sont des outils hautement performants des sciences de la durabilité qui peuvent permettre au secteur de la santé de répondre à ses objectifs climatiques. Ils peuvent être utilisés pour quantifier les impacts environnementaux des soins de santé, à la fois au niveau systémique et au niveau des matériels et processus afin d'évaluer la performance et suivre les progrès.

Toutefois, ce ne sont là que des outils. Les ingénieurs et les experts en ACV peuvent fournir des données pour étayer les décisions mais ne peuvent en aucun cas décider quel impact sera plus ou moins important. La conception des matériels médicaux ou des protocoles opérationnels doit avoir pour objectif la protection et la santé du patient, ce qui toutefois laisse une large marge en termes de conception pour optimiser à la fois la performance environnementale et les coûts tout en conservant, voire en améliorant, les services au patient. Dans de nombreux cas, les mesures permettant d'économiser les ressources engendrent des avantages à la fois environnementaux et économiques, et améliorent la résilience. Les soignants sont les mieux placés pour identifier les opportunités, prôner le changement et mener des actions à la base de décarbonation de la santé.

Références

1. Esty DC, Winston A, Green to Gold. How Smart Companies Use Environmental Strategy to Innovate, Create Value, and Build Competitive Advantage, New York, John Wiley & Sons; 2009.
2. Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson Å, Chapin III FS, Lambin E, et al., « Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity », Ecology and Society, 2009 ; 14(2).
3. England N, Improvement N, Delivering a 'Net Zero' National Health Service, Londres, UK : National Health Service ; 2020.
4. Wise J, « COP26: Fifty Countries Commit to Climate Resilient and Low Carbon Health Systems », British Medical Journal Publishing Group, 2021 ; 375 : n2734.
5. Chung JW, Meltzer DO, « Estimate of the Carbon Footprint of the US Health Care Sector », JAMA, 2009 ; 302(18) : 1970.
6. Weisz U, Pichler PP, Jaccard IS, Haas W, Matej S, Bachner F, et al., « Carbon Emission Trends and Sustainability Options in Austrian Health Care », Resources, Conservation and Recycling, 2020 ; 160 : 104862.
7. Malik A, Lenzen M, McAlister S, McGain F, « The Carbon Footprint of Australian Health Care », The Lancet Planetary Health, 2018 ; 2(1) : e27-e35.
8. Eckelman MJ, Sherman JD, MacNeill AJ. Life cycle environmental emissions and health damages from the Canadian healthcare system: An economic-environmental-epidemiological analysis. PLoS Medicine. 2018;15(7):e1002623.
9. Wu R. The carbon footprint of the Chinese health-care system: an environmentally extended input–output and structural path analysis study. The Lancet Planetary Health. 2019;3(10):e413-e9.
10. Tennison I, Roschnik S, Ashby B, Boyd R, Hamilton I, Oreszczyn T, et al., « Health Care's Response to Climate Change: A Carbon Footprint Assessment of the NHS in England », The Lancet Planetary Health, 2021 ; 5(2) : e84-e92.
11. Nansai K, Fry J, Malik A, Takayanagi W, Kondo N, « Carbon Footprint of Japanese Health Care Services from 2011 to 2015 », Resources, Conservation and Recycling, 2020 ; 152 : 104525.
12. Eckelman MJ, Sherman J, « Environmental Impacts of the US Health Care System and Effects on Public Health », PloS One, 2016 ; 11(6) : e0157014.
13. Eckelman MJ, Huang K, Lagasse R, Senay E, Dubrow R, Sherman JD, « Health Care Pollution and Public Health Damage in the United States: An Update: Study Examines Health Care Pollution and Public Health Damage in the United States », Health Affairs, 2020 ; 39(12) : 2071-2079.
14. Eckelman MJ, Sherman JD, « Estimated Global Disease Burden from United States Health Care Sector Greenhouse Gas Emissions », American Journal of Public Health, 2018:(ahead of print).

15. Pichler PP, Jaccard IS, Weisz U, Weisz H, « International Comparison of Health Care Carbon Footprints », Environmental Research Letters, 2019 ; 14(6) : 064004.
16. Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Beagley J, Belesova K, et al., « The 2020 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Responding to Converging Crises », The Lancet 2021 ; 397(10269) : 129-170.
17. Lenzen M, Malik A, Li M, Fry J, Weisz H, Pichler PP, et al., « The Environmental Footprint of Health Care: A Global Assessment », The Lancet Planetary Health, 2020 ; 4(7) : e271-e279.
18. Romanello M, McGushin A, Di Napoli C, Drummond P, Hughes N, Jamart L, et al., « The 2021 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Code Red for a Healthy Future », The Lancet, 2021 ; 398(10311) : 1619-1662.
19. Valdivia S, Backes JG, Traverso M, Sonnemann G, Cucurachi S, Guinée JB, et al., « Principles for the Application of Life Cycle Sustainability Assessment », The International Journal of Life Cycle Assessment, 2021 ; 26(9) : 1900-1905.
20. Sanchez SA, Eckelman MJ, Sherman JD, « Environmental and Economic Comparison of Reusable and Disposable Blood Pressure Cuffs in Multiple Clinical Settings », Resources, Conservation and Recycling, 2020 ; 155 : 104643.
21. MacNeill AJ, Lillywhite R, Brown CJ, « The Impact of Surgery on Global Climate: A Carbon Footprinting Study of Operating Theatres in Three Health Systems », The Lancet Planetary Health, 2017 ; 1(9) : e381-e388.
22. NHS Sustainable Development Unit, « NHS England Carbon Emissions Carbon Footprinting Report », Londres, 2009, accessible sur : www.sduhealth.org.uk/documents/resources/Carbon_Footprint_carbon_emissions_2008_r2009.pdf.
23. Janson C, Henderson R, Löfdahl M, Hedberg M, Sharma R, Wilkinson AJ, « Carbon Footprint Impact of the Choice of Inhalers for Asthma and COPD », Thorax, 2020 ; 75(1) : 82-84.
24. Andersen MPS, Nielsen OJ, Wallington TJ, Karpichev B, Sander SP, « Assessing the Impact on Global Climate from General Anesthetic Gases », Anesthesia & Analgesia, 2012 ; 114(5) : 1081-1085.
25. Ravishankara A, Daniel JS, Portmann RW, « Nitrous Oxide (N2O): The Dominant Ozone-Depleting Substance Emitted in the 21st Century », Science, 2009 ; 326(5949) : 123-125.
26. Sherman J, Le C, Lamers V, Eckelman M, « Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Anesthetic Drugs », Anesthesia & Analgesia, 2012 ; 114(5) : 1086-1090.
27. Drew J, Christie SD, Tyedmers P, Smith-Forrester J, Rainham D, « Operating in a Climate Crisis: A State-of-the-Science Review of Life Cycle

Assessment within Surgical and Anesthetic Care », Environmental Health Perspectives, 2021 ; 129(7) : 076001.
28. Eckelman M, Mosher M, Gonzalez A, Sherman J, « Comparative Life Cycle Assessment of Disposable and Reusable Laryngeal Mask Airways », Anesthesia and Analgesia, 2012 ; 114(5) : 1067-1072.
29. Sherman JD, Raibley IV LA, Eckelman MJ, « Life Cycle Assessment and Costing Methods for Device Procurement: Comparing Reusable and Single-Use Disposable Laryngoscopes », Anesthesia & Analgesia, 2018 ; 127(2) : 434-443.
30. McGain F, Story D, Lim T, McAlister S, Financial and Environmental Costs of Reusable and Single-Use Anaesthetic Equipment », British Journal of Anaesthesia, 2017 ; 118(6) : 862-869.
31. Baker N, Bromley-Dulfano R, Chan J, Gupta A, Herman L, Jain N, et al., « COVID-19 Solutions Are Climate Solutions: Lessons from Reusable Gowns », Frontiers in Public Health, 2020 ; 811 : 590275.

40 – Recommandations pour l'écoconception des cabinets de médecine de famille

John Nicolet, Julien Boucher, Yolanda Müller et Nicolas Senn

Introduction

Les organisations scientifiques, telles que le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), apportent des preuves qui incitent notre société et les services de santé à diminuer drastiquement leurs émissions de gaz à effet de serre (GES).

Dans le monde médical, la commission pour le climat du Lancet Countdown étudie les conséquences sur la santé humaine induites par le changement climatique. En outre, cette commission rend compte régulièrement des avancées des gouvernements pour réduire les émissions de GES, notamment dans le secteur de la santé[1].

Plusieurs études se sont intéressées aux émissions de GES globales des systèmes de santé[2-4]. La chaîne d'approvisionnement (production, distribution, utilisation et élimination) en services et en biens en totalise généralement plus de la moitié (62-71 %), dont une part importante due aux médicaments (hors gaz médicaux). Les activités cliniques viennent en deuxième position (17-24 %), suivies de la mobilité (avec de grandes variations selon les études liées à ce qui est pris en compte en matière de mobilité, incluant ou non celles des patient·e·s). Les soins de premiers recours seraient quant à eux responsables d'un quart des émissions du système de santé (mais là aussi, cela dépend fortement de qui est pris en compte, notamment en ce qui concerne les médicaments).

À l'échelle suisse, 6,7 % des émissions nationales de GES sont induites par le système de santé[5]. Cela représente annuellement environ 1 000 kg CO_2eq, par habitant·e. Bien que ce ratio soit deux fois moins élevé que celui des États-Unis, la Suisse reste dans le quatuor de tête du classement des pays avec les émissions de GES par habitant les plus importantes[4]. De plus, les émissions s'élèvent bien au-delà de la limite des 600 kg CO_2eq, que chaque citoyen·ne suisse serait tenu·e de ne pas dépasser pour l'ensemble de ses activités en vue de limiter le réchauffement à 2 °C comparé à l'ère préindustrielle[6].

Devant ces faits, de plus en plus de professionnel·le·s de la santé appellent à une prise de conscience du changement climatique et de ses répercussions

majeures sur la santé des populations[7-9]. Des programmes nationaux se développent, notamment au Royaume-Uni, dans le but d'atteindre la neutralité carbone des systèmes de santé, en particulier des soins de premiers recours[10,11].

Les activités et structures des cabinets médicaux sont peu comparables avec celles des hôpitaux. Selon le système de santé, les tâches des soins primaires et secondaires sont réparties différemment, se traduisant par le type d'équipements médicaux (laboratoire ou radiographie) présents ou pas dans les structures de soins. Ainsi, la réduction des émissions de GES liées aux activités des cabinets de médecine de famille doit être abordée de manière spécifique et selon le contexte national.

En Suisse, plus de 8 000 médecins de famille travaillent dans environ 3 000 cabinets qui sont principalement organisés en petites entreprises indépendantes. Ils assurent plus de 13,8 millions de consultations médicales par an[12]. Au quotidien, ces cabinets utilisent des équipements et des consommables médicaux que l'on ne trouve pas dans d'autres entreprises : beaucoup utilisent en interne des appareils de radiologie (57 %) et des tests de laboratoire (66 %)[12]. Dans ce contexte, le département de médecine de famille d'Unisanté à Lausanne en Suisse a mené le projet EcoConception, qui visait à quantifier et détailler les émissions de GES exprimées en CO_2eq par une consultation moyenne de médecine de famille ou un cabinet entier, puis à identifier les possibilités de réduction celles-ci[13].

Évaluation des émissions d'un cabinet type

Méthodes

L'étude publiée en 2022[13] a consisté en une quantification des émissions de GES induites par l'activité de dix cabinets de médecine de famille en Suisse occidentale. La méthodologie s'est conformée à l'approche de l'analyse du cycle de vie, qui prend en compte toutes les étapes d'un produit ou d'une activité, depuis sa fabrication, son utilisation, son entretien jusqu'à son élimination. Toutes les sources d'émissions de GES ont été converties en leur équivalent CO_2, mentionné comme CO_2eq dans ce chapitre. Les domaines inclus dans l'étude sont résumés dans le tableau 1. La base de données Ecoinvent[14] a été utilisée afin d'obtenir les émissions de GES de chaque activité et article répertorié dans l'étude. Les émissions de GES d'une consultation type, du cabinet moyen, et des cabinets faibles et haute empreinte ont ensuite été modélisées.

Tableau 1. Domaines des cabinets inclus dans l'analyse des émissions de gaz à effets de serre

Équipement médical	Déplacement du personnel	Laboratoire interne
Équipement non médical	Déplacement des patient·e·s	Laboratoire externe
Consommables médicaux	Déplacement des coursiers	Infrastructure
Consommables non médicaux	Déchets	Électricité

Le cabinet type

Dix cabinets de médecine de famille ont été inclus dans l'étude. Sur la base de leurs caractéristiques, un cabinet type a été modélisé comme illustré par la Figure 1. Celui-ci se compose de deux médecins à plein temps et de deux assistant·e·s médicaux·ales également à plein temps, travaillant dans un local de 207 m². Ensemble, ces professionnel·les ont assuré 6 273 consultations par an, ce qui équivaut à 27 consultations par jour (en tenant compte des vacances).

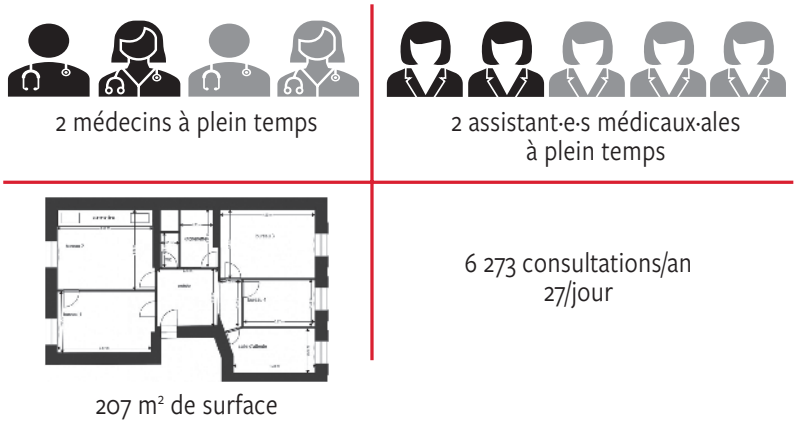


Figure 1. Le cabinet type

Dans l'ensemble, ce cabinet type a produit 30,5 tonnes de CO_2eq pour l'année 2018, ce qui correspond à une moyenne de 4,8 kg de CO_2eq par consultation. Plus de la moitié (55,5 %) de l'empreinte carbone était due à la mobilité. Cela comprenait la mobilité des patient·e·s (33,2 %), la

mobilité du personnel (12,5 %) et la mobilité des coursier·ère·s (9,8 %). En deuxième position, on trouve le système de chauffage, qui produisait 9,1 tonnes CO_2eq, soit 29,8 % de l'empreinte totale. Les consommables médicaux arrivaient en cinquième position avec 1,7 tonne de CO_2eq (5,5 %), suivis par les équipements non médicaux avec 1,2 tonne de CO_2eq (4,1 %). Les six derniers domaines étaient l'élimination des déchets (1,6 %), les analyses en laboratoire externe (1,2 %), les consommables non médicaux (1,1 %), le laboratoire interne (0,5 %) et les équipements médicaux (0,4 %). La consommation d'électricité arrivait en dernière position et représentait 0,3 % de l'empreinte totale. La Figure 2 présente les détails des émissions pour les dix cabinets. N'y sont représentées que les émissions directement induites par eux-mêmes, c'est-à-dire en excluant la mobilité des patient·e·s et l'activité de sous-traitance.

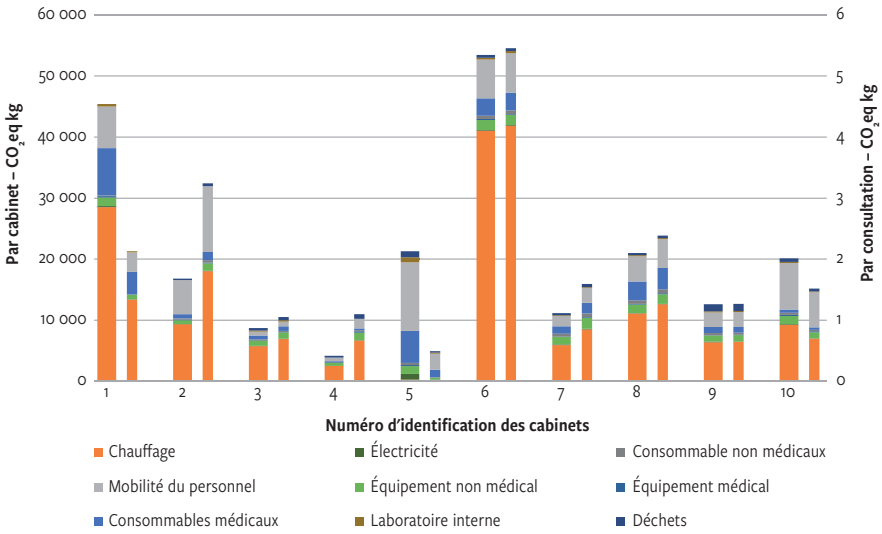


Figure 2. Émission de GES totale par cabinet (colonne de gauche, large) et par consultation (colonne de droite, étroite).
N'inclut pas la mobilité des patient·e·s et l'activité de sous-traitance

En départageant les activités entre celles en lien avec la pratique médicale et celles relevant du support logistique ou administratif, comme détaillé dans la Figure 3, on peut observer que 82,6 % (25 231 CO_2eq kg) des émissions de GES du cabinet moyen sont induites par des activités de support sans lien direct avec l'activité médicale. Cela signifie qu'une réduction importante des émissions de GES peut être réalisée sans modifier la pratique clinique.

Finalement, deux cabinets fictifs, le plus et le moins émetteur, ont été modélisés en combinant les pires et les meilleurs aspects des 10 cabinets initiaux. Le ratio d'émission de GES entre les deux est d'un facteur dix, indiquant un fort potentiel d'amélioration.

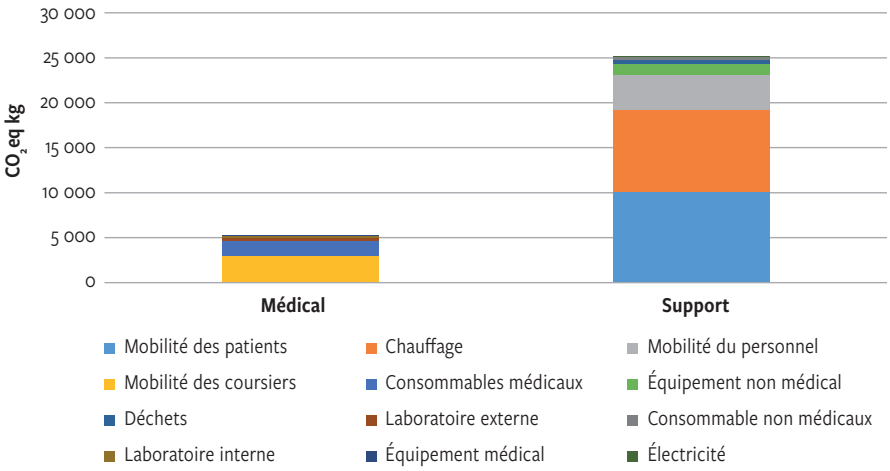


Figure 3. Émissions de gaz à effet de serre d'un cabinet type, par domaine, réparties en activités médicales et activités de support

Recommandations

Afin d'établir des recommandations qui soient proches de la réalité des cabinets, un groupe d'étude d'une vingtaine de médecins de famille installé·e·s a été formé. Les résultats de l'étude EcoConception leur ont été présentés, en leur demandant quelles seraient pour elles et eux les meilleures possibilités de diminution des émissions de CO_2eq en termes de faisabilité et d'impact potentiel. Une fois définies, ces recommandations ont été appliquées au cabinet type afin de chiffrer le potentiel de réduction des GES et, le cas échéant, l'épargne financière qui pouvait en résulter. Un rapport personnalisé a été adressé à chaque cabinet, ainsi qu'un questionnaire d'évaluation de la faisabilité des recommandations proposées. Les recommandations finales sont présentées ci-dessous et résumées dans le tableau 2.

Tableau 2. Recommandations visant à réduire les émissions de GES dans les cabinets de médecine de famille

Domaine	Actions		Gain économique[1] CHF/année	Gain carbone[1] CO_2eq kg/année
Infrastructure		Diminuer la température de chauffage de 1 °C	264. –	841
		Couper l'eau chaude des robinets	189. –	601
		Redimensionner la surface du cabinet à 60 m²/médecin	2 168. –	5 769
		Éteindre l'appareil de radiographie	105. –	24
Mobilité		Inciter 80 % des soignant·e·s à renoncer à utiliser la voiture pour se rendre au cabinet		2 923
		Inciter 10 % des patient·e·s à renoncer à utiliser la voiture pour se rendre au cabinet		1 294
Sous-traitance		Arrêter de faire venir le coursier du laboratoire en urgence		1 094
		Effectuer les analyses urgentes directement au cabinet		119
		Limiter à un passage par jour la fréquence de collecte des échantillons pour le laboratoire		147

Domaine	Actions		Gain économique[1] CHF/année	Gain carbone[1] CO_2eq kg/ année
Matériel		Ne pas utiliser de papier de lit plastifié		140
		Doubler la durée de vie des ordinateurs (de quatre à huit ans)		332
		Favoriser du matériel de soins minimisant les emballages		231
		Utiliser des pansements sans coton		1 360

[1] Dans le cas de l'application de l'action dans le cabinet moyen

Infrastructure

Dans les cabinets, la part des émissions liées au bâtiment (chauffage) est majeure. En ce sens, l'optimisation de l'espace de travail constitue un levier d'action indirect important. Par exemple, le redimensionnement de la surface du cabinet à 60 m^2 (contre 103 m^2 en moyenne dans l'étude) par médecin à plein temps mérite d'être envisagé au moment de la conception de la structure, ou du moins *a posteriori*, en réfléchissant à la densification de l'utilisation des locaux. En effet, à l'heure où de plus en plus de médecins choisissent de travailler à temps partiel, le partage des salles de consultations sur la semaine entre professionnel·le·s de la santé a des avantages tant financiers qu'en termes de réduction d'empreinte carbone. Dans l'idéal, des dispositifs de chauffage à plus faible impact carbone (chauffage à distance par exemple) devraient être privilégiés. Néanmoins, l'atelier participatif a par ailleurs révélé que les médecins, souvent locataires des locaux, n'avaient que peu de marges de manœuvre sur le choix du dispositif de chauffage ou l'isolation des bâtiments.

Mobilité

Les mobilités des patient·e·s et du personnel ont été incluses dans l'étude car des leviers d'actions sont à disposition pour l'influencer. Dans les

hôpitaux, les incitations au renoncement à la voiture existent depuis longtemps, principalement pour des raisons logistiques (gestion des parkings). Contrairement aux structures de soins stationnaires[2] la mobilité des patient·e·s (10 CO_2eq tonnes/cabinet) et des professionnel·le·s (3,8 CO_2eq tonnes/cabinet) d'un cabinet constitue la première cause d'émissions carbone. Repenser cet aspect est donc capital, en l'adaptant à chaque situation : aide à l'achat d'un abonnement de transport public ou d'un vélo pour le personnel, encouragement au covoiturage, installation proche d'un arrêt de transport public ou diminution du nombre de places de parc prévues pour le personnel.

Du côté des patient·e·s, les dissuader d'utiliser leur voiture ne va *a priori* pas de soi. En effet, les personnes consultant leur médecin ne sont-elles pas souvent en mauvaise santé, âgées, se déplaçant difficilement ou habitant parfois loin ? La stratégie doit évidemment être adaptée à chaque situation et il s'agit surtout de délivrer un message positif, par exemple d'encourager à aller pied ou à vélo plutôt que de dire d'arrêter de prendre la voiture. Dans la mesure où la sédentarité est une cause de surpoids et de maladies cardiovasculaires, aborder les questions de mobilité durant la consultation pour encourager les patient·e·s à privilégier une mobilité plus active peut être bénéfique, tant pour leur santé que pour celle de la planète.

Analyses de laboratoire et pratique médicale

En plus des critères de qualité et de sécurité, un questionnement sur l'impact carbone des décisions médicales peut être pertinent. Les analyses réalisées dans le laboratoire du cabinet contribuent peu à ses émissions de GES. Pour les analyses en laboratoire externe, le déplacement des coursiers constitue la principale source d'émissions, d'autant plus si l'analyse est faite en urgence. En effet, 6 % de l'empreinte carbone totale d'un cabinet est attribuable aux coursiers sur demande qui effectuent un aller-retour depuis le laboratoire pour le transport parfois d'un échantillon unique.

Sachant cela, un cabinet médical peut décider d'effectuer certaines analyses urgentes directement au cabinet. Cela semble effectivement pertinent tant du point de vue médical (rapidité du résultat et meilleure orientation de la prise en charge), que du point de vue de l'épargne d'émissions. Dans le même ordre d'idées, la décision peut être prise de ne faire passer le coursier en routine qu'une fois par jour, voire seulement certains jours. Les cabinets urbains peuvent engager la discussion avec les laboratoires sur la possibilité de recourir à des coursier·ère·s à vélo.

Consommables

Alors que les divers consommables sont régulièrement pointés du doigt en termes de production de CO_2, leur impact carbone (5,5 % des émissions) est en fait moindre par rapport aux autres domaines, comme le montrent les gains modestes des actions qui y sont liées. Néanmoins, elles sont également plus faciles à mettre en place, comme par exemple l'abandon des papiers de lits plastifiés. Des questions liées à l'asepsie et à la composition des consommables sont également pertinentes. Sachant que les compresses et pansements totalisant deux tiers des émissions liées aux consommables, doivent-ils dans toutes situations cliniques être stériles et donc suremballés ? On préférera également des produits sans coton, ce dernier devant être importé de loin et nécessitant de grandes quantités d'eau. Il faudrait néanmoins explorer plus en détail l'importance que jouent des facteurs comme les fournisseurs ou les types de consommables afin d'affiner les recommandations aux cabinets.

Conclusion et perspectives

Alors qu'un cabinet de médecine de famille induit annuellement 30 tonnes de CO_2eq, des recommandations adaptées permettraient potentiellement de diviser cet impact par dix. Notons par ailleurs que la mobilité des patient·e·s et du personnel ainsi que le chauffage des locaux génèrent la plus grande part de ces émissions. À titre prospectif, si nous imaginons une diminution de 20 % des émissions de 1 000 cabinets dans le canton de Vaud, cela pourrait conduire à une réduction totale annuelle de 6 000 tonnes de CO_2eq, ce qui serait un gain appréciable. De plus, la plupart de ces recommandations ne sont pas directement liées à la prise en charge des patient·e·s et n'impliquent donc pas de changement dans la pratique médicale. L'écoconception des cabinets n'est qu'un aspect d'une pratique durable de la médecine. À cela s'ajoute entre autres une sensibilisation des professionnel·e·s de la santé et des patient·e·s sur les impacts sanitaires du changement climatique et une information quant aux cobénéfices pour la santé de la réduction de notre empreinte carbone. Même si leur impact carbone n'a pu être évalué dans le cadre de cette étude, les activités de prévention et la limitation des investigations et des prescriptions, suivant la logique du « *Choosing Wisely* », ne peuvent qu'être encouragées.

Références bibliographiques

1. Watts N, Amann M, Arnell N, et al., « The 2020 Report of The Lancet Countdown on Health and Climate Change: Responding to Converging Crises », The Lancet 2021 ; 397(10269) : 129-170.
2. Tennison I, Roschnik S, Ashby B, et al., « Health Care's Response to Climate Change: A Carbon Footprint Assessment of the NHS in England », The Lancet Planetary Health, 2021 ; 5(2) : e84-e92.
3. Eckelman MJ, Sherman JD, « Estimated Global Disease Burden from US Health Care Sector Greenhouse Gas Emissions », American Journal of Public Health, 2017 ; 108 : S120-S122.
4. Karliner J, Slotterback S, Boyd R, Ashby B, Steele K, Health Care's Climate Footprint. How the Health Sector Contributes to the Global Climate Crises and Opportunities for Action, Health Care without Harm & ARUP, 2019.
5. Karliner J, Slotterback S, Boyd R, Ashby B, Steele K, Health Care's Climate Footprint. How the Health Sector Contributes to the Global Climate Crises and Opportunities for Action, Health Care without Harm & ARUP, 2019.
6. UNEP/GRID-Geneva & University of Geneva, « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries », 2015, accessible sur : www.gruenewirtschaft.admin.ch/dam/grwi/de/dokumente/BAFU/Environmental-Limits-and-Swiss-Footprints-Based-on-Planetary-Boundaries-Final-Report%20(EN%20only).pdf.download.pdf/Environmental-Limits-and-Swiss-Footprints-Based-on-Planetary-Boundaries-Final-Report.pdf
7. Doctors for Extinction Rebellion, « Lancet Editor "Doctors Obliged to Protest" about Health and Climate », 2019, accessible sur : www.youtube.com/watch?v=2x6sBfV64N4.
8. NHS England, NHS Improvement, « Delivering a "Net Zero" National Health Service », 2020, accessible sur : www.england.nhs.uk/greenernhs/wp-content/uploads/sites/51/2020/10/delivering-a-net-zero-national-health-service.pdf
9. Sherman JD, McGain F, Lem M, Mortimer F, Jonas WB, MacNeill AJ, « Net Zero Healthcare: A Call for Clinician Action », British Medical Journal, 2021 ; 374 : n1323.
10. Hackett F, Got T, Kitching GT, MacQueen K, Cohen A, « Training Canadian Doctors for the Health Challenges of Climate Change », The Lancet Planetary Health, 2020 ; 4(1) : e2-e3.
11. Kadandale S, Marten R, Dalglish SL, Rajan D, Hipgrave DB, « Primary Health Care and the Climate Crisis », Bulletin of the World Health Organization, 2020 ; 98(11) : 818-820.
12. Senn N, Ebert ST, Cohidon C, « La médecine de famille en Suisse – Perspectives. Analyse sur la base des indicateurs du programme SPAM (Swiss Primary Care Active Monitoring) », Obsan Bulletin, 11, 2016,

accessible sur : www.obsan.admin.ch/sites/default/files/2021-08/obsan_bulletin_2016-11_f.pdf
13. Nicolet J, Mueller Y, Paruta P, Boucher J, Senn N, « What Is the Carbon Footprint of Primary Care Practices? A Retrospective Life-Cycle Analysis in Switzerland », Environmental Health, 2022 ; 21(1) : 3.
14. ECOINVENT – Life Cycle Inventory Database. Accessible sur : www.ecoinvent.org/

41 – Systèmes de santé, économie et environnement

Joachim Marti

Introduction

Les systèmes de santé ont un rôle central, mais parfois paradoxal, à jouer lorsqu'il s'agit de questions environnementales. D'une part, ils doivent faire face aux répercussions du changement climatique et des impacts environnementaux sur la santé, avec des conséquences en termes de morbidité, de mortalité, d'utilisation des services de santé et de coûts[1-3]. D'autre part, ils polluent et ont donc un impact négatif indirect sur la santé des populations[4]. En effet, les systèmes de santé et les industries du domaine de la santé représentent un poids considérable dans l'activité économique des pays développés. En Suisse, les dépenses de santé représentent plus de 12 % du produit intérieur brut (PIB), une mesure de la valeur de la production totale du pays. En moyenne, elles représentent 10 % de l'activité économique mondiale et s'accompagnent donc d'un impact environnemental important. Les impacts environnementaux directs et indirects générés par la demande en services de santé représentent entre 1 et 5 % de l'ensemble des impacts environnementaux au niveau global, et plus de 5 % dans certains contextes nationaux[5]. Une étude australienne estime que 5 à 10 % des émissions de CO_2 peuvent être attribués au secteur de la santé, avec comme sources principales les hôpitaux, l'industrie pharmaceutique et les services d'approvisionnement[6]. En Angleterre, le *National Health Service* (NHS) est responsable de 25 % des émissions de CO_2 du secteur public et de 4 % des émissions totales du pays[7]. L'impact total se compose d'effets directs liés à l'utilisation de soins et à l'accès aux soins (par exemple transports), et d'effets indirects liés à l'énergie utilisée, la production et l'utilisation des biens utilisés dans les soins[8-10].

Une part de cet impact est liée à la manière dont les systèmes de santé sont organisés et financés et dont les ressources sont allouées, et ce tant sur le plan « macro » (par exemple importance relative des soins primaires par rapport aux soins aigus, investissements dans la prévention) qu'au niveau « micro » (par exemple modes de rémunération des prestataires, sélection des nouvelles technologies). L'économie de la santé s'est traditionnellement occupée de la durabilité financière des systèmes de santé et de leur efficience, c'est-à-dire du rapport entre ressources financières

investies et résultats en termes de santé. La durabilité devrait toutefois également se lire sur le plan environnemental et social avec la même logique, c'est-à-dire celle de *subvenir aux besoins actuels sans compromettre notre capacité à subvenir aux besoins futurs*. Ce chapitre donne une vue d'ensemble de cette problématique du point de vue de l'économie de la santé avec un accent sur la manière dont les systèmes pourraient mieux intégrer les impacts environnementaux dans leurs processus d'allocation des ressources.

Économie de la santé et environnement

L'intégration des dimensions environnementales dans l'analyse économique des services et systèmes de santé peut être implicite ou explicite. L'identification des soins potentiellement inutiles et du gaspillage, même si elle ne poursuit pas de but environnemental explicite, a un impact sur la durabilité. Ensuite, le cadre de l'analyse économique en santé peut intégrer des aspects environnementaux et les faire ainsi entrer explicitement dans la prise de décision.

Réduction des soins à « faible valeur » et du gaspillage

La surconsommation de soins peut être définie comme une consommation qui n'apporte aucun bénéfice ou qui a un impact négatif sur le bien-être. La littérature économique montre depuis les années 1960 que les incitatifs générés par les mécanismes de rémunération des prestataires, et en particulier la rémunération à l'acte, mènent souvent à une surutilisation de services de santé[11]. L'indentification des soins à faible valeur (*low-value care*), inutiles ou dangereux, permet d'atteindre des objectifs d'efficience (diminution des coûts sans atteinte sur la santé du patient, ou au contraire avec un bénéfice, et réallocation vers des soins à meilleure valeur) et des objectifs de durabilité. Orienter les ressources vers des traitements et des interventions à forte valeur ajoutée et éviter le gaspillage ne sont pas en contradiction avec la poursuite d'objectifs environnementaux, au contraire. Dans ce contexte, le potentiel d'économie peut être vu comme un incitatif à l'amélioration de la durabilité.

Extension de la notion de valeur dans l'évaluation des interventions et des technologies de santé

L'étape suivante, plus ambitieuse, consisterait à incorporer de manière systématique les impacts environnementaux dans l'évaluation des nouvelles technologies et traitements. Les agences d'évaluation des technologies de santé (HTA) demandent une évaluation économique pour démontrer la valeur ajoutée d'une nouvelle intervention ou technologie, en plus des preuves d'efficacité et de sécurité. La notion de valeur utilisée dans ces analyses est souvent limitée à la perspective du système de soins, c'est-à-dire qu'elle implique une comparaison des coûts et des bénéfices de l'intervention mesurables directement auprès des patients et fournisseurs de prestation (par exemple coûts de la nouvelle technologie, coûts des soins évités grâce à la nouvelle intervention, bénéfices en termes de santé, etc.). Une perspective plus large, et donc une définition plus complète de la valeur, permettrait de mieux rendre compte de l'impact global des interventions et traitements évalués, et notamment de leur impact environnemental. Le HTA *Core Model*[12], cadre conceptuel qui guide le HTA en Europe, n'intègre pas de notion de durabilité environnementale dans les processus de fixation des prix et de remboursement. Toutefois, certaines agences, telles que la TLV en Suède, font exception et adoptent une perspective plus large.

Des pistes de solutions existent. Un panel d'experts en évaluation économique propose, par exemple, la prise en compte des effets environnementaux dans leur inventaire d'impact[13]. Toutefois, il n'existe pas de consensus méthodologique et les difficultés liées à la mesure précise et complète de l'impact environnemental, souvent limitée aux émissions de gaz à effet de serre, s'accompagnent de défis dans l'incorporation de ces impacts dans les processus décisionnels[14]. Conceptuellement, les avancées les plus concrètes sont développées par Marsh *et al.*[15] qui identifient trois stratégies alternatives pour mesurer l'impact environnemental des technologies de santé : le *Life-Cycle Assessment* (LCA), l'*Extended Input-Output Analysis* (EEIOA) et l'analyse des processus. De Preux et Rizimie[16] proposent d'étendre le champ de l'analyse médico-économique pour s'intéresser à la durabilité environnementale en plus de la durabilité financière, et d'adapter l'approche de l'analyse coût-efficacité pour prendre en compte l'impact carbone des interventions. Les auteurs illustrent cette approche en comparant deux contextes pour l'hémodialyse (à domicile ou dans un centre) et en ajoutant la valeur économique de l'impact carbone aux coûts des différentes options. Marsh *et al.* présentent une approche assez similaire et décrivent un exemple d'application dans le cadre du diabète[15]. Les

impacts sont mesurés en termes d'émission de CO_2, et l'analyse distingue les émissions liées au traitement, celles liées à la gestion de la maladie (*disease management*) et celles liées au traitement des complications. Les résultats sont exprimés en termes d'intensité carbone (CO_2/£). Cette étude démontre la faisabilité de l'approche et le type d'information qu'elle peut générer et sur laquelle pourraient se baser les preneurs de décision. Dans le cas précis, elle rend explicite l'arbitrage entre un bon rapport coût-efficacité et une intensité carbone plus importante.

Utilisation dans la prise de décision

Une fois que l'impact environnemental est mesuré, plusieurs options ont été évoquées pour les intégrer à la prise de décision, notamment l'analyse multicritère qui consiste à rendre explicites les arbitrages entre différentes dimensions de l'impact (efficience, équité, impact environnemental, etc.), ou encore l'analyse coût-bénéfice qui consiste à traduire l'ensemble des impacts en termes monétaires mais qui présente des difficultés méthodologiques majeures et une faible acceptabilité auprès des agences HTA[17]. L'approche dite de « coût-efficacité étendue » (*Extended Cost-Effectiveness Analysis* [ECEA][18]), développée pour tenir compte des effets distributionnels et d'accessibilité financière aux traitements dans l'analyse coût-efficacité, pourrait être élargie pour prendre en compte les effets environnementaux.

Sans pour autant intégrer directement l'impact environnemental dans le rapport coût-efficacité, une approche pourrait s'inspirer du cadre proposé par Cookson *et al.*, qui distingue les impacts sur l'efficience (coût-efficacité) et sur l'équité, et proposer une lecture selon deux dimensions : le rapport coût-efficacité au sens classique et l'impact environnemental[19]. Concrètement, il s'agirait de classer les interventions selon leur rapport coût-efficacité, d'une part, et selon leur impact environnemental, d'autre part (leur intensité carbone, par exemple). Cette approche permettrait de mettre en avant quatre types d'intervention (voir Figure 1) : celles du quadrant I sont coût-efficaces et favorables pour l'environnement (par exemple interventions à cobénéfices visant à améliorer les comportements de santé, voir le chapitre 31, ou même, plus directement, les mesures antipollution[20]). Les quadrants II et III rendent les arbitrages explicites entre efficience et impact environnemental ; la position relative des interventions dans ces quadrants est importante et un jugement normatif est nécessaire. Finalement, le quadrant IV identifie les interventions à écarter selon les deux critères.

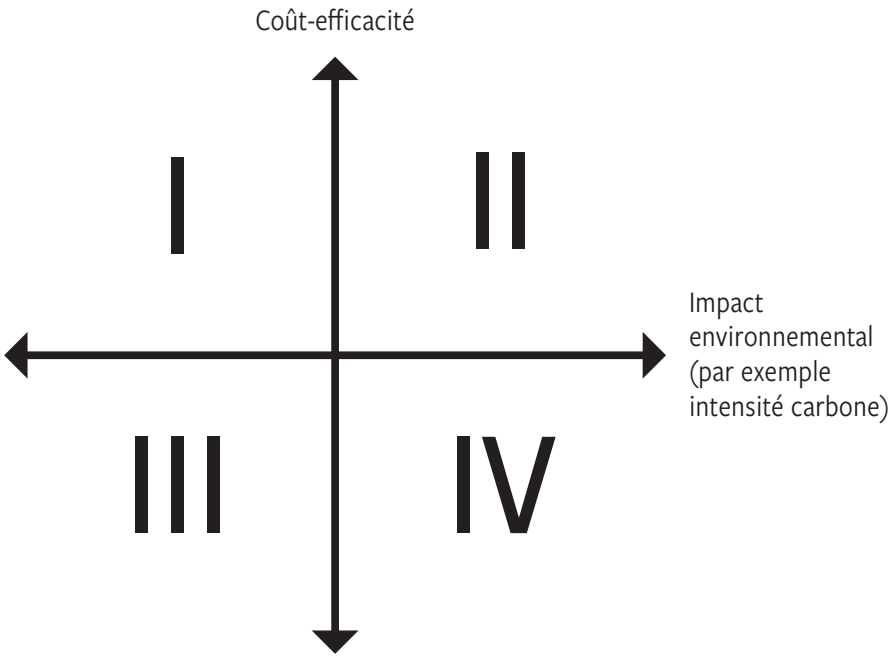


Figure 1. Plan d'impact sur la durabilité, inspiré de l'*equity impact plane*[19]

De la mesure au changement

Ce cadre n'est évidemment utile que si l'allocation des ressources et les décisions (par exemple de remboursement, fixation des prix) sont influencées par ces analyses. Il existe à ce jour peu d'exemples d'utilisation de telles approches ayant un impact direct sur les décisions. On peut toutefois mentionner le cas de la région de Stockholm qui, par un système de *Green Procurement* (processus d'achats verts) et d'éco-classification, utilise explicitement le critère d'impact environnemental pour l'achat de médicaments[21].

Une approche intermédiaire, plus macro, consisterait par exemple à lier le remboursement de certaines prestations ou l'allocation des ressources entre prestataires à des objectifs en termes d'impact environnemental. Un premier pas dans cette direction est le développement de mesures de suivi des impacts environnementaux, ou « indicateurs de durabilité[22] », tant pour les organisations de soins que pour les systèmes dans leur ensemble.

Toutefois, pour faire écho à un état des lieux récent dans la perspective du NHS anglais[7], bien que les opportunités pour améliorer la durabilité

des systèmes de santé existent à différents niveaux (fournisseur de prestations, choix des interventions, etc.), des objectifs plus ambitieux nécessitent des changements fondamentaux de l'organisation de nos services de santé, avec notamment un poids plus important accordé à la prévention, et une modification des incitatifs financiers.

Conclusion

Les outils théoriques et empiriques de l'économie de la santé pourraient servir à améliorer la durabilité des systèmes de santé tant sur le plan financier qu'environnemental. Ils peuvent contribuer à modifier les décisions et influencer la manière dont on soigne nos populations tant au niveau de l'endroit où les soins sont prodigués (hôpital *vs* domicile par exemple), de quels soins sont prodigués, et de la manière dont ils sont prodigués[23] (coordination, continuité, etc.). Il existe toutefois des défis méthodologiques importants pour rendre ces analyses robustes et les faire accepter par les décideurs. D'autres obstacles d'ordre économique existent à une réorientation plus durable du système de santé suisse, en particulier les incitatifs financiers générés par les modes de rémunération actuels ainsi que la vision de court terme inhérente à la manière dont sont financés les soins.

Références bibliographiques

1. Pimpin L, et al., « Estimating the Costs of Air Pollution to the National Health Service and Social Care: An Assessment and Forecast up to 2035 », PLOS Medicine, 2018 ; 15(7) : e1002602.
2. Schmeltz M-T, Petkova E-P, Gamble J-L, « Economic Burden of Hospitalizations for Heat-Related Illnesses in the United States, 2001-2010 », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2016 ; 13(9) : 894.
3. Schmitt L-H, Graham H-M, White P-C, « Economic Evaluations of the Health Impacts of Weather-Related Extreme Events: a Scoping Review », International Journal of Environmental Research and Public Health, 2016 ; 13(11) : 1105.
4. Eckelman M-J, Sherman J-D, « Estimated Global Disease Burden from US Health Care Sector Greenhouse Gas Emissions », American Journal of Public Health, 2018 ; 108(S2) : S120-S122.
5. Lenzen M, et al., « The Environmental Footprint of Health Care: a Global Assessment », Lancet Planetary Health, 2020 ; 4(7) : e271-e279.
6. Malik A, et al., « The Carbon Footprint of Australian Health Care », Lancet Planetary Health, 2018 ; 2(1) : e27-e35.

7. Naylor C, Appleby J, « Environmentally Sustainable Health and Social Care: Scoping Review and Implications for the English NHS », Journal of Health Services Research & Policy, 2013 ; 18(2) : 114-121.
8. Alshqaqeeq F, et al., « Quantifying Hospital Services by Carbon Footprint: a Systematic Literature Review of Patient Care Alternatives », Resources, Conservation and Recycling, 2020 ; 154 : 104560.
9. Jeswani H-K, Azapagic A, « Life Cycle Environmental Impacts of Inhalers », Journal of Cleaner Production, 2019 ; 237 : 117733.
10. Morris D, et al., « The Carbon Footprint of Cataract Surgery », Eye, 2013 ; 27(4) : 495-501.
11. Hensher M, Tisdell J, Zimitat C, « “Too Much Medicine”: Insights and Explanations from Economic Theory and Research », Social Science & Medicine, 2017 ; 176 : 77-84.
12. Kristensen F-B, et al., « The HTA Core Model®—10 Years of Developing an International Framework to Share Multidimensional Value Assessment », Value in Health, 2017 ; 20(2) : 244-250.
13. Sanders G-D, et al., « Recommendations for Conduct, Methodological Practices and Reporting of Cost-Effectiveness Analyses: Second Panel on Cost-Effectiveness in Health and Medicine », Journal of the American Medical Association, 2016 ; 316(10) : 1093-1103.
14. Polisena J, et al., « Environmental Impact Assessment of a Health Technology: a Scoping Review », International Journal of Technology Assessment in Health Care, 2018 ; 34(3) : 317-326.
15. Marsh K, et al., « Incorporating Environmental Outcomes into a Health Economic Model », International Journal of Technology Assessment in Health Care, 2016 ; 32(6) : 400-406.
16. De Preux L, Rizmie D, « Beyond Financial Efficiency to Support Environmental Sustainability in Economic Evaluations », Future Healthcare Journal, 2018 ; 5(2) : 103.
17. Marsh K, et al., « Expanding Health Technology Assessments to Include Effects on the Environment », Value in Health, 2016 ; 19(2) : 249-254.
18. Verguet S,Kim J-J, Jamison D-T, « Extended Cost-Effectiveness Analysis for Health Policy Assessment: a Tutorial », Pharmacoeconomics, 2016 ; 34(9) : 913-923.
19. Cookson R, et al., « Using Cost-Effectiveness Analysis to Address Health Equity Concerns », Value in Health, 2017 ; 20(2) : 206-212.
20. Markandya A, et al., « Health Co-Benefits From Air Pollution and Mitigation Costs of the Paris Agreement: a Modelling Study », The Lancet Planetary Health, 2018 ; 2(3) : e126-e133.
21. Eriksen J, et al., « High Adherence to the “Wise List” treatment Recommendations in Stockholm: a 15-Year Retrospective Review of a Multifaceted Approach Promoting Rational Use of Medicines », British Medical Journal Open, 2017 ; 7(4) : e014345.

22. Hensher M, McGain F, « Health Care Sustainability Metrics: Building a Safer, Low-Carbon Health System: Commentary Examines How to Build a Safer, Low-Carbon Health System », Health Affairs, 2020 ; 39(12) : 2080-2087.
23. Francis D, et al., « How Healthcare Can Help Heal Communities and the Planet », British Medical Journal Open, 2019 ; 365 : 12398.

42 – Promotion de la santé et durabilité : enjeux, liens et perspectives conjointes (pour le développement de politiques publiques)

Andrea Lutz, Julia Gonzalez Holguera, Karin Zürcher, Oriana Villa, Christine Mueller et Myriam Pasche

Introduction

La promotion de la santé et prévention (PSP) et la durabilité constituent deux champs des politiques publiques qui ont jusqu'à aujourd'hui évolué de manière relativement distincte, mais dont les enjeux sont reliés et les démarches similaires. Puisque les dégradations environnementales ont des répercussions majeures sur le plan de la santé et constituent des enjeux de santé publique à part entière[1], il est indispensable de mener une réflexion conjointe et d'opérer des synergies entre ces deux champs[2-4]. L'objectif de cet article est de discuter – sur un plan à la fois théorique et pratique – des liens qui peuvent être tissés entre PSP et durabilité pour le développement des politiques publiques. En plus de décrire les points de croisement déjà existants entre ces deux domaines, l'article vise à esquisser des pistes de développement pour des nouveaux champs d'action sans faire l'impasse sur les tensions possibles.

Quels liens entre durabilité et santé ?

Pourquoi est-il pertinent de parler de durabilité dans le domaine de la PSP ? Le terme « durabilité » désigne « un fonctionnement des sociétés humaines, en particulier dans leur relation à l'environnement naturel, qui assure leur stabilité à long terme et rend possible l'épanouissement humain au travers des générations. Cela implique de maintenir l'impact des activités humaines dans les limites écologiques de la planète, tout en assurant les besoins fondamentaux de toutes et tous et en favorisant l'équité dans toutes ses dimensions. L'étude de la durabilité s'intéresse donc à la mise en relation des savoirs environnementaux, sociaux et économiques qui permettent d'atteindre ce but[5] ». Appliquée au domaine de la santé, l'approche de durabilité amène à considérer les liens d'interdépendance entre santé humaine et fonctionnement du système Terre.

Au cours des dernières décennies, de nombreux auteurs ont pu documenter l'impact néfaste des changements environnementaux engendrés par l'être humain sur la santé[6]. Selon l'OMS[7], entre 2030 et 2050, le changement climatique causera 250 000 décès supplémentaires par année en raison de la malnutrition, de la malaria, de la diarrhée et du stress thermique. Au-delà du changement climatique, les perturbations des écosystèmes naturels induites par les activités humaines (déforestations, fragmentations d'habitats, changements d'usages des sols) ont aussi des répercussions sur le plan de la santé, notamment de par l'augmentation du risque d'émergence de maladies zoonotiques[8]. Les dégradations environnementales ont un impact non seulement sur la santé physique mais également sur la santé mentale[9]. Elles tendent également à creuser les inégalités de santé, puisque les pays à revenus faibles et intermédiaires sont davantage impactés par la crise environnementale, comme aussi les personnes les plus précaires dans chaque pays du monde[6].

Face aux menaces découlant du dérèglement du climat, les collectivités déploient des stratégies climatiques sur deux volets[10]. D'un côté, les politiques publiques visant la réduction des émissions de GES ont pour objectif de limiter l'ampleur du réchauffement. De l'autre, les mesures d'adaptation aux conséquences déjà inévitables du dérèglement du climat ont pour objectif de renforcer la résilience des sociétés. La PSP a un rôle clé à jouer dans ce cadre en agissant à la fois sur le plan des comportements individuels et sur celui des structures (cet aspect sera approfondi dans la suite de l'article).

Quels points de croisement conceptuels et méthodologiques entre PSP et durabilité ?

Sur un plan conceptuel et méthodologique, les approches de PSP et de durabilité se rejoignent sur plusieurs aspects, à savoir :

- Une *vision écologique* : la charte d'Ottawa[11], texte fondateur de la promotion de la santé, repose sur une vision écologique de la santé, qui doit être promue *via* le développement d'aptitudes individuelles, le renforcement de l'action communautaire, la création d'environnements de vie favorables à la santé, la réorientation des services de santé et l'élaboration de politiques pour la santé. Par définition, la durabilité adopte une perspective écologique du rapport entre l'être humain et l'environnement naturel, en prêtant une attention aux environnements socio-économiques, construits et culturels, afin de concilier les impératifs écologiques et sociaux.

- Une *démarche intersectorielle* : les deux approches visent à mobiliser des acteurs à travers de multiples secteurs des politiques publiques, changer le fonctionnement des institutions et modifier les cadres légaux. L'approche de la « santé dans toutes les politiques[12] » se fonde précisément sur une vision intersectorielle de la PSP. Elle préconise que des considérations liées à la santé soient intégrées dans le développement de chaque politique publique. De la même manière, les acteurs de la durabilité plaident en faveur d'une intégration des considérations environnementales dans toutes les politiques. Cette approche intersectorielle requiert de l'interdisciplinarité et de l'interprofessionnalité.
- Une *perspective globale* : les acteurs de la PSP reconnaissent depuis toujours la nécessité de penser les problèmes de santé dans leur dimension globale, en tenant compte de la circulation des individus et des maladies à l'échelle de la planète et en tenant compte des déterminants sociaux de santé. L'approche de la durabilité est aussi orientée vers des enjeux globaux qui touchent à la santé de la planète. Le besoin d'articuler les échelles globale et locale apparaît comme une exigence pour les deux approches.
- Des *démarches participatives* : l'implication des citoyens et des communautés locales constitue une stratégie essentielle, afin de pouvoir produire des changements dans les modes de vie et les pratiques sociales, aussi bien du point de vue de la santé que de la durabilité.
- La *promotion de l'équité et de la justice sociale* : la PSP poursuit l'objectif de la réduction des inégalités sociales et promeut l'équité sociale sur le plan de la santé. Le champ de la durabilité conçoit quant à lui un développement qui satisfait les besoins de l'ensemble de la population et notamment des plus démunis en promouvant la solidarité et la justice sociale.

Quelles synergies sur le plan des pratiques ?

Les points de croisement pratiques entre les démarches de PSP et de durabilité sont nombreux. La thématique des cobénéfices sanitaires des mesures de durabilité a fait l'objet d'intéressants développements ces dernières années. Ce terme est utilisé pour décrire des cobénéfices directs pour la santé humaine de mesures visant à réduire les dégradations environnementales, ou à l'inverse des cobénéfices en termes de préservation de l'environnement d'une mesure de promotion de la santé[4]. La mobilité active et l'alimentation durable et équilibrée sont des exemples souvent cités de pratiques qui présentent des bénéfices à la fois pour l'environnement et la

santé. D'autres types d'actions peuvent également contribuer à produire des cobénéfices. Citons par exemple la végétalisation des espaces urbains, une mesure de durabilité fréquemment mise en avant pour lutter contre la perte de la biodiversité et renforcer la résilience des territoires, notamment en favorisant la captation des eaux de pluie lors de précipitations extrêmes ou en diminuant les effets d'îlots de chaleur lors de canicules. Et cela alors que les effets bénéfiques pour la santé et le bien-être des populations d'espaces verts, en particulier ceux riches en biodiversité, sont mis en avant[13,14] (voir également le chapitre 34 : Cobénéfices pour la santé du contact avec la nature). La diminution des pollutions de l'air et de l'eau a aussi un impact important sur la santé humaine. Si l'impact de ces mesures sur l'environnement et la santé humaine a déjà été démontré, il reste nécessaire de développer des nouvelles études scientifiques pouvant consolider les données existantes. Il s'agit en outre de tenir compte des points de tension potentiels qui peuvent émerger dans la combinaison entre ces deux démarches. Par exemple, s'il est reconnu que les habitudes alimentaires devraient évoluer vers une réduction de la consommation de produits d'origine animale pour limiter les dégradations environnementales, il n'existe pas de consensus absolu dans le domaine de la santé sur les bénéfices et les risques sanitaires d'une alimentation qui exclurait tout produit d'origine animale[15,16].

Le développement de mesures alliant durabilité et santé nécessite d'être fait à tous les échelons des politiques publiques (international, national, régional et local). En PSP, l'échelon local est très porteur. Citons par exemple le label romand « Commune en santé » qui s'efforce de tisser des ponts entre la PSP et la durabilité. Ce label vise à soutenir et accompagner les communes dans la mise en place de mesures favorables à la santé, notamment en termes d'environnements et de cadres de vie. Parmi celles valorisées par le label figurent plusieurs mesures de durabilité représentant des axes centraux de politiques énergétiques et climatiques (par exemple Programme énergie et climat communal vaudois), telles que la sécurisation et amélioration des infrastructures pour les piéton·ne·s et les cyclistes ; la protection de la santé de la population des atteintes dues à la canicule ; le renforcement de la biodiversité pour s'adapter aux changements climatiques.

Le principal défi pour la PSP est de réussir à intégrer la durabilité dans les différents niveaux d'action qu'elle porte[a]. Le tableau 1 esquisse les potentiels de développement pour chaque niveau d'action.

a. Ces niveaux d'action sont définis par les organismes fédéraux de financement du domaine (Promotion santé Suisse et Fonds de prévention du tabagisme)[17,18].

Tableau 1. Potentiels de développement pour chaque niveau d'action

Niveaux d'action en PSP	Potentiel de développement conjoint entre PSP et durabilité
Information, sensibilisation, plaidoyer	• Produire un corpus de connaissances éprouvées sur les liens et les interactions entre environnement et santé humaine • Acquérir le lexique et les connaissances de base hors du champ sanitaire mais nécessaires à la collaboration entre acteurs de la PSP et acteurs de la durabilité • Diffuser les connaissances acquises à des fins de sensibilisation des professionnels de la PSP et des domaines connexes, de la population, des institutions publiques et des politiques
Interventions comportementales	• Concevoir, mettre en œuvre et évaluer des interventions visant le développement des compétences individuelles et l'adoption de comportements favorables à la fois pour la santé et pour l'environnement (exemple, alimentation durable et équilibrée, mobilité active, réduction de la pollution, préservation de la biodiversité) • Prioriser à moyen et long termes sur les mesures les plus efficientes
Interventions structurelles (*Policy*)	• Concevoir et diffuser des argumentaires favorisant une meilleure reconnaissance des retombées sanitaires des dégradations environnementales globales, afin d'encourager l'adoption de mesures structurelles auprès de décideurs politiques (exemple, engagements de décarbonation forts)
Mise en réseau d'acteurs	• Promouvoir le dialogue et le décloisonnement entre les scientifiques du domaine de la durabilité et ceux du domaine de la santé, les professionnels des deux domaines, les institutions publiques et la société civile • Développer un langage commun, reconnaître les compétences de chacun, échanger les savoirs et les pratiques • Développer des projets et interventions communes

Comme l'illustre ce tableau, l'intégration de la dimension de la durabilité dans les actions de PSP nécessite une mise en œuvre tant au niveau des savoirs que des pratiques, et tant au niveau individuel que des communautés. Il s'agit d'une ambition importante qui exige un positionnement nouveau des acteurs de la santé et la création de ponts interdisciplinaires et interprofessionnels avec les acteurs de la durabilité insuffisamment développés à ce jour.

Conclusion

Combiner santé et durabilité dans le développement des mesures de PSP implique de dépasser le périmètre strict du système de santé et d'agir également sur d'autres secteurs des politiques publiques (économie, formation, social, transports, énergie, environnement, aménagement du territoire, etc.). Ces développements nécessitent une gouvernance forte, cohérente, basée sur des données scientifiques solides. Cela doit se réaliser, en Suisse, sur le plan des communes, cantons, confédération, et bien sûr dans une cohérence supranationale. Une forte articulation entre la recherche et l'intervention est nécessaire, afin de garantir la production d'un savoir scientifique solide sur les liens santé-environnement et le développement de pratiques professionnelles fondées sur les preuves. Il s'agit également d'un garde-fou important pour éviter l'écueil d'une instrumentalisation du type *greenwashing* d'une « PSP dite durable ». La formation des professionnels de la santé et du social à la thématique de la durabilité se révèle également centrale, tout comme celle des acteurs de la durabilité aux enjeux de la santé individuelle et populationnelle. L'articulation entre PSP et durabilité peut se faire à partir de la mise en relation de pratiques déjà existantes, ou par de nouveaux développements. Pour ce faire, l'innovation pourrait être stimulée par les bailleurs de fonds *via* des appels à projets ou des programmes de financement spécifiques alliant santé et environnement. De telles perspectives sur le plan des politiques publiques peuvent potentiellement contribuer à des gains sanitaires (réduction de la morbidité et de la mortalité), économiques (réduction des coûts de la santé), sociaux (justice et cohésion sociale) et environnementaux (usage durable des ressources naturelles) considérables. Pour parvenir à l'élaboration de politiques publiques favorables tant à l'environnement qu'à la santé, les acteurs des deux domaines auraient tout intérêt à déployer des activités d'information, d'intervention et de plaidoyer conjointes.

Références bibliographiques

1. Romanello M, McGushin A, Di Napoli C, et al., « The 2021 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Code Red for a Healthy Future », The Lancet, 2021 ; 398(10311) : 1619-1662, DOI: 10.1016/S0140-6736(21)01787-6.
2. Patrick R, Capetola T, Townsend M, Nuttman S, « Health Promotion and Climate Change: Exploring the Core Competencies Required for Action », Health Promotion International, 2012 ; 27(4) :475-485, DOI: 10.1093/heapro/dar055.
3. Hussain S, Javadi D, Andrey J, Ghaffar A, Labonté R, « Health Intersectoralism in the Sustainable Development Goal Era: From Theory to Practice », Globalization and Health, 2020 ; 16(1) : 15, DOI: 10.1186/s12992-020-0543-1.
4. Gonzalez Holguera J, Niwa N, Senn N, « Cobénéfices santé-environnement », Revue médicale suisse, 2020 ; 16(714-1) : 5-36.
5. Centre de compétences en durabilité, Université de Lausanne, « Concepts », 2021, accessible sur : www.unil.ch/centre-durabilite/fr/home/menuinst/presentation/concepts.html (consulté le 21 juin 2021).
6. Watts N, Amann M, Arnell N, et al., « The 2020 Report of The Lancet Countdown on Health and Climate Change: Responding to Converging Crises », The Lancet, 2021 ; 397(10269) : 129-170, DOI: 10.1016/S0140-6736(20)32290-X.
7. World Health Organization, « Climate Change », accessible sur : www.who.int/health-topics/climate-change#tab=tab_1 (consulté le 21 juin 2021).
8. Daszak P, das Neves C, Amuasi J, et al., Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2020, accessible sur : https://ipbes.net/pandemics (consulté le 26 juillet 2021).
9. Berry HL, Bowen K, Kjellstrom T, « Climate Change and Mental Health: A Causal Pathways Framework », International Journal of Public Health, 2010 ; 55(2) : 123-132, DOI: 10.1007/s00038-009-0112-0.
10. United Nations, « United Nations Framework Convention on Climate Change », 1992, accessible sur : http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf
11. Organisation mondiale de la santé, « Charte d'Ottawa. Promotion de la santé », accessible sur : www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/129675/Ottawa_Charter_F.pdf
12. World Health Organization, « Health in All Policies: Helsinki Statement. Framework for Country Action », accessible sur : www.who.int/publications/i/item/9789241506908
13. Berardi U, Jandaghian Z, Graham J, « Effects of Greenery Enhancements for the Resilience to Heat Waves: A Comparison of Analysis Performed

through Mesoscale (WRF) and Microscale (Envi-met) Modeling », Science of the Total Environment, 2020 ; 747 : 141300, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141300.
14. Flies EJ, Skelly C, Negi SS, et al., « Biodiverse Green Spaces: A Prescription for Global Urban Health », Frontiers in Ecology and the Environment, 2017 ; 15(9) : 510-516, doi: 10.1002/fee.1630.
15. Société suisse de nutrition, « Assiette optimale », 2021, accessible sur : www.sge-ssn.ch/fr/toi-et-moi/boire-et-manger/equilibre-alimentaire/assiette-optimale/ (consulté le 28 juillet 2021).
16. Willett W, Rockström J, Loken B, et al., « Food in the Anthropocene: The EAT-Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems », The Lancet, 2019 ; 393(10170) : 447-492, DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4.
17. AckermannG, Amstad F, et al., « Liste d'orientation PAC 2019 », Berne et Lausanne, Promotion santé Suisse, 2019.
18. Fonds de prévention du tabagisme, « Stratégie Fonds de prévention du tabagisme 2020-2024 », Berne, Confédération suisse, 2020.

43 – Vers une resocialisation de la santé : repères historiques et perspectives pour un système de santé plus juste

Stéfanie Monod et Francesco Panese

Introduction

Les préoccupations de l'État pour la santé ont beaucoup évolué au fil du temps et elles sont le reflet des transformations du champ de la médecine et de la société. Aujourd'hui, face à des défis majeurs, tels que le vieillissement démographique, la croissance des inégalités sociales ou encore l'urgence climatique, les États doivent repenser en profondeur leurs missions de protection de la population et de garants d'un système de soins efficient et durable. En se basant sur des repères historiques, ce texte propose une analyse critique de l'évolution de nos systèmes de santé et défend l'urgence d'un débat autour des objectifs de politiques publiques.

La santé hors de la médecine

Lorsque l'on place la question de la santé dans une perspective anthropologique et historique, on relève qu'elle n'est pas limitée au contexte occidental, et plus important encore, que ce n'est pas la médecine que l'on retrouve à son origine[1]. Chaque société a ainsi développé des dispositifs plus ou moins complexes pour éviter la maladie, des rituels de préservation aux mesures les plus concrètes de gestion des malades, en passant bien sûr par les pratiques de soins. Et, dans la plupart des cas, ces dispositifs ont été développés avant même la maîtrise savante et médicale de l'étiologie des maladies.

La médecine y occupe initialement une place très marginale. Jusqu'à la fin du XIXe siècle au moins, voire jusqu'à l'apparition des antibiotiques au début du XXe, la médecine soigne un peu mais guérit rarement. Malgré les connaissances accumulées, elle sera longtemps essentiellement une « médecine expectante » qui espère que la nature agisse par elle-même et que les malades surmontent par eux-mêmes leur maladie, un peu assistés par la médecine.

La politisation de la santé, c'est-à-dire la conceptualisation de la préservation de la santé comme devoir d'État, apparaît elle aux prémices de

la modernité et c'est dans la naissante « arithmétique politique » – qui deviendra l'économie politique – qu'elle puise ses origines. Et c'est bien du fait même de ces limites de la médecine que se développeront une diversité d'interventions sur les milieux, les industries, les conditions et les modes de vie, l'habitat, etc., autant d'actions préventives et non directement médicales pour éviter au mieux la survenue de la maladie.

Tensions entre médecine moderne et « hygiène publique »

La posture de la « médecine scientifique » s'affirme dès le milieu du XIXe siècle, incarnée notamment par Claude Bernard qui reconnaît l'intérêt de « la statistique », le premier outil de la santé publique moderne naissante, mais qui selon lui « est incapable de donner des résultats scientifiques[2] ».

On assiste donc à une première tension entre la médecine expérimentale, développée autour de l'hôpital, et l'affirmation de l'hygiène publique, ancêtre de la santé publique d'aujourd'hui. La première s'occupe autant que faire se peut des maladies, la seconde aura pour ambition de maîtriser « l'influence des choses physique et morale sur l'homme, et des moyens de conserver la santé » pour reprendre le sous-titre du célèbre *Traité d'hygiène* de Tourtelle et Hallé. Et cette distinction va s'inscrire au cœur même de la définition de l'Homme. Si le corps malade à l'hôpital est essentiellement anatomopathologique, le corps humain devient pour l'hygiène le réceptacle des influences contextuelles positives ou négatives dont dépend sa santé[3].

Ce large spectre d'interventions possibles permet de comprendre le développement multidirectionnel de la préoccupation de l'État pour la santé. Ainsi que l'a montré Foucault, sa problématisation se traduira progressivement par « l'émergence, en des points multiples du corps social, de la santé et de la maladie comme problèmes qui demandent d'une manière ou d'une autre une prise en charge collective[4] ». Cette prise en charge sera moins verticale que distribuée à des niveaux et dans des registres très variés, de l'aménagement des territoires à la pédagogie visant l'intégration du « devoir de santé » pour le plus grand nombre possible, les mères et les enfants en tête.

Toutefois, l'histoire dense et riche de la santé comme devoir d'État va subir une inflexion liée à l'évolution même de la médecine.

Tensions entre socialisation et biomédicalisation de la santé

Dès les années 1930, et surtout après la Seconde Guerre mondiale, l'alliance de plus en plus étroite entre clinique et laboratoire déplacera le centre de gravité de la santé vers ce que l'on appellera bientôt « la biomédecine ». Se construit alors un savoir scientifique à partir des connaissances biologiques et physiologiques qui permettent de comprendre l'origine et la pathogenèse des maladies et ainsi développer des traitements. Alors qu'en 1694 le *Dictionnaire de l'Académie française* définissait la santé comme un « état de celui qui est sain, qui se porte bien », elle est transformée en 1935 en un « bon état de l'organisme ».

Les institutions politiques de santé investissent alors de plus en plus dans le domaine de la recherche médicale et les hôpitaux et écoles de médecine développent simultanément la pratique clinique et la recherche. La santé publique non biomédicale deviendra alors tendanciellement le parent pauvre des « politiques de santé » au profit de sa médicalisation croissante.

C'est dans les années 1970 et 1980 que l'on assistera à une amorce de revirement induit par la reconnaissance des limites de la biomédecine comme seule réponse aux besoins de santé. Sur le plan politico-sanitaire, c'est notamment le cas de la « Conférence internationale sur les soins de santé primaires » réunie à Alma-Ata qui déclare que « l'accession au niveau de santé le plus élevé possible est un objectif social extrêmement important qui intéresse le monde entier et suppose la participation de nombreux secteurs socio-économiques *autres que celui de la santé*[5] ». Sur le plan médical également apparaît le besoin d'une vision plus globale du patient et l'on notera l'essor du modèle bio-psycho-social défendu par George L. Engel qui plaide pour un constat qui fera date : « *Over the past 50 years medical education has grown increasingly proficient in conveying to physicians sophisticated scientific knowledge and technical skills about the body and its abberations. Yet at the same time it has failed to give corresponding attention to the scientific understanding of human behavior and the psychological and social aspects of illness and patient care*[6]. »

Des politiques publiques qui se cherchent

L'État et la santé publique sont ainsi depuis longtemps en tension entre deux versions contrastées et souvent opposées de la santé : sa médicalisation et sa socialisation.

Depuis l'apparition de la biomédecine, la version médicalisée reste dominante, en tout cas dans les pays riches où elle est très centrée sur les « systèmes de soins institutionnels » et bénéficie de ressources économiques, matérielles et politiques importantes. L'État a en effet progressivement épousé les principes de fonctionnement de la biomédecine organisée en système et suivi les évolutions médicales et technologiques. Face à cela, il oppose peu d'alternatives critiques, au risque de se voir nier les « bénéfices pour la santé » des nouvelles technologies ou thérapies, et de passer par là même pour opposé au « progrès ».

D'un autre côté, la version socialisée de la santé reste négligée par les gouvernements qui peinent à assumer la responsabilité politique et institutionnelle des déterminants contextuels de la santé et de leurs effets sur les inégalités, et ce notamment parce qu'elle souffre d'une moindre légitimité scientifique au prisme de la pensée biomédicale. Malgré les injonctions en faveur des politiques publiques transversales (*Health in All Policies*) que l'OMS appelle de ses vœux, leur implémentation reste largement lettre morte.

Un système de santé en miroir de ces tensions

Ces brefs repères historiques et l'exposé de ces tensions permettent finalement de comprendre l'organisation et le fonctionnement des systèmes de santé aujourd'hui, et pourquoi ils arrivent à leurs limites.

Force est de constater que la promotion de la santé et la prévention sont insuffisantes, et que les inégalités de santé vont croissant, alors même que la lecture biomédicale de la santé a exclu les dimensions plus globales de l'environnement et des contextes sociaux, et aussi marginalisé toute autre forme de médecine. Ainsi, dans les modèles encore dominants, la prévention se centre finalement souvent uniquement sur l'évitement de maladies selon une compréhension biologique de leur pathogenèse, et se limite trop fréquemment à la « prise en charge » au niveau individuel des facteurs de risque classiques de maladie, tels l'alcool, le tabac, la mauvaise alimentation ou encore la sédentarité. Si ce modèle de prévention a permis des avancées notables dans certains groupes de population, reste qu'il a essentiellement misé sur la responsabilité individuelle et sur la capacité des personnes à pouvoir changer leur comportement de santé. Il a ainsi de fait exclu les personnes ou les groupes plus vulnérables qui se sont retrouvés hors du champ d'intervention des politiques de prévention.

Le système de soins se complexifie sans cesse. Son organisation et la délivrance des prestations de soins, pensées à partir de l'hôpital, évoluent au fil des découvertes scientifiques et de l'apparition de nouveaux moyens d'investigation ou de traitement. Ainsi, chaque nouveau domaine d'expertise tend à générer ensuite sa propre organisation médicale et de soins. Ces modèles développés à partir des soins aigus sont alors souvent transférés aux soins chroniques sans adaptation au contexte communautaire, ni aux besoins plus globaux des patients. La prise en charge des malades chroniques s'est donc largement complexifiée et segmentée au cours des cinquante dernières années, rendant les trajectoires et les expériences de soins de plus en plus chaotiques. Dans ce rapport de force déséquilibré avec la biomédecine hospitalière, les soins primaires[a,7] dans la communauté peinent à exister malgré l'évidence de leur nécessité.

Corollaires encore des difficultés précédentes, les coûts de la santé ne sont plus maîtrisables et les inégalités de santé et d'accès aux soins croissent. Selon un rapport de l'OCDE, les systèmes de santé coûtent en effet de plus en plus cher, sans que des effets soient encore observables sur l'espérance de vie en santé, et selon le même rapport, les dépenses de santé devraient dépasser la croissance du PIB à l'horizon 2030[8].

Dans un tel contexte, l'organisation propre de notre système, déjà proche de ses limites, n'est donc pas apte à faire face aux défis futurs proches, et pas suffisamment flexible pour répondre aux attentes de la population. Le vieillissement démographique et l'augmentation des maladies chroniques vont engendrer une croissance massive des besoins de soins. Dans le cas de la Suisse par exemple, il faudrait, pour prendre en charge la population des seniors à l'horizon 2040, environ doubler les infrastructures hospitalières, d'hébergement ou de soins à domicile[9]. Une telle croissance en termes d'investissements financiers, de structures ou de provision de professionnels de la santé et du social est hors de portée. Il en résultera vraisemblablement une forme de pénurie de soins et une baisse rapide de qualité. Enfin, on peut se poser également la question de savoir si le système de santé sera en mesure de répondre aux attentes des citoyen·ne·s. S'il continue à résister à l'intégration de formes « alternatives » de soins,

a. « Les soins de santé primaires constituent une approche de la santé tenant compte de la société dans son ensemble qui vise à garantir le niveau de santé et de bien-être le plus élevé possible et sa répartition équitable en accordant la priorité aux besoins des populations le plus tôt possible tout au long de la chaîne de soins allant de la promotion de la santé et de la prévention des maladies au traitement, à la réadaptation et aux soins palliatifs, et en restant le plus proche possible de l'environnement quotidien des populations. »[7]

de thérapies et de promotion de santé dont la gouvernance et les critères d'efficience échappent au paradigme strictement biomédical, le risque est grand d'une scission entre un système « officiel » biomédical, reconnu par l'État, et un système parallèle peut-être mieux adapté aux besoins, mais à charge des personnes[10], détériorant ainsi une fois de plus le principe de l'équité d'accès aux soins.

Ouverture

Tout système de « santé » étant inséparable de la définition que l'on en donne et que l'on met en œuvre dans des actions, il semble, au terme de cette analyse critique, que l'on ne peut que souhaiter l'émergence d'une nouvelle conception de la santé façonnée par les valeurs et idéaux qui lui sont attachés. Il semble aussi que pour avoir lieu, cette réflexion devra sortir du champ propre et trop délimité de la santé et des champs de tensions connus depuis des décennies entre experts. Puisqu'il partage bon nombre d'enjeux et une même finalité de préservation de l'humanité, ce débat pourrait s'inscrire plus globalement dans le grand débat de société autour de l'urgence climatique. Comme face à celle-ci, il y a urgence à refonder la santé comme bien commun.

Références bibliographiques

1. Fassin D, Dozon JP, « Introduction : l'universalisme bien tempéré de la santé publique », in Fassin D, Dozon JP, Critique de la santé publique, Paris, Balland, 2001, p. 11, 7-19.
2. Bernard C, Principes de médecine expérimentale ou de d'expérimentation appliquée à la physiologie, à la pathologie et à la thérapeutique (fragments rédigés entre 1858 et 1877), Paris, Les Presses universitaires de France, 1947, chap. 7, « La statistique en médecine ».
3. Tourtelle E, Hallé JN, Traité d'hygiène, Paris, Gautret, 1838, p. 137. Il s'agit en fait de la réunion en un ouvrage des traités des deux auteurs.
4. Foucault M, « La politique de la santé au XVIIIe siècle », in Defert D, Ewald F (éd.), Dits et écrits : 1954-1988, vol. 3, Paris, Gallimard, 1994, p. 14, 13-27.
5. Déclaration d'Alma-Ata, 1978. Nous soulignons.
6. Engel GL, « The Biopsychosocial Model and the Education of Health Professionals », Annals of the New York Academy of Sciences, 1978 ; 310 : 169-181.
7. A Vision for Primary Health Care in the 21st Century: Towards Universal Health Coverage and the Sustainable Development Goals, Genève, Organisation mondiale de la santé et Fonds des Nations unies pour l'enfance (UNICEF), 2018, p. 2.

8. OCDE, « Panorama de la santé 2019 », in Les Indicateurs de l'OCDE, Paris, Éditions OCDE, 2019, https://doi.org/10.1787/5f5b6833-fr.
9. Prospective Statistique Vaud, Prise en charge médico-sociale et sanitaire des seniors à l'horizon 2040, Lausanne, Statistique Vaud, septembre 2017.
10. Pour un exemple en oncologie, voir : Fojo T, Mailankody S, Lo A, « Unintended Consequences of Expensive Cancer Therapeutics—The Pursuit of Marginal Indications and a Me-Too Mentality that Stifles Innovation and Creativity » [The John Conley Lecture], JAMA Otolaryngol Head Neck Surg., 2014 ; 140(12) : 1225-1236.

Postface

Claudel Pétrin-Desrosiers

Médecin de famille au GMF-U du CLSC Hochelaga Maisonneuve
(Montréal, Québec)
Responsable de santé planétaire, Département de médecine familiale
et de médecine d'urgence de la Faculté de médecine
de l'Université de Montréal
Présidente, Association québécoise des médecins pour l'environnement

Sir Michael Marmot, chercheur en épidémiologie et santé publique, devenu célèbre en 2009 après avoir signé le rapport de la commission de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) sur les déterminants sociaux de la santé, écrivait que « les disparités dans la santé à travers le monde sont le résultat d'une combinaison toxique de programmes sociaux de pauvre qualité, d'accords économiques injustes et de mauvaises politiques ».

Plus d'une décennie plus tard, ces mots continuent de résonner dans ma mémoire. Je les trouve particulièrement vifs dans le contexte de la crise climatique, défi auquel nous peinons à offrir une réponse digne de ce nom. Pourtant, il est illusoire de penser que nous pourrons y faire face adéquatement sans nous attaquer de front aux inégalités sanitaires, qui sont en grande majorité le résultat d'un jeu de pouvoir et d'un construit social, économique, historique et politique, comme le démontrent certaines sections de cet ouvrage.

Le système capitaliste, qui est ancré dans l'idée invraisemblable qu'il sera infiniment possible d'extraire, de transformer et de produire toujours plus, en tirant une marge de profits toujours croissante, n'est pas compatible avec les limites planétaires. Nous sommes en train d'étouffer les écosystèmes qui assurent notre existence. Encore plus étrangement, nous avons même trouvé une façon de remercier les plus grands coupables à coups de subventions publiques excessivement généreuses ou d'une visibilité publique complaisante. Nous avons arrêté de nous indigner devant les injustices sociales et de santé, trop nombreuses, peut-être parce que nous avons fini par accepter qu'elles étaient inhérentes au système économique dominant. Le statu quo nous permet ainsi de continuer de vivre sans trop

déranger – mais son grave défaut est qu'il ne peut réussir à nous transporter dans un futur où tous et toutes pourront rêver équitablement.

Comme soignants, nos responsabilités sont généralement assez bien définies, surtout dans un cadre hospitalier. Face à la maladie, nous adoptons une approche thérapeutique organisée, parfois même protocolaire : questionnaires, interventions chirurgicales, prescriptions de médicaments, suivis de laboratoires. Les lignes directrices des sociétés médicales nous suivent très étroitement.

Mon expérience comme médecin de famille en communauté m'apprend toutefois que la maladie, mais surtout la santé, se manifestent le plus souvent à l'extérieur de ces cadres que la science biomédicale tente de nous offrir. Beaucoup trop de problèmes de santé courants que l'on me demande de soigner, de traiter, d'investiguer plongent leurs racines dans l'organisation même de nos milieux de vie, de leur conception à petite et à grande échelle.

Dans le contexte de la crise climatique, que l'OMS reconnaît comme la plus grande menace contre la santé au xxie siècle à l'échelle mondiale, je ne peux m'empêcher de réaliser que les plus grandes révolutions qu'il reste à faire en santé sont inséparables de l'environnement, et des relations que nous choisissons d'entretenir avec le monde naturel qui nous entoure et qui forme la base de ce que nous sommes.

Cela me transporte en décembre 2014, moment déterminant dans mon parcours. J'avais hérité d'un mandat important : porter la voix d'un million d'étudiants en médecine lors de négociations climatiques internationales, qui se déroulaient alors à Lima, au Pérou. Étudiante en médecine de troisième année, j'avais déjà bien du mal à envisager la forme que pendrait ma pratique médicale dans un siècle bouleversé par la crise climatique. Je me rappelle très bien avoir expliqué aux 10 000 représentants gouvernementaux réunis cette journée-là que leur incapacité à adopter un accord climatique suffisamment ambitieux rendrait mon travail comme médecin très difficile. Absent jusque-là, le concept même de santé s'est par la suite taillé une place dans ce qui est devenu l'Accord de Paris.

Près d'une décennie plus tard, je ne peux toutefois m'empêcher de constater tout ce qu'il reste à accomplir. Je suis portée par les idées de la santé planétaire, telles que défendues dans cet ouvrage. J'en fais une priorité en clinique, reconnaissant que mes responsabilités comme médecin s'étendent à l'extérieur des murs de mon établissement de travail. Je suis habitée par l'idée que la meilleure médecine que je pourrais offrir à mes

patients est celle d'une médecine en harmonie avec les échos de l'environnement. Je trouve là un sens profond, intime, à ma pratique comme soignante.

Le trio des crises de la pollution à outrance, du déclin accéléré de la biodiversité et des changements climatiques – la recette parfaite pour une fabrique de pandémies – rendra la tâche très complexe pour les soignants, qui doivent continuer à offrir et maintenir une qualité uniforme de soins. Cela nous invite à revoir le paradigme de soins.

Les événements climatiques extrêmes, comme les vagues de chaleur, vont continuer d'engendrer une pression croissante sur les services d'urgence. La destruction de milieux naturels, aux dépens d'un étalement urbain industriel ou résidentiel, rapproche dramatiquement l'humain de pathogènes dangereux, un bon nombre desquels sont encore inconnus. La pollution, responsable d'un décès prématuré sur cinq dans le monde, a déjà ravi le titre peu glorieux de la plus grande tueuse silencieuse. Je reste convaincue que l'accélération des perturbations environnementales va transformer notre monde et nos systèmes de santé dans le même élan à un point qu'il est aujourd'hui très difficile de concevoir.

Nous pourrions avoir l'impression de nous retrouver dans une impasse. J'ai envie de dire : bien au contraire ! Car nous disposons d'une immense opportunité : celle de sortir des sentiers battus, de nourrir notre imaginaire collectif, et de recréer un monde, des sociétés et des communautés respectueuses à la fois de l'environnement et de la santé des êtres vivants. J'y vois un projet ambitieux, mais surtout rassembleur et positif. La chance de construire des systèmes radicalement différents qui permettraient une véritable justice environnementale et sociale, et assureraient le plus grand respect pour la santé planétaire. C'est là que réside l'espoir d'un avenir plus équilibré.

Cet ouvrage, riche d'un regard pluridisciplinaire, offre plusieurs pistes d'action et de réflexion. Il est rare de voir s'entrecroiser les propos de philosophes, d'écologistes, de médecins. C'est ainsi un guide précieux pour tout soignant ou professionnel œuvrant dans le domaine de la santé, et qui souhaite donner un sens nouveau à son travail. À travers ces pages se dévoilent les grandes lignes d'une nouvelle éthique du « care », qui pourrait se développer à l'extérieur des structures traditionnelles des soins de santé. Cette nouvelle conception de la santé répond aux défis communs auxquels sont confrontés les systèmes de soins un peu partout dans le monde, défis aggravés par la pandémie de Covid-19, l'accroissement des demandes en santé, et l'épuisement de ceux et celles qui s'y dédient.

Résister au déclin environnemental sera déterminant pour la santé de millions d'êtres vivants. Il faut mettre fin à la complaisance politique et dessiner de nouvelles trajectoires portées par des engagements collectifs. Il est essentiel que nous joignions notre voix, nos expériences et notre expertise à celles de milliers d'autres scientifiques. Nous devrions nous-mêmes faire le pari de la cohérence, par des éco-gestes à notre portée mais également au sein de nos professions respectives et des systèmes qui les sous-tendent.

Il est impératif que nous prenions le temps, ensemble, dans nos communautés, dans nos systèmes de gouvernance, de redéfinir cette relation complexe qui nous lie à l'environnement. Il peut suffire, pour commencer, d'offrir une place grandissante à la nature dans nos milieux de vie, dans nos milieux de soins et dans notre quotidien.

La nature nous invite à ralentir, à profiter de l'instant présent, à arrêter la roue qui tourne sans cesse. Elle peut atténuer les émotions négatives, et faire une place au repos, à la connexion sociale, à l'espoir. Elle nous permet de prendre conscience de l'extraordinaire beauté du monde qui nous entoure. De nous reconnecter à notre chez-soi. D'y redévelopper un profond sentiment d'appartenance.

Le risque principal ? Être pris d'une envie encore plus grande d'en prendre soin. Il s'agit, à mes yeux, d'un risque magnifique.

Achevé d’imprimer : novembre 2022

Dans un contexte d'accroissement de la vulnérabilité des êtres humains et des sociétés humaines face au dérèglement climatique et à l'effondrement de la biodiversité, il devient indispensable de mener une réflexion approfondie sur les liens complexes qu'entretiennent l'environnement et notre santé.

Appréhender un sujet aussi multidimensionnel nécessite de s'ouvrir à différentes perspectives. En effet, si nous voulons apprendre à prendre soin et à soigner autrement, en tenant compte de ce que l'on nomme « l'interdépendance du vivant », nous devons prêter attention aux connaissances apportées par les sciences humaines et sociales, les sciences de l'environnement, les sciences de l'ingénierie ou encore les sciences de la santé.

Ce livre écrit par quelque 70 autrices et auteurs d'horizons disciplinaires différents et revu indépendamment par plus de 30 expertes et experts est une invitation à aller voir au-delà de son propre champ professionnel. Il s'adresse à toutes les personnes soucieuses de trouver quelques clés de compréhension pour penser la santé dans l'environnement et entamer une nécessaire transformation socioécologique des services de santé.

Nicolas Senn est professeur de médecine de famille à la Faculté de biologie et de médecine de l'Université de Lausanne – Médecin chef du Département de médecine de famille à Unisanté, Lausanne, Suisse

Marie Gaille est directrice de recherche en philosophie au CNRS et actuellement directrice de l'Institut des sciences humaines et sociales du CNRS, Paris, France

María del Río Carral est professeure de psychologie de la santé, approches qualitatives, à la Faculté des sciences sociales et politiques de l'Université de Lausanne – Institut de psychologie, Lausanne, Suisse

Julia Gonzalez Holguera est docteure en sciences de l'environnement – Chargée de projet à la Faculté de biologie et de médecine ainsi qu'au Centre de compétences en durabilité de l'Université de Lausanne, Lausanne, Suisse

La version en libre accès de cette publication a bénéficié du soutien du Fonds national suisse de la recherche scientifique.

Fonds national suisse

9 782880 495008