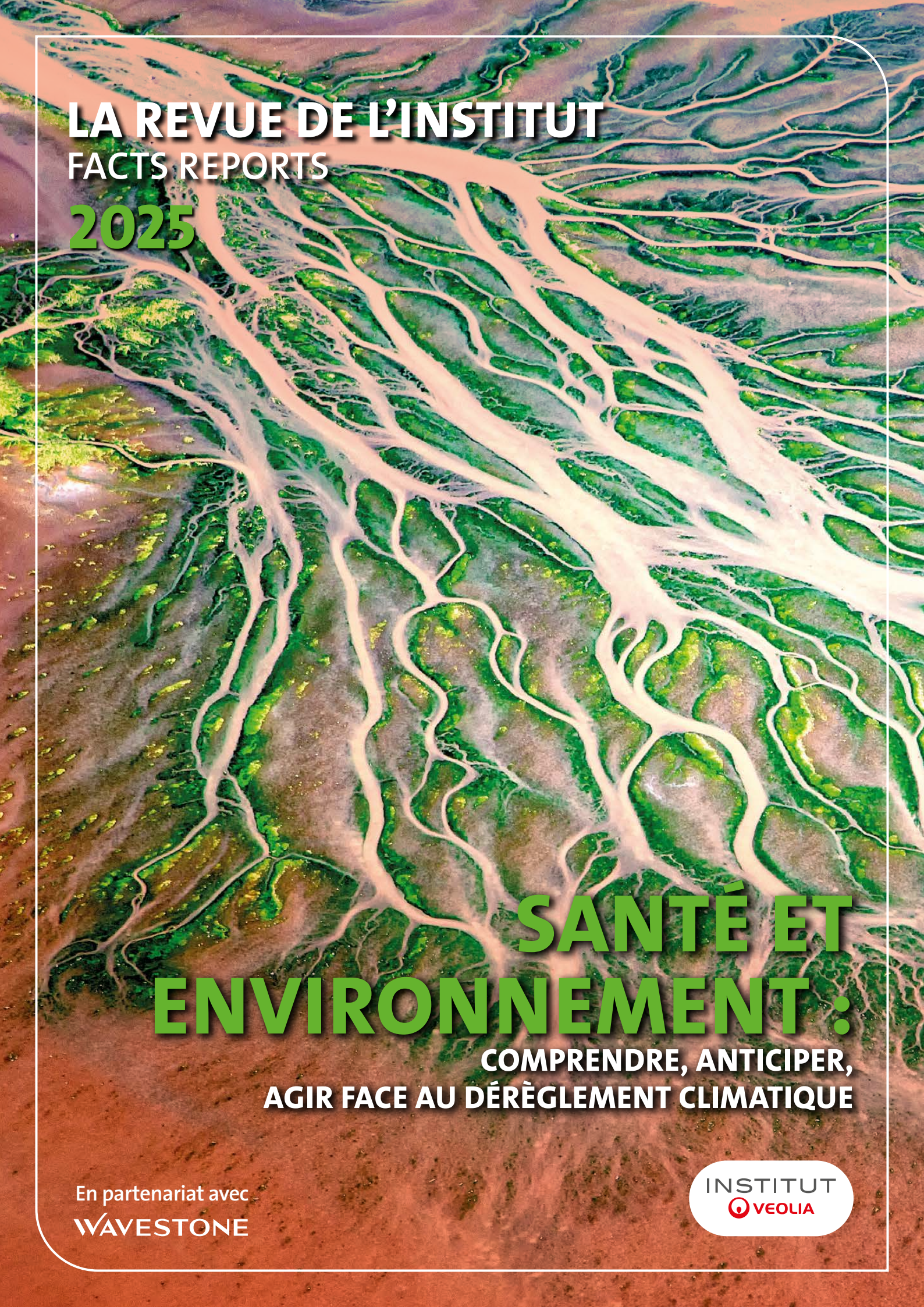


LA REVUE DE L'INSTITUT
FACTS REPORTS
2025

SANTÉ ET ENVIRONNEMENT :
COMPRENDRE, ANTICIPER, AGIR FACE AU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE

En partenariat avec
WAVESTONE

INSTITUT VEOLIA

REGARDS CROISÉS POUR ÉCLAIRER LE FUTUR

L'INSTITUT VEOLIA

Plateforme d'échanges et de débats, l'Institut Veolia mène un travail prospectif sur les enjeux au carrefour de l'environnement et de la société, depuis sa création en 2001. Sa mission est de proposer des regards croisés pour éclairer le futur.

En lien avec la communauté académique internationale, l'Institut Veolia apporte des éclairages multidisciplinaires sur le monde en mutation. Il analyse les enjeux environnementaux et sociétaux des prochaines décennies, notamment ceux liés à l'évolution des modes de vie urbains et aux modes de production et consommation durables (villes, services urbains, environnement, énergie, santé, agriculture, etc.).

Au fil des ans, l'Institut Veolia a tissé un réseau international de haut niveau, formé d'experts, intellectuels et scientifiques, d'universités et d'organismes de recherche, d'autorités publiques, d'ONG, d'organisations internationales, etc. L'Institut intervient via ses publications et ses conférences ainsi que ses groupes de réflexion prospectifs.

Reconnu comme une plateforme légitime sur les enjeux globaux, l'Institut Veolia a été admis comme « Observateur ONG » par la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

LE COMITÉ DE PROSPECTIVE

Grâce à la réputation internationale de ses membres et à leur expertise, le Comité de prospective guide les travaux et le développement de l'Institut.

Le Comité de prospective est composé d'Harvey Fineberg, Président de la Gordon and Betty Moore Foundation et ancien Président de l'Académie nationale de médecine des États-Unis ; Pierre-Marc Johnson, Avocat international et ancien Premier Ministre du Québec ; Philippe Kourilsky, Directeur général honoraire de l'Institut Pasteur ; Amy Luers, Directrice des sciences du développement durable de Microsoft ; Mamphela Ramphele, ancienne Directrice générale de la Banque Mondiale ; Philippe Aghion, Économiste professeur au Collège de France et à la London School of Economics et Marie-Laure Salles-Djelic, Directrice de l'Institut de hautes études internationales et du développement et Présidente du Conseil scientifique de l'Iddri.

Nous exprimons notre profonde gratitude envers Amartya Sen, Économiste, Prix Nobel 1998, Professeur à Harvard, pour ses précieuses contributions et son engagement dans les travaux de l'Institut Veolia depuis sa création en 2001 et jusqu'en 2023.

LA REVUE

La revue de l'Institut Veolia - FACTS Reports est une publication internationale facilitant les regards croisés sur des sujets au carrefour de la société et de l'environnement.

Cette revue, créée en 2007, a été lancée pour promouvoir la diffusion de bonnes pratiques mises en œuvre sur le terrain, afin de contribuer à résoudre des problèmes liés au développement, à l'économie, la santé, l'environnement, l'agriculture et l'éducation, dans les pays développés et en développement.

La revue interdisciplinaire réunit les expériences et expertises de différents acteurs (chercheurs, experts académiques, pouvoirs publics, entreprises, ONG, organisations internationales, etc.) afin de profiter d'une pluralité de regards sur un sujet donné, en combinant les retours d'expérience de bonnes pratiques issues d'acteurs de terrain et des analyses d'experts.

www.institut.veolia.org

Wavestone est un cabinet de conseil dont la mission est d'accompagner les organisations dans leurs transformations stratégiques dans un monde en constante évolution, avec l'ambition de générer des impacts positifs et durables pour toutes les parties prenantes.
En s'appuyant sur plus de 5 500 collaborateurs présents dans 17 pays à travers l'Europe, l'Amérique du Nord et l'Asie, le cabinet dispose d'un portefeuille de services de conseil à 360° combinant sans couture des expertises sectorielles de premier plan avec un large éventail de savoir-faire cross-sectoriels.
Wavestone est coté sur Euronext à Paris, et labellisé Great Place to Work®.

Numéro coordonné par
Cédric Baecher, Partner Wavestone - Bérénice Bourgeois, Consultante senior Wavestone - Nastassia Lagaude, Consultante Wavestone - Laurie Arnolin, Analyste Wavestone - Aliénor Huygues Despointes, Analyste Wavestone

SOMMAIRE

03
INTRODUCTION
Nicolas Renard
Directeur Exécutif de l'Institut Veolia

04
AVANT-PROPOS
Philippe Kourilsky
Professeur émérite au Collège de France, Directeur Général Honoraire de l'Institut Pasteur et Membre du Comité de Prospective de l'Institut Veolia

06
DÉCRYPTAGE
Harvey V. Fineberg
Président de la Fondation Gordon et Betty Moore et membre du Comité de Prospective de l'Institut Veolia

144
CONCLUSION
Cédric Baecher
Partner chez Wavestone

CHAPITRE 1
Une santé humaine directement mise en péril par les conséquences du dérèglement climatique

14
Santé environnementale, changement climatique et équité : Comprendre les vulnérabilités géographiques
Gina Solomon, *Responsable de la division Médecine du travail, environnement et climat (OECM) à l'Université de Californie à San Francisco (UCSF)*
Matthew Gribble, *Responsable adjoint de la recherche en Médecine du travail, environnement et climat (OECM) à l'UCSF*
Sheri Weiser, *Professeure de médecine à l'UCSF et Directrice cofondatrice du California Center for Climate, Health and Equity de l'Université de Californie*

20
Le corps humain peut-il supporter la chaleur extrême dans un climat en pleine évolution ?
Pieter Vancamp, *Neurobiologiste et spécialiste de la physiologie humaine, affilié à l'Institut national français de la recherche agronomique (INRAE)*

26
Comprendre, anticiper et gérer les risques sanitaires associés aux migrations climatiques
François Gemenne, *Politologue et chercheur, spécialiste des politiques du climat et des migrations internationales, auteur principal du 6e rapport du GIEC*

30
Intégrer la dimension de genre à la gestion des risques relatifs aux catastrophes climatiques : Des lacunes à combler
Virginia Murray, *Head of Global Disaster Risk Reduction (Responsable de la Gestion des risques de catastrophe) à l'Agence britannique de sécurité sanitaire (UKHSA)*

36
Dérèglement climatique et santé au travail: Intensification des risques et stratégies de prévention
Cyril Cosme, *Directeur du Bureau de l'Organisation Internationale du Travail (OIT) pour la France*

42
Crises environnementales, changement climatique : L'éco-anxiété des jeunes et l'urgence d'une réponse transformative
Annamaria Lammel, *Professeure émérite à l'Université Paris 8, affiliée au Laboratoire Paragraphe*

48
L'écothérapie pour retrouver le contact avec le vivant
Bruno Rousseau, *Gestalt-thérapeute, coach et superviseur*

CHAPITRE 2
Des écosystèmes naturels altérés par le changement climatique, dont la dégradation menace la santé humaine

52
Changement climatique et systèmes alimentaires : Vers des régimes sains et résilients
Jessica Fanzo, *Professeure spécialisée dans le climat et Directrice du programme "Food for Humanity Initiative" à la Columbia Climate School de l'Université Columbia (New York)*
Alison Rose, *Responsable Senior de Programme pour la "Food for Humanity Initiative" à la Columbia Climate School de l'Université Columbia (New York)*

58
L'effet du changement climatique sur la transmission inter-espèces et les pandémies
Mary E. Wilson, *Professeure d'épidémiologie clinique et de biostatistique à la faculté de médecine de l'Université de Californie, à San Francisco, et professeure adjointe en santé mondiale et population à la Harvard T.H. Chan School of Public Health à Boston*

66
Changement climatique et résurgence des maladies d'origine hydrique : Focus sur l'Afrique subsaharienne
Sandy Moore, *Consultante et docteur en épidémiologie des maladies infectieuses et phylogénie*
Rita Colwell, *Spécialiste de la microbiologie, Professeure distinguée à l'Université du Maryland, College Park, Etats-Unis*

72
Un océan en danger : Enjeux climatiques et solutions durables
Françoise Gaill, *Biologiste, océanographe, Vice-présidente de la Plateforme Océan et Climat Présidente de la Fondation Ocean Sustainability*

76
Le risque des poussières atmosphériques pour la santé humaine
Emmanouil Proestakis, *Chercheur postdoctorant à l'unité de recherche Remote sensing of Aerosols, Clouds and Trace gases (ReACT) de l'Observatoire national d'Athènes (NOA) et chercheur postdoctorant du Fonds AXA pour la Recherche*

80
Dérèglement climatique et ressources en eau : Excès, manques et pollutions
Franck Galland, *Directeur général d'Environmental Emergency & Security Services*

CHAPITRE 3
Les impacts du dérèglement climatique sur les sociétés et organisations : penser l'adaptation pour préserver la santé

88
La santé, nouvel horizon d'un futur désirable
Laurence Bedeau, *Associée au sein du cabinet d'études et de conseil en stratégie de communication ELABE*

94
Assurer la résilience des systèmes de santé face aux effets du changement climatique
Sandrine Bouttier-Stref, *Directrice de la Responsabilité Sociale d'Entreprise (RSE) du Groupe Sanofi*

100
Chaleur intérieure et populations vulnérables : Vers des systèmes d'alerte spécifiques
Choo-Yoon Yi, *Chercheur en physique du bâtiment et en habitabilité, chercheur postdoctorant du Fonds AXA pour la Recherche*
Chengzhi Peng, *Maître de conférences et directeur de recherche à l'école d'architecture de Sheffield, Royaume-Uni*

106
Des environnements urbains sains et résilients face au climat : Des constats à l'action
Melanie Lowe, *Chercheuse senior au Vice-Chancellor's Research Fellowships du Centre de recherche urbaine de la RMIT University, en Australie, et chercheuse postdoctorante du Fonds AXA pour la Recherche*

112
Peindre les toitures en blanc pour construire la résilience climatique en Indonésie
Beta Paramita, *Professeure associée au département d'architecture de l'Universitas Pendidikan Indonesia (UPI)*

118
Assurer les nouveaux risques climatiques pesant sur la santé
Françoise Gilles, *Directrice des Risques du groupe AXA*
Julia d'Astorg, *Directrice du Fonds AXA pour la Recherche*

124
Penser l'avenir de l'administration pénitentiaire face à l'urgence climatique
Julien Sipra, *Chef de la section transformation écologique du Laboratoire du développement durable, de l'innovation et des bonnes pratiques de la direction de l'administration pénitentiaire*
Anouk Mousset, *Cheffe de projet prospective et transformation écologique au Laboratoire du developpement durable, de l'innovation et des bonnes pratiques de la direction de l'administration penitentiaire*

130
Services d'eau et changement climatique : Les innovations gagnantes pour une gestion plus résiliente
Geneviève Leboucher, *Senior Vice President - Municipal Water chez Veolia*
Sandrine Oberti, *Directrice de la Valorisation Scientifique – DEST (Veolia Recherche & Innovation)*

136
LEKO : Une solution de surveillance acoustique pour évaluer et suivre la santé des écosystèmes
Contact : Marie Maurel, *Responsable activités Ressources en eau et Biodiversité - BIRDZ*
Auteur : Sandrine Oberti, *Directrice de la Valorisation Scientifique – DEST (Veolia Recherche & Innovation)*

138
L'IA, une alliée pour l'agriculture face au changement climatique
Lalit Gautam, *PDG et fondateur de SenseGrass*

INTRODUCTION

Nicolas Renard - Directeur Exécutif de l'Institut Veolia

Environnement et santé, santé et environnement. Ces deux termes sont liés, chacun dépend de l'autre : la dégradation de l'environnement nuit à la santé humaine et inversement, quand on protège l'environnement, celui-ci protège la santé humaine. Leurs relations sont connues de longue date. Hippocrate recommandait déjà de ne pas bâtir une ville dans un endroit qui n'est pas sain. Le terme de malaria – *« mauvais air »* en italien – exprime cette causalité entre l'état de l'environnement et la maladie ; toutefois, il induit en erreur, puisque cette pathologie – le paludisme - n'est pas dû au mauvais air, mais au *plasmodium falciparum* véhiculé par les anophèles.

L'air, l'eau, les sols, le climat affectent notre organisme et notre vie, du début à sa fin. A travers l'environnement naturel, urbain ou domestique, l'homme est en contact avec de nombreux agents biologiques, chimiques ou physiques, susceptibles de retentir sur sa santé. Aussi l'actuelle crise sanitaire peut-elle être interprétée comme une des grandes crises écologiques qui frappent l'humanité, au même titre que la pollution, les changements climatiques, l'épuisement des ressources naturelles ou l'érosion de la biodiversité. Toutes résultent de l'activité humaine et toutes rendent plus fragile l'environnement ou la santé humaine.

Surmortalité due aux canicules, épidémies plus fréquentes, dégradation de la santé mentale, moindre qualité de l'air, accès à l'eau compromis, insécurité alimentaire... D'une manière ou d'une autre, aucun pays n'échappe à l'impact sanitaire de la crise du climat. Au point que certains ont pu dire qu'elle est *« la plus grande crise de santé publique »*[1].

La chaleur tue chaque année un demi-million de personnes. Or les vagues de chaleur, ces tueuses silencieuses, deviennent plus nombreuses et plus intenses. L'Europe est le continent qui se réchauffe le plus vite. 2 degrés en plus à l'échelle mondiale s'y traduira par des températures urbaines atteignant 50 degrés. Et qui d'entre nous sait ce qu'est la vie par 50 degrés ?

Les effets sanitaires des changements climatiques s'observent dans beaucoup de pays : montée de la dengue au Brésil, du paludisme au Tchad, du choléra en Zambie et au Malawi... À l'avenir, la hausse des températures facilitera la diffusion des arbovirus, transmis par les moustiques, tels que la dengue, le chikungunya et le zika, et allongera leur pic d'activité. Elle facilitera la diffusion d'autres virus, comme celui de Powassan, présent en Amérique du Nord et responsable de graves encéphalites. Dans les océans, les rivières et les lacs, une température plus élevée favorisera la reproduction des protozoaires et bactéries pathogènes, d'où une recrudescence des maladies d'origine hydrique. Sans compter le dégel du permafrost, qui pourrait constituer une gigantesque bombe sanitaire, en remettant en circulation des virus et bactéries qu'il piège depuis des dizaines de milliers d'années et contre lesquels les humains risquent d'être dépourvus d'immunité ou les antibiotiques sans effet.

Les pays à faibles revenus souffriront davantage des conséquences sanitaires du réchauffement climatique. Si l'on compare plusieurs villes du Pakistan à Riyad, l'accroissement des températures d'ici 2050 sera équivalent. Mais le nombre de morts dus à la chaleur ne le sera pas ; il sera supérieur au Pakistan, parce que ce pays possède moins de ressources financières pour s'adapter à un monde plus chaud.

S'adapter. Un impératif vital pour les hommes comme pour les écosystèmes. Les évolutions climatiques bouleversent la distribution des pluies et du couvert végétal. Elles modifient les comportements, les déplacements et la répartition des animaux et des insectes, entre autres les pollinisateurs... Elles fragilisent les écosystèmes qui n'ont pas le temps de s'adapter, et cela rejaillit sur la santé humaine. Face à ces maux, une solution réside dans l'approche *One Health*, qui considère que des liens étroits unissent la santé des écosystèmes, des animaux et des humains. Des écosystèmes en bonne santé sont bénéfiques à la santé humaine. *" Nous nous savions « une seule planète », nous nous découvrons « une seule santé ».*"[2]

« La santé humaine exprime la qualité de la relation entre l'homme et les écosystèmes. Elle sera aussi le juge ultime du succès ou de l'insuccès de nos politiques d'adaptation aux changements climatiques. »

À vrai dire, c'est toute une cohorte de solutions qu'il convient partout, avec persévérance, de mettre en œuvre pour préserver la santé humaine malgré les changements climatiques. Par exemple, des trames urbaines végétalisées et ombragées, des bâtiments à inertie thermique dont les matériaux restituent la chaleur l'hiver et la fraîcheur l'été, des systèmes de recyclage des eaux usées... et bien sûr, nos modes de vie.

Une attention particulière doit être portée aux infrastructures médicales. Si elles n'évoluent pas, elles seront dépassées, dans de nombreux pays, par l'impact des changements climatiques sur les populations. Les hôpitaux doivent se préparer à recevoir davantage de patients. Ils doivent faire face à la raréfaction de l'eau, qu'ils consomment en abondance. Ils doivent revoir leurs systèmes de climatisation et d'isolation, qui sont rarement conçus pour les chaleurs extrêmes. Et ceux situés sur le littoral doivent durcir leur protection contre les cyclones qui seront plus violents.

La santé humaine exprime la qualité de la relation entre l'homme et les écosystèmes. Elle sera aussi le juge ultime du succès ou de l'insuccès de nos politiques d'adaptation aux changements climatiques.

1 Laurent-Ledru, V. (28 mars 2024). Foundation S – The Sanofi Collective. L'Opinion. https://www.sanofi.com.

2 Bedeau, L. (2024). La Revue de l'Institut Veolia sur la santé environnementale.

AVANT-PROPOS

Philippe Kourilsky
Professeur émérite au Collège de France, Directeur Général Honoraire de l'Institut Pasteur
et Membre du Comité de Prospective de l'Institut Veolia

Santé et environnement : quelles evolutions vingt ans après ?

Il y a vingt ans se tenait une réunion fondatrice organisée par l'Institut Veolia et l'Institut Pasteur. À l'époque, le vaste thème « Santé et environnement » m'avait paru difficile à borner et compliqué à conceptualiser. Le biologiste moléculaire que j'étais alors peinait à lui associer des contenus scientifiquement définis. Un fort accent avait été mis sur l'éducation. Les conclusions de cette rencontre conservent toute leur valeur. J'invite le lecteur à les consulter[1]. Le sommaire très étoffé du présent numéro de FACTS montre que le chemin parcouru depuis cette époque est considérable. Comment le décrire et tenter d'imaginer vers quoi il conduit ? Bien que parcellaires et assez personnels, les quelques aperçus qui suivent pourront aider le lecteur à forger ses propres avis.

> *« L'environnement est tout autant physique que biologique, mais l'interpénétration des deux est omniprésente : dans les sols, les océans, et l'atmosphère. »*

Les deux termes de l'équation – environnement et santé – ont évolué, avec une toile de fond pour partie commune : le développement explosif des sciences de la vie, caractérisé par l'acquisition massive de données pertinentes.

C'est ainsi que la génétique moléculaire, née dans les années 1980, a changé de dimension avec le séquençage des génomes à très haut débit[2]. De façon concomitante, le regard scientifique a dépassé les approches réductionnistes des débuts de la biologie moléculaire pour devenir beaucoup plus systémique. D'autres technologies, comme l'imagerie, ont contribué à cette révolution qui fait de la biologie une science caractérisée par une maîtrise croissante de la complexité[3]. Des progrès considérables ont été faits dans la compréhension de tous les systèmes biologiques constitutifs de l'être humain : système nerveux, système immunitaire, système endocrinien, etc. L'étude des pathologies humaines a suivi le mouvement. En deux mots : la médecine est devenue plus scientifique, et ce faisant, plus personnalisée. Avec l'intelligence artificielle en renfort pour analyser, modéliser et exploiter des masses toujours croissantes de données, la médecine va encore connaître des changements profonds dont nous n'appréhendons que les frémissements.

Il n'y a pas que l'homme qui ait été touché par ce tourbillon de savoirs nouveaux. Au XX^{ème} siècle, le savoir environnemental se construisait à partir de quelques organismes « modèles », tels que la bactérie *E. Coli*, la levure de bière, le ver *C. elegans*, la mouche drosophile, l'herbacée *Arabidopsis*, et la souris. Aujourd'hui, la connaissance s'est élargie à de très nombreux organismes, dans le domaine végétal notamment. Sans compter l'étude des fossiles et ses révélations sur l'évolution des espèces. Enfin, on pénètre beaucoup plus avant dans l'étude des écosystèmes composés d'une multiplicité d'organismes.

L'environnement est tout autant physique que biologique, mais l'interpénétration des deux est omniprésente : dans les sols, les océans, et l'atmosphère. Un gramme de terre contient environ un milliard de bactéries, et un millilitre d'eau de mer dix millions de virus[4]. Quant à l'atmosphère, selon les lieux et les activités humaines, elle contient des milliers ou des millions de particules (que nous respirons et qui peuvent véhiculer des microorganismes). Et n'oublions pas, bien sûr, le désormais tristement célèbre CO_2, qui est à la fois produit et absorbé par les êtres vivants, au-delà des activités humaines polluantes.

1 Le programme et la synthèse de la conférence sont à retrouver au lien suivant : https://www.institut.veolia.org/fr/events/the-international-conferences/education-environnement-sante.

2 Les génomes de plusieurs dizaines de millions d'humains et plus de 5000 espèces différentes ont été entièrement séquencés. Les séquences partielles sont beaucoup plus abondantes. L'extraction d'ADN des fossiles fournit des données partielles mais capitales pour analyser l'évolution des espèces.

3 Kourilsky, P. (2023). *Mes années Pasteur*, Odile Jacob.

4 Ces virus régulent surtout la croissance du plancton et sont inoffensifs pour l'homme.

Ainsi, l'impact de la qualité de l'air, des eaux et du sol sur la santé est-il de mieux en mieux apprécié. L'approfondissement des connaissances sur l'environnement ouvre quantité de pistes de recherche innovantes, comme celles qui cherchent à anticiper l'émergence d'agents infectieux dangereux par des évolutions *in silico*[5] combinées à l'étude des cascades de propriétés qui seraient à l'origine d'épidémies potentielles.

Par son métabolisme, l'être humain est étroitement relié à l'environnement. Le microbiote intestinal de l'homme comprend 50.000 milliards de bactéries réparties en plusieurs milliers d'espèces. Sa médiatisation parfois excessive ne diminue en rien son importance : cet « organe » majeur du métabolisme est aussi un médiateur entre l'homme et son environnement. Les autres microbiomes (des poumons, de la peau, des muqueuses) sont eux aussi d'utiles médiateurs dont le rôle commence à être apprécié. Tous interviennent dans des pathologies diverses.

L'homme est un être doublement social. D'une part, cela va de soi, il vit en société. D'autre part, le développement de son cerveau, surtout pendant l'enfance, dépend de ce qu'il perçoit et reçoit de son environnement. Certaines de ses propriétés sont innées (le nouveau-né sait compter jusqu'à deux ou trois). Beaucoup d'autres sont acquises. Les voies de la formation de cet organe remarquable sont aussi complexes que multiples. L'environnement social proche, celui de la famille et des éducateurs, joue un rôle critique.

Toutefois, on est en droit de s'interroger sur l'impact de changements environnementaux plus globaux, sociaux et même climatiques.

Exemple : les conséquences sur la santé mentale de guerres du Viêt-Nam, de Corée, d'Irak, d'Algérie et, aujourd'hui, de la guerre faite par la Russie à l'Ukraine, sont sans cesse réévaluées à la hausse. Et ce d'autant plus que certains traits comportementaux sont transmissibles sur une ou plusieurs générations par des mécanismes, parfois qualifiés d'épigénétiques[6], encore mal connus. La pandémie de Covid19 et les mesures de confinement fournissent, de ce point de vue, un terrain d'observation intéressant. Qu'en sera-t-il des réfugiés climatiques ?

« Je suis convaincu que les pires conséquences de la crise environnementale en cours, et en particulier celles du réchauffement climatique, seront sociales. Les répercussions directes et indirectes sur la santé des hommes seront colossales. »

On pourra objecter que l'environnement social dont j'ai fait état n'a pas grand-chose à voir avec le « véritable » environnement, celui qui, à juste titre, préoccupe les écologues de tous bords. En sommes-nous si sûrs ? Les « stress » de toutes natures sont potentiellement préjudiciables à la santé humaine, comme l'indiquent nombre d'études sur les cancers. Il est important de comprendre comment ils « s'impriment » dans l'organisme par le biais du cerveau, ou par celui du microbiote, qui sont tous deux en liaison avec le système immunitaire et les différents systèmes de défense ou de régulation de l'organisme. De même, les « stress » environnementaux qui affectent les écosystèmes renvoient à des problèmes de robustesse et de résilience qui sont conceptuellement assez semblables à ceux qui peuvent affecter l'homme.

Pour revenir à une vision plus classiquement écologiste de l'environnement, une évolution majeure s'est bel et bien produite au cours des vingt dernières années : l'aggravation de la crise environnementale à laquelle nous sommes désormais confrontés.

Celle-ci se déploie dans quatre dimensions interconnectées : le réchauffement climatique ; l'épuisement de ressources naturelles essentielles ; les pollutions de tous ordres ; et la diminution de la diversité biologique. Chacune peut (et va) affecter la santé humaine, ainsi que celle des autres espèces et des écosystèmes physico-biologiques et sociaux. Face à ces enjeux, les problèmes ne seront pas que scientifiques et techniques : ils seront aussi éthiques. D'ores et déjà la crise environnementale recreuse des inégalités que l'on avait mis des décennies à réduire : la pauvreté, qui avait régressé, a repris sa course en avant.

Je suis convaincu que les pires conséquences de la crise environnementale en cours, et en particulier celles du réchauffement climatique, seront sociales. Les répercussions directes et indirectes sur la santé des hommes seront colossales. C'est pourquoi je plaide vigoureusement pour une conception élargie des liens entre l'environnement et la santé.

J'estime, plus que jamais, que l'écologie doit être une science morale[7].

5 Méthodes théoriques de recherche, en particulier les méthodes utilisant des modèles informatiques, employées pour prédire les effets probables, toxicologiques ou autres, des substances étudiées. (Autorité Européenne de Sécurité des Aliments).

6 Relatifs à l'hérédité de caractère, de modifications, d'informations qui ne sont pas portés par les gènes. (Le Robert).

7 Kourilsky, P. (2023). *L'innovation au service de la transformation écologique.* Institut Veolia. https://www.institut.veolia.org/sites/g/files/dvc2551/files/document/2023/12/Veolia_FACTS_25_2023_FR_Web_Interactif_V3%20(2).pdf.

Explorer les liens entre climat, environnement et santé :

Des perspectives pour agir

Harvey V. Fineberg
Président de la Fondation Gordon et Betty Moore et membre du Comité de Prospective de l'Institut Veolia

Harvey V. Fineberg est président de la Fondation Gordon et Betty Moore depuis 2015 et membre du Comité de prospective de l'Institut Veolia. Il a été président de l'Académie nationale de médecine des États-Unis (2002-2014) et doyen de l'École de santé publique Harvard Chan (1984-1997). Il a consacré l'essentiel de sa carrière universitaire aux politiques de santé et de prise de décision médicale. Le Dr Fineberg est coauteur et coéditeur de plusieurs ouvrages. Il est titulaire de plusieurs diplômes honorifiques et lauréat de divers prix, comme le Prix international Henry G. Friesen pour la recherche sur la santé.

La santé humaine, l'environnement et le changement climatique sont étroitement liés. L'environnement, situé à la croisée des mondes physiques, biologiques et sociaux, exerce une influence majeure sur notre santé. Le changement climatique, par son omniprésence, a un effet direct sur la santé humaine, en raison par exemple des événements météorologiques extrêmes. Il a également un effet indirect via la pollution atmosphérique (notamment celle induite par les incendies de forêt) ou l'altération des écosystèmes. Notre conception de la santé a évolué au fil du temps, depuis ses racines philosophiques anciennes jusqu'aux connaissances scientifiques modernes. Néanmoins, même si les questions environnementales ont été progressivement intégrées à ces réflexions, elles demeurent insuffisamment prises en compte. Traiter les risques sanitaires liés au climat implique une approche plurielle. Il conviendrait, par exemple, de s'inspirer des pratiques propres aux cultures orientales et autochtones, qui soulignent explicitement les liens entre les humains et leur environnement. Parallèlement aux actions individuelles, l'action collective et l'élaboration de politiques sont essentielles pour atténuer ces risques. Nous devrions adopter un état d'esprit préventif et des politiques ambitieuses, visant à réduire les causes du changement climatique, à en atténuer les effets et à améliorer la résilience des populations humaines. Il est également crucial de surmonter la méfiance croissante à l'égard de la science par l'éducation et la sensibilisation. À l'heure où les sociétés sont confrontées à ces défis, nous ne devons pas nous contenter de réfléchir au moyen de survivre, mais au moyen de prospérer en tant que société, en adoptant le développement durable et la résilience comme principes directeurs d'un monde plus sain et plus équitable.

De manière générale, quels facteurs déterminent la santé humaine, et quel rôle joue l'environnement dans ceux-ci ?

Pour commencer notre réflexion, nous pouvons nous appuyer sur un schéma formulé il y a plus de 50 ans par le ministre de la Santé canadien de l'époque, Marc Lalonde. Dans cette approche, M. Lalonde décrivait quatre déterminants de santé ou de maladie : notre patrimoine génétique, notre mode ou hygiène de vie (habitudes, alimentation, consommation d'alcool ou de drogues), les soins médicaux que nous recevons, et enfin l'environnement. Ce dernier facteur, qui est un déterminant important de la santé humaine, se compose des environnements physique, chimique, biologique et social. Toutes ces dimensions ont des effets majeurs sur nos chances dans la vie, notre santé et notre bien-être.

Nous avons une influence relative sur ces quatre facteurs. Le patrimoine génétique est considéré comme un acquis : il pose les bases et détermine le degré de bonne santé individuelle. Il est en somme le modèle duquel tout dépend. Pourtant, dans un avenir relativement proche, même notre patrimoine génétique pourrait être modifié. L'un des premiers traitements génétiques de la drépanocytose (une maladie génétique) a été approuvé par les autorités réglementaires en Europe et aux États-Unis. Bien que trop coûteux pour être généralisé, celui-ci annonce peut-être un nouveau type d'interventions.

Ce sur quoi nous avons aujourd'hui le plus de contrôle direct, ce sont nos choix de vie. Ces derniers sont toutefois eux-mêmes fortement conditionnés par notre environnement. Nous pensons choisir ce que nous mangeons, mais nos choix alimentaires sont influencés par notre histoire, notre culture et notre éducation. Ainsi, même les décisions que nous croyions être des choix individuels sont enracinées dans notre environnement social et culturel, et façonnées par la géographie et l'économie.

Les soins médicaux sont un autre déterminant, mais à l'échelle de la santé de la population, leur influence est souvent moins forte que celle de la génétique, le mode de vie et les facteurs environnementaux. Néanmoins, pour les personnes souffrant de pathologies spécifiques, l'intervention de la médecine peut être cruciale et améliorer la qualité et l'espérance de vie.

L'une des raisons pour lesquelles l'environnement influence si fortement notre santé tient à son omniprésence. Il nous entoure tout au long de la vie. C'est l'air que nous respirons, l'eau que nous buvons, la nourriture que nous consommons, les interactions que nous vivons, le stress, les joies, les expositions à des produits chimiques ou à des infections en fonction de notre travail ou de notre lieu de vie, le risque de devenir sans-abri ou de subir d'autres accidents de la vie. L'environnement est omniprésent et inévitable, et son amélioration dépend davantage de choix collectifs que d'actions individuelles.

Comment le changement climatique affecte-t-il l'environnement et, par extension, notre santé ?

Nous devons distinguer les effets directs et les effets indirects du changement climatique sur la santé humaine. Le changement climatique signifie que la planète se réchauffe, bien que les effets varient considérablement d'une région à l'autre. Nous observons ainsi une série d'événements météorologiques extrêmes qui peuvent parfois être contradictoires, avec des sécheresses plus prononcées, mais aussi des risques d'inondations plus importants car le régime des précipitations évolue. Avec la hausse des températures moyennes, les phénomènes extrêmes deviendront plus fréquents, ce qui aura des effets directs sur la santé humaine. A titre d'exemple, les récentes vagues de chaleur en Europe ont causé des cas d'épuisement et des décès, en particulier chez les personnes âgées ou vulnérables, pour lesquelles les températures élevées peuvent être préjudiciables, voire fatales.

« L'une des raisons pour lesquelles l'environnement influence si fortement notre santé tient à son omniprésence. »

Les effets indirects du changement climatique sont encore plus importants. Citons notamment la fréquence accrue des incendies de forêt, qui touche tous les continents à l'exception de l'Antarctique. De l'Amérique du Nord à l'Amérique du Sud, de l'Europe à l'Asie, les feux de forêt se multiplient. Or, ils sont dangereux à double titre : ils causent des dégâts directs, en détruisant des vies, des biens et des écosystèmes, mais la fumée, qui génère une forte pollution atmosphérique du fait des particules fines, est encore plus dommageable pour la santé. Dans de nombreuses régions du monde, les niveaux de pollution atmosphérique dépassent largement les seuils de sécurité en raison de la combustion de ressources fossiles. Cela nuit à la qualité et à l'espérance de vie, en faisant, entres autres, augmenter la fréquence des maladies pulmonaires et cardiaques.

Pourriez-vous dire quelques mots sur les écosystèmes et leur rôle dans la santé humaine ? Comment le changement climatique affecte-t-il cette relation ?

De manière générale, le concept de services écosystémiques englobe tous les moyens par lesquels le bien-être humain est garanti par les fonctions d'un écosystème donné, par exemple, via la fourniture d'un air de qualité ou d'une eau purifiée et saine pour la consommation humaine. Toutefois, ces fonctions sont altérées par le changement climatique, qui a des effets indirects sur la qualité de l'eau en raison des changements biologiques qu'il entraîne. Ces derniers peuvent, par exemple, provoquer la prolifération d'algues et ainsi compromettre la sécurité de l'eau.

En outre, le changement climatique affectera probablement l'écologie des vecteurs de maladies. La hausse des températures favorisera la propagation des moustiques dans de nouvelles régions, leur permettant de survivre à des altitudes plus élevées qu'autrefois, et renforçant la durée et la fréquence des contacts avec les populations humaines.

Comment a évolué notre compréhension des liens entre la santé, l'environnement et le changement climatique, au fil de l'histoire et de la pratique de la médecine ?

La compréhension humaine de la maladie et de son origine varie selon les cultures et les régions du monde. Dans la tradition occidentale, la santé remonte au concept des quatre humeurs d'Aristote, qui attribuait la santé et la maladie à l'équilibre ou au déséquilibre des constituants du corps. Ce paradigme a profondément influencé la pensée médicale jusqu'à la Renaissance, quand des penseurs plus modernes, dans l'art mais aussi la médecine, ont commencé à examiner le corps humain et à comprendre l'origine des pathologies en observant les changements dans les organes et les tissus.

Au cours des derniers siècles, les êtres humains ont découvert les menaces biologiques et les risques environnementaux. Au milieu du XIX^{ème} siècle s'est imposé le concept des miasmes et des vapeurs toxiques, véhiculant des maladies. Le terme « malaria » signifie « mauvais air » en italien, soulignant l'idée selon laquelle les maladies étaient véhiculées par des vapeurs dangereuses. Bien que scientifiquement erronées, ces notions d'une origine environnementale des maladies ont jeté les bases du mouvement moderne en faveur de l'assainissement.

Les épidémiologistes font souvent remonter les origines de leur discipline aux travaux de John Snow lors de l'épidémie de choléra à Londres, dans les années 1850. Snow avait documenté les liens temporels et spatiaux entre les cas de choléra et les maisons desservies par une source d'eau précise, provenant de sections polluées de la Tamise. La nature exacte de la contamination de l'eau n'était pas entièrement comprise à l'époque, mais elle était clairement associée à la maladie.

Les travaux pionniers de scientifiques tels que Louis Pasteur et Robert Koch à la fin du XIX^{ème} siècle ont permis d'identifier les micro-organismes responsables de certaines maladies humaines et animales. Les maladies infectieuses représentent un fardeau énorme pour l'humanité, et les organismes infectieux peuvent être transmis par toutes sortes d'expositions

environnementales, y compris les gouttelettes d'air inhalées (tuberculose, rougeole, SRAS-CoV-2), les aliments et le lait non pasteurisé (salmonelle, campylobacter, E. Coli), l'eau contaminée (choléra, shigella), les relations sexuelles (VIH, syphilis), l'exposition au sang (hépatite), les insectes vecteurs (paludisme) et la pénétration directe à travers la peau (ankylostome).

Au cours du XX^{ème} siècle, de nombreux autres facteurs de risque de maladie ont été mis en évidence, notamment un terrain favorable, comme l'hypertension artérielle, et les choix et modes de vie, comme le tabagisme. Des travaux de référence, comme l'Étude de Framingham, ont établi le lien entre l'alimentation et les facteurs de risque de maladies cardiovasculaires, comme l'hypertension artérielle. D'autres études peuvent être citées, telles que la *Nurses' Health Study*, qui a suivi des centaines de milliers d'infirmières au fil du temps pour examiner les liens entre la santé et le mode de vie des femmes. La *Six Cities study*, suivie de la *Twenty Cities study*, a mis en évidence le lien entre la pollution de l'air, en particulier les petites particules, et l'espérance de vie. Les célèbres *Whitehall Studies*, à Londres, qui examinaient le parcours de vie des fonctionnaires, ont établi un lien entre la classe sociale et le risque de décès prématuré. Ces études ont permis de prendre conscience du pouvoir des déterminants sociaux de la santé.

On sait depuis longtemps que le climat et les conditions météorologiques, ainsi que d'autres caractéristiques géographiques, influencent la répartition des infections et d'autres maladies. C'est seulement récemment que le changement climatique (et les nouveaux extrêmes qu'il engendre) a été reconnu comme un véritable déterminant de la santé. Le changement climatique, en raison de sa nature omniprésente, a entraîné des effets si répandus qu'ils sont passés inaperçus. C'était si évident que c'en est devenu invisible.

Cette mise en perspective se concentre sur le monde occidental. Existe-t-il des approches spécifiques de la santé environnementale dans d'autres parties du monde dont nous pourrions tirer des enseignements ?

La tradition médicale occidentale intègre la notion d'équilibre physiologique interne ou d'homéostasie, telle que définie par Claude Bernard au XIX^{ème} siècle. Toutefois, d'autres systèmes culturels et de santé en Orient et dans de nombreuses communautés indigènes des Amériques et d'Australie soulignent l'harmonie entre l'homme et l'environnement. Ces communautés, qui vivent depuis toujours en équilibre avec leur environnement, ont développé un lien étroit et une appréciation profonde de ce dernier, en le considérant comme un élément intrinsèque de leur existence. Nombre de ces pratiques traditionnelles sont riches d'enseignements pour nous aujourd'hui.

Prenons l'exemple du brûlis, qui est une pratique traditionnelle autochtone destinée à réduire le risque d'incendies et à préserver la santé des forêts. La nouvelle génération d'arbres, ayant besoin de la lumière du soleil pour s'épanouir, sera plus à même de se développer dans une forêt clairsemée que dans une forêt dense, envahie par la végétation et propice aux incendies. Un autre exemple concerne la récolte traditionnelle de riz sauvage dans la région des Grands Lacs d'Amérique du Nord. Les Amérindiens avaient l'habitude de limiter les jours de récolte et de remettre une partie des grains dans le lac pour ensemencer la culture suivante. Cette pratique a été remise en cause par les premiers commerçants européens, qui n'en voyaient pas l'utilité pour l'équilibre de l'écosystème et la considéraient, à tort, comme du gaspillage.

« Le changement climatique, en raison de sa nature omniprésente, a entrainé des effets si répandus qu'ils sont passés inaperçus. »

Aujourd'hui, la sagesse de nombreuses pratiques traditionnelles est de plus en plus reconnue. Les idéaux de progrès de la civilisation occidentale, basés depuis la Renaissance sur la consommation, l'efficacité, la productivité et le contrôle, sont aujourd'hui dépassés et montrent leurs limites en termes de bien-être humain. Au contraire, les idées non occidentales centrées sur la santé, le bien-être général, la résilience et la survie influencent la pensée des universitaires, des philosophes et des dirigeants occidentaux depuis quelques décennies.

Vous avez dit que le changement climatique était « si évident qu'il en est devenu invisible ». Pourquoi le changement climatique est-il resté si longtemps un angle mort de la santé ? Et pourquoi, en tant que société, avons-nous des difficultés à aborder la question et à prendre les mesures qui s'imposent ?

Selon moi, il existe au moins quatre raisons principales. Premièrement, si le changement climatique est profond, mesurable et indéniable, sa progression est très lente. Il ne s'agit pas d'une augmentation soudaine de la température moyenne, même si la dernière décennie - s'étalant sur dix années - a été la plus chaude jamais enregistrée. Au cours de cette même période, certaines personnes ont connu ici et là des températures plus froides influençant, malgré une même tendance mondiale, leur perception du phénomène climatique. Ainsi, la réalité de la température moyenne mondiale peine à s'imposer aux consciences individuelles. Cette situation n'est pas sans rappeler l'expérience de la grenouille qui, plongée dans une eau progressivement chauffée, ne perçoit pas le danger pour s'en extraire. A l'inverse, placée directement dans de l'eau chaude, elle réagit immédiatement et s'en échappe.

Deuxième point : les effets dont nous discutons exacerbent principalement des réalités existantes. Le changement climatique aggrave des phénomènes déjà connus, plutôt que d'en provoquer des radicalement différents. Nous avons toujours eu des ouragans, des inondations, des sécheresses et des incendies de forêt. Il est donc assez facile d'ignorer, ou de relativiser, l'augmentation de ces événements au fil du temps, puisqu'ils ne semblent pas entièrement nouveaux.

Troisièmement, il n'est pas simple d'imposer par des mesures politiques une « privation » ou frustration ciblée, en vue d'obtenir des avantages sociaux pour tous. Par exemple, les initiatives visant à réduire la dépendance aux énergies fossiles peuvent se heurter à une forte résistance, car l'intérêt général et les avantages à long terme ne sont pas perçus comme immédiatement tangibles, contrairement aux inconvénients subis par les personnes directement concernées.

Enfin, j'ajouterais que nos systèmes politiques, pour la plupart, sont conçus pour répondre aux crises et aux urgences. Ils ne sont pas équipés pour planifier, être proactifs et tournés vers l'avenir. L'urgence, qui exige une attention immédiate, tend à éclipser la nécessité d'agir pour le bien-être humain à long terme.

Par conséquent, tous ces facteurs - lenteur du mouvement, familiarité, privation ciblée et caractère non urgent - contribuent à une relative négligence et complexifient la capacité à mobiliser l'attention du public pour influencer l'élaboration des politiques.

Quelle est réellement notre marge de manœuvre, compte tenu de l'imperceptibilité du changement climatique et de la nature collective de la santé environnementale ?

Certains aspects de la santé environnementale dépendent d'actions collectives, comme la qualité de l'air que nous respirons ou de l'eau que nous buvons, qui sont davantage soumises à un contrôle collectif qu'à un choix individuel. Cela souligne l'importance de la prise de décision collective pour influencer la santé et le bien-être de chacun d'entre nous. C'est seulement au prix d'efforts collectifs que nous pourrons réduire notre dépendance à l'égard des combustibles fossiles et créer les conditions d'un air plus sain, d'une eau plus propre et de sources d'alimentation durables.

Mais à l'échelle individuelle, nous pouvons aussi prendre des mesures significatives. Nous pouvons réduire notre dépendance personnelle à l'égard des énergies fossiles, limiter notre empreinte environnementale et améliorer notre alimentation, tout en privilégiant des pratiques alimentaires durables. À cet égard, de nombreuses initiatives visent à adapter les mécanismes de distribution alimentaire afin de garantir un accès équitable, en particulier pour les personnes exposées à l'insécurité alimentaire. Nulle part dans le monde la famine ne devrait encore exister. Il s'agit fondamentalement d'une construction humaine, car la production alimentaire mondiale est tout à fait capable de répondre aux besoins de tous. Amartya Sen, lauréat du prix Nobel d'économie et ancien membre du Comité de prospective de l'Institut Veolia, a porté un argumentaire puissant selon lequel la famine s'apparente à un choix plutôt qu'à une nécessité en raison des facteurs humains qui la sous-tendent.

« Mais à l'échelle individuelle, nous pouvons aussi prendre des mesures significatives. »

Enfin, nous avons surtout le pouvoir d'élire des représentants qui donneront la priorité aux défis environnementaux à long terme et comprendront les effets considérables du changement climatique. Nous pouvons nommer des représentants prêts à prendre les devants, et qui ne se contenteront pas de suivre une tendance mais qui feront les bons choix, avec clairvoyance, pour les communautés, les nations et l'humanité.

En 2024, près de la moitié de la population mondiale sera amenée à voter lors d'une élection nationale, marquant ainsi une année cruciale pour la démocratie. Dans un contexte de montée des théories du complot et de scepticisme à l'égard du consensus scientifique, comment pouvons-nous encourager les gens à élire des représentants qui soutiennent la science ?

C'est une question essentielle et un défi majeur[1] à relever. Par « défi majeur » je veux dire un problème qui dépasse les frontières nationales, qui est souvent interconnecté avec d'autres défis majeurs et qui ne peut être résolu que par une action multinationale. Le changement climatique, la pauvreté et les pandémies sont tous des défis majeurs. Le problème que vous soulevez est celui de la compréhension et de la confiance du public dans la science et les preuves. Le doute devient omniprésent : les individus remettent en question les preuves et l'autorité, expriment leur scepticisme à l'égard de la science, ce qui entraîne une hésitation ou une résistance face aux efforts de vaccination et d'immunisation. Les gens continuent de douter du changement climatique et de sa réalité.

Cela pose un défi éducatif et psychologique crucial à long terme : nous devons aider les gens à comprendre pourquoi la science est digne de confiance, même en cas d'incertitude. Paradoxalement, il est important de douter de la science, car c'est ainsi que l'on la fait progresser, en apportant des

1 Traduit de l'anglais « Mega-challenge ».

preuves au fil du temps. Le scepticisme du public à l'égard de la science pourrait trouver son origine dans le pouvoir des réseaux sociaux, qui amplifient les idées extrêmes et erronées, et dans le fait que certains dirigeants autoritaires s'appuient sur la diffusion d'un « grand mensonge » pour persuader les gens : le « grand mensonge » est tellement énorme qu'il est forcément vrai, sinon pourquoi le diraient-ils ? Ces enjeux de compréhension et de confiance sont étroitement liés à l'attitude du public à l'égard du changement climatique. Ils constituent un défi majeur de notre époque.

Étant donné l'importance de l'élaboration des politiques dans les approches collectives de la santé, comment envisagez-vous une intégration appropriée des risques climatiques dans les politiques de santé ?

En ce qui concerne l'intégration des risques liés au climat dans les politiques de santé, je classerais les possibilités en trois grandes catégories. La première : l'impératif de réduire les facteurs du changement climatique et de la dégradation de l'environnement, ainsi que leurs effets sur la santé. En d'autres termes, nous devons réduire l'utilisation des combustibles fossiles, non seulement pour le climat, mais aussi pour la santé humaine. Cela implique de s'intéresser également à des enjeux tels que la surpêche en mer, la déforestation pour la production de bétail et de soja, et la dégradation des écosystèmes de mangroves dans les régions côtières, qui ont tous des effets sur le climat et sur la vitalité des écosystèmes.

Deuxièmement, nous pouvons atténuer les effets du changement climatique, c'est-à-dire trouver des moyens de gérer et de contrôler les effets déjà présents. Par exemple, en mettant en place un meilleur contrôle des vecteurs, via un filtrage amélioré de toutes les résidences dans les régions touchées, en déployant de meilleures méthodes de purification de l'eau pour réduire l'exposition aux produits chimiques, ainsi que des stratégies d'urbanisme pour atténuer les effets des incendies de forêt ou de la montée des eaux sur les zones côtières urbaines et protéger les infrastructures résidentielles essentielles.

Enfin, nous devons définir et mettre en œuvre des stratégies de résilience visant à renforcer la capacité des communautés et des villes à s'adapter, à survivre et à prospérer face aux changements inévitables.

Ainsi, alors que la politique de santé reste relativement inchangée face aux effets du changement climatique, notre réponse à ces défis devient de plus en plus urgente et conséquente. Garantir l'accès aux soins et aux services préventifs, ainsi qu'à un air pur, à l'eau potable et à l'alimentation, devient encore plus vital face aux effets du changement climatique sur la santé humaine.

En conclusion, compte tenu de notre discussion, quelle devrait être notre priorité en tant que société ?

Il est urgent d'adopter un état d'esprit préventif plutôt que réactif et simplement axé sur les traitements médicaux. Il est essentiel d'investir maintenant pour éviter des situations catastrophiques à l'avenir. Il serait utile d'inscrire la prévention dans le contexte de la sécurité humaine, pour transmettre le sentiment d'urgence adéquat. Que nous soyons confrontés à une pandémie comme le coronavirus ou à des catastrophes naturelles comme les inondations et les incendies de forêt, la sécurité humaine est en danger. Agir pour prévenir ces menaces et renforcer la sécurité devrait être une priorité, un cadre qui inciterait les dirigeants à adopter des politiques capables de diminuer les facteurs du changement climatique, d'atténuer ses effets et de favoriser la résilience des populations humaines. Ce faisant, nous pourrons aspirer non seulement à survivre, mais à prospérer véritablement en tant que société.

SAVE EARTH
SAVE
YOURSELF
THERE IS ONLY
SOS
PLANET

1 Une santé humaine directement mise en péril par les conséquences du dérèglement climatique

En 2020, la pandémie de la Covid-19 nous a rappelé combien la santé, considérée comme notre « premier bien » par Platon, est vulnérable. En révélant nos interdépendances et en montrant que chaque aspect de notre existence est lié aux autres, cette pandémie nous a replacés dans une histoire civilisationnelle dont le cours n'a cessé d'être ponctué par des catastrophes sanitaires. La santé, en l'espace d'une crise, est ainsi redevenue l'affaire de tous : trop longtemps perçue comme une préoccupation individuelle, elle a désormais retrouvé sa dimension collective et publique, et même sa portée planétaire.

Pourtant, une nouvelle menace plane aujourd'hui sur notre santé, l'affectant de manière cette fois-ci plus silencieuse et diffuse dans le temps : le changement climatique. Alors que ses impacts, perceptibles depuis plusieurs décennies, s'accentuent et se multiplient (catastrophes naturelles, phénomènes météorologiques extrêmes, sécheresses prolongées, etc.), ses effets sur la santé humaine commencent seulement à être réellement perçus comme une menace sanitaire. La scène politique, scientifique et institutionnelle internationale s'empare aujourd'hui de manière progressive du sujet, à l'image du dernier rapport du GIEC qui y a dédié un pan de son analyse. De la même manière, la conférence de Dubaï de 2023 sur les changements climatiques (COP 28) a, pour la première fois, consacré une journée spécifique à ce thème.

Cette partie de la revue explore les maux directs que le changement climatique occasionne pour notre santé. Parmi ceux-ci, les vagues de chaleur sont les plus manifestes. Particulièrement visibles et dévastatrices, elles constituent une réalité touchant toujours plus de régions à travers le monde. **Pieter VanCamp** explore les effets des expositions prolongées à une chaleur extrême sur le corps humain, de l'épuisement aux maladies cardiovasculaires et respiratoires, tout en mettant en lumière les ressources dont notre organisme dispose pour faire face à ces dangers.

Au-delà du quotidien, **Cyril Cosme** nous rappelle que le changement climatique affecte toutes les sphères de notre vie, y compris celle du travail. Tous les travailleurs ne sont toutefois pas impactés de manière égale. Plusieurs facteurs entrent en jeu (par exemple le pays dans lequel nous nous trouvons et les lois qui le régissent, ou encore le fait d'exercer son activité en extérieur) pour définir l'exposition des travailleurs aux risques sanitaires induits par le changement climatique.

En effet, le changement climatique est profondément inéquitable dans les impacts et risques sanitaires qu'il génère. Bien que personne ne soit épargné, certaines populations y sont plus vulnérables. Saisir ce phénomène implique de le comprendre à travers une double lentille : d'une part, l'échelle géographique (mondiale, régionale, locale) et, d'autre part, l'échelle socio-économique (au niveau des populations, de la culture nationale ou locale, ou encore des caractéristiques individuelles). **Gina Solomon, Matthew O. Gribble** et **Sheri Weiser** analysent ainsi la manière dont les disparités géographiques et sociales donnent naissance à des vulnérabilités complexes et diversifiées, tandis que **Virginia Murray** met en lumière les inégalités de genre dans le contexte des catastrophes naturelles, de leur anticipation à leur gestion. Ces catastrophes, amenées à se multiplier, ont déjà un fort impact sur les mouvements migratoires : selon le Haut-Commissariat des Nations unies pour les réfugiés, elles ont entraîné entre 2008 et 2016 le déplacement forcé de plus de 21,5 millions de personnes par an. Pour **François Gemenne**, les migrations climatiques sont une problématique actuelle et non un risque futur, et la plupart des migrations économiques devraient également être comprises comme des migrations climatiques. Le parcours des déplacés climatiques, déjà chargé d'obstacles, s'accompagne d'un déplacement des vulnérabilités ; les populations quittent une situation de précarité sanitaire pour se heurter, ailleurs, à de nouvelles fragilités. Nous comprenons ainsi qu'il n'y a pas *une* mais *des* vulnérabilités qui se superposent, interagissent et s'entrecroisent pour former un système de risques particulièrement complexe.

Néanmoins, la santé ne saurait se limiter au bien-être physique et biologique des êtres humains. Dans le préambule de sa Constitution, l'OMS définissait déjà en 1946 la santé comme « *un état complet de bien-être* », aussi bien « *physique* », que « *mental et social* ». C'est là que réside la difficulté d'étudier les effets directs du changement climatique sur la santé : car certains impacts sont invisibles, intangibles, mal-compris, et pourtant particulièrement néfastes. **Annamaria Lammel** aborde ainsi la montée de l'éco-anxiété, un phénomène particulièrement présent chez les jeunes générations, qui voient leur avenir bouleversé par l'incertitude climatique. Pour répondre à cette détresse psychologique croissante, **Bruno Rousseau** avance la solution de l'éco-thérapie, une approche axée sur les liens avec la nature pour soulager les angoisses liées au climat, apaiser les esprits et nous reconnecter avec la nature et le vivant.

Santé environnementale, changement climatique et équité :

Comprendre les vulnérabilités géographiques

Gina Solomon, Responsable de la division Médecine du travail, environnement et climat (OECM) à l'Université de Californie à San Francisco (UCSF),

Matthew Gribble, Responsable adjoint de la recherche en Médecine du travail, environnement et climat (OECM) à l'UCSF,

Sheri Weiser, Professeure de médecine à l'UCSF et Directrice cofondatrice du California Center for Climate, Health and Equity de l'Université de Californie

Gina Solomon est Responsable de la division Médecine du travail, environnement et climat (OECM) à l'Université de Californie à San Francisco (UCSF). Elle a également travaillé au Natural Resources Defense Council, à la California Environmental Protection Agency et au Public Health Institute. Sheri Weiser est Professeure de médecine à l'UCSF et Directrice cofondatrice du California Center for Climate, Health and Equity de l'Université de Californie. Ses recherches portent sur les liens entre l'insécurité alimentaire, les événements météorologiques extrêmes, le VIH et les maladies chroniques, dans le but d'améliorer la santé des populations vulnérables. Matthew Gribble, Responsable adjoint de la recherche en Médecine du travail, environnement et climat (OECM) à l'UCSF, travaille sur les partenariats autochtones, les océans et la santé humaine, le changement climatique et l'équité en matière de santé.

Le changement climatique affecte l'ensemble de la planète mais la nature et la gravité de ses effets varient selon les régions du monde. Certaines différences sont évidentes, comme la vulnérabilité des côtes à l'élévation du niveau des mers, et d'autres sont émergentes. Les vulnérabilités géographiques dépendent également de l'environnement bâti et des capacités d'adaptation au changement climatique, aggravant les risques à l'échelle mondiale. Les interactions complexes entre la menace climatique, les vulnérabilités géographiques et sociales et l'adaptation nécessitent d'être étudiées à une échelle locale, en s'appuyant sur des exemples issus de régions du monde confrontées à des problèmes semblables. Dans cet article, nous passerons en revue les risques liés au changement climatique en fonction de la géographie locale, et leur application à l'aide de quatre exemples : la prolifération d'algues nuisibles en Alaska, la disparition des glaciers au Pérou, l'élévation du niveau des mers affectant la salinité de l'eau potable au Bangladesh, et enfin, le VIH et l'insécurité alimentaire au Kenya face aux conditions météorologiques extrêmes. La menace climatique est considérable et les facteurs géographiques sont, à bien des égards, immuables. Toutefois, l'action humaine peut encore accroître ou réduire les risques. Les leçons tirées d'une région peuvent inspirer les stratégies dans des zones du globe qui présentent des vulnérabilités géographiques similaires.

INTRODUCTION

Santé et espérance de vie diffèrent d'un lieu à l'autre. En effet, il existe des interactions entre facteurs géographiques et sociaux, dont découlent l'économie, l'histoire, la culture, le développement et les migrations. Le changement climatique est un « accélérateur de menaces », qui exacerbe les vulnérabilités. Une région inondable est ainsi, logiquement, plus exposée au risque d'inondation majeure dans le contexte du changement climatique. Les liens directs entre changement climatique, vulnérabilité climatique régionale, capacité économique, insécurité alimentaire et stress hydrique, maladies infectieuses et migrations, amplifient les effets sur la santé humaine. En outre, les actions humaines peuvent améliorer ou, au contraire, exacerber ces vulnérabilités. La rupture des digues qui a entraîné l'inondation de la Nouvelle-Orléans aux États-Unis, après l'ouragan Katrina en 2005, est un exemple de défaillance adaptative à grande échelle. Pour pouvoir élaborer des stratégies locales, régionales et mondiales de protection de la santé et de l'environnement, nous devons comprendre les liens entre les vulnérabilités géographiques et sociales et les mesures d'adaptation.

ASPECTS GÉOGRAPHIQUES, CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SANTÉ

Des limites planétaires bousculées

Le changement climatique entraîne des changements physiques à grande échelle sur la planète. Avec la fonte des glaciers, l'inclinaison de l'axe de la Terre a changé, ce qui accroît l'activité volcanique et sismique. Les courants océaniques sont affectés par le réchauffement des températures à la surface de la mer, impactant les climats locaux. La hausse de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère entraîne une acidification des océans, car le dioxyde de carbone se diffuse dans l'eau et se dissocie en acide carbonique. Nous nous dirigeons donc vers un monde où les océans seront plus chauds et plus acides, avec des risques géologiques accrus et des climats perturbés par les courants.

En outre, l'interaction des changements physiques et biologiques produira des risques supplémentaires. Par exemple, les pluies diluviennes favorisent une végétation qui, exposée aux futures sécheresses, sera vulnérable au risque d'incendie, tandis que la sécheresse fait disparaître les plantes qui stabilisent les sols, augmentant le risque de coulées de boue lors de nouvelles pluies. Ces changements peuvent entraîner l'apparition d'espèces envahissantes et de maladies zoonotiques, modifier la composition du pollen, augmenter les risques d'empoisonnement (animaux venimeux, moisissures et algues productrices de toxines) et provoquer d'autres dangers pour les personnes vivant proches ou dans la nature. En conséquence, bien appréhender ces questions requiert une connaissance approfondie des zones climatiques mondiales et des facteurs régionaux.

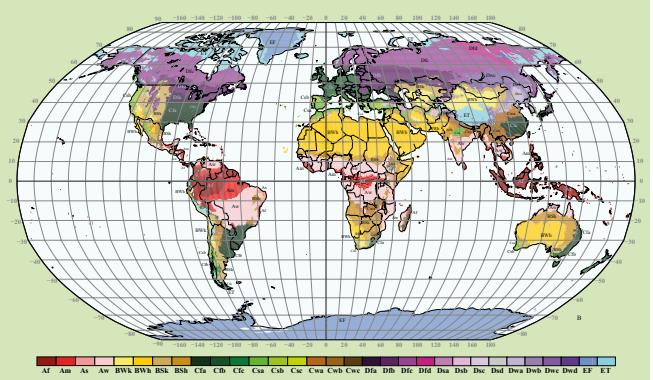
Les zone climatiques mondiales

Le climatologue allemand Wladimir Köppen (1846-1940) a divisé les climats du monde en différentes catégories, en fonction de la température et de la latitude. Elles ont depuis été modifiées pour former le système de classification de Köppen-Geiger, qui distingue six groupes : A : climat tropical, B : climat sec, C : climat subtropical humide, D : climat continental humide, E : climat polaire et H : climat d'altitude (montagnes). À chacune de ces zones correspondent des régimes de précipitations et de températures[1]. La combinaison de trois lettres résultant du système de classification caractérise les zones climatiques locales à travers le monde ***(Illustration 1)***.

Des régions du globe très éloignées peuvent partager un même climat. Par exemple, des écosystèmes de type méditerranéen (zones climatiques Csa et Csb), caractérisés par des hivers doux et humides et des étés chauds, ou tempérés et secs, existent en Méditerranée, en Californie, au Chili, en Afrique du Sud et en Australie méridionale. Ces régions, bien qu'éloignées les unes des autres, partagent des conditions météorologiques, une végétation et des vulnérabilités climatiques similaires. Les leçons tirées de l'une de ces régions peuvent s'appliquer aux autres.

« Le changement climatique entraîne des changements physiques à grande échelle sur la planète. »

Illustration 1 : Zones climatiques mondiales



Source : classification climatique Köppen-Geiger.
De Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf et F. Rubel, 2006 : carte mondiale de la classification Köppen-Geiger mise à jour. Meteorol. Z., 15, 259-263.

Les zones climatiques de la planète évoluent. Le rétrécissement des calottes polaires et l'évolution de la limite du pergélisol (ou permafrost) sont bien documentés. Les régions désertiques s'étendent (ex. le Sahara), ainsi que les régions continentales sèches. Aux États-Unis, la ligne de démarcation entre les climats occidental aride et oriental humide s'est déplacée de plus de 200 km vers l'est depuis 1980[2], entraînant une évolution des régions où poussent le maïs et le blé (ce dernier supporte mieux la sécheresse). Les agriculteurs peuvent s'adapter à ces changements en irrigant davantage, mais seulement jusqu'à un certain point. En effet, les zones de rusticité des plantes remontent de 20 km vers le nord à l'échelle mondiale[3], au même titre que les plantes et insectes envahissants, menaçant ainsi les cultures et les écosystèmes.

D'autres aspects géographiques ont leur importance, tels l'altitude par rapport au niveau de la mer ou la proximité de côtes et de rivières qui peuvent déborder. Les systèmes de digues permettent de lutter contre les inondations dans ces zones, mais peuvent entraîner des dommages secondaires (ex. perte de deltas fluviaux, accentuation de l'érosion côtière) ou une accélération du ruissellement des sédiments entraînant des « zones mortes ». Ces phénomènes sont observés aujourd'hui sur la côte de la Louisiane et dans le golfe du Mexique. Enfin, les systèmes d'ingénierie peuvent rencontrer des défaillances et entraîner des pertes humaines et des dégâts considérables.

En outre, il existe un lien direct entre le risque d'incendies de forêt et le lieu d'implantation d'une communauté par rapport à l'interface entre les zones urbaines et les zones sauvages, autrement dit avec la pénétration humaine dans les zones naturelles. Par conséquent, le pourcentage de surface au sol bitumée est un indicateur du risque d'inondation et de vulnérabilité à la chaleur. Ainsi, des zones climatiques similaires,

1 Cf. détail des catégories : Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). *Carte mondiale de la classification Köppen-Geiger mise à jour. Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130.

2 Seager, R., Feldman, J., Lis, N., Ting, M., Williams, A. P., Nakamura, J., Liu, H., & Henderson, N. (2018). *Whither the 100th Meridian? The Once and Future Physical and Human Geography of America's Arid–Humid Divide. Part II: The Meridian Moves East. Earth Interactions, 22*(5), 1-24. https://doi.org/10.1175/ei-d-17-0012.1.

3 Ces cartes, fondées sur la température minimale annuelle moyenne d'un lieu donné, étudient les cultures qui peuvent passer l'hiver dans différentes régions. Elles aident les agriculteurs à identifier les plantes vivaces les plus susceptibles de prospérer dans un lieu donné.

partageant certains risques face au changement climatique, seront exposées très différemment en fonction de leur situation géographique et de l'environnement bâti.

Les effets du changement climatique selon les régions

Le changement climatique provoque déjà des dégâts considérables en termes de santé publique, et ces effets ne feront que s'aggraver au cours des prochaines décennies. Il se manifeste principalement par des événements extrêmes : vagues de chaleur, incendies, tempêtes violentes et inondations. Ces événements provoquent des effets directs et indirects sur la santé, notamment par le déplacement de populations, les conflits liés aux ressources et les problèmes de santé mentale. Le changement climatique affecte tout le monde, mais ses effets diffèrent selon les régions, tant par leur nature que par leur ampleur. Des exemples de ces impacts disparates à travers le monde sont illustrés dans ***l'illustration 2***, tandis que les impacts spécifiques au sous-continent européen sont présentés dans ***l'illustration 3***.

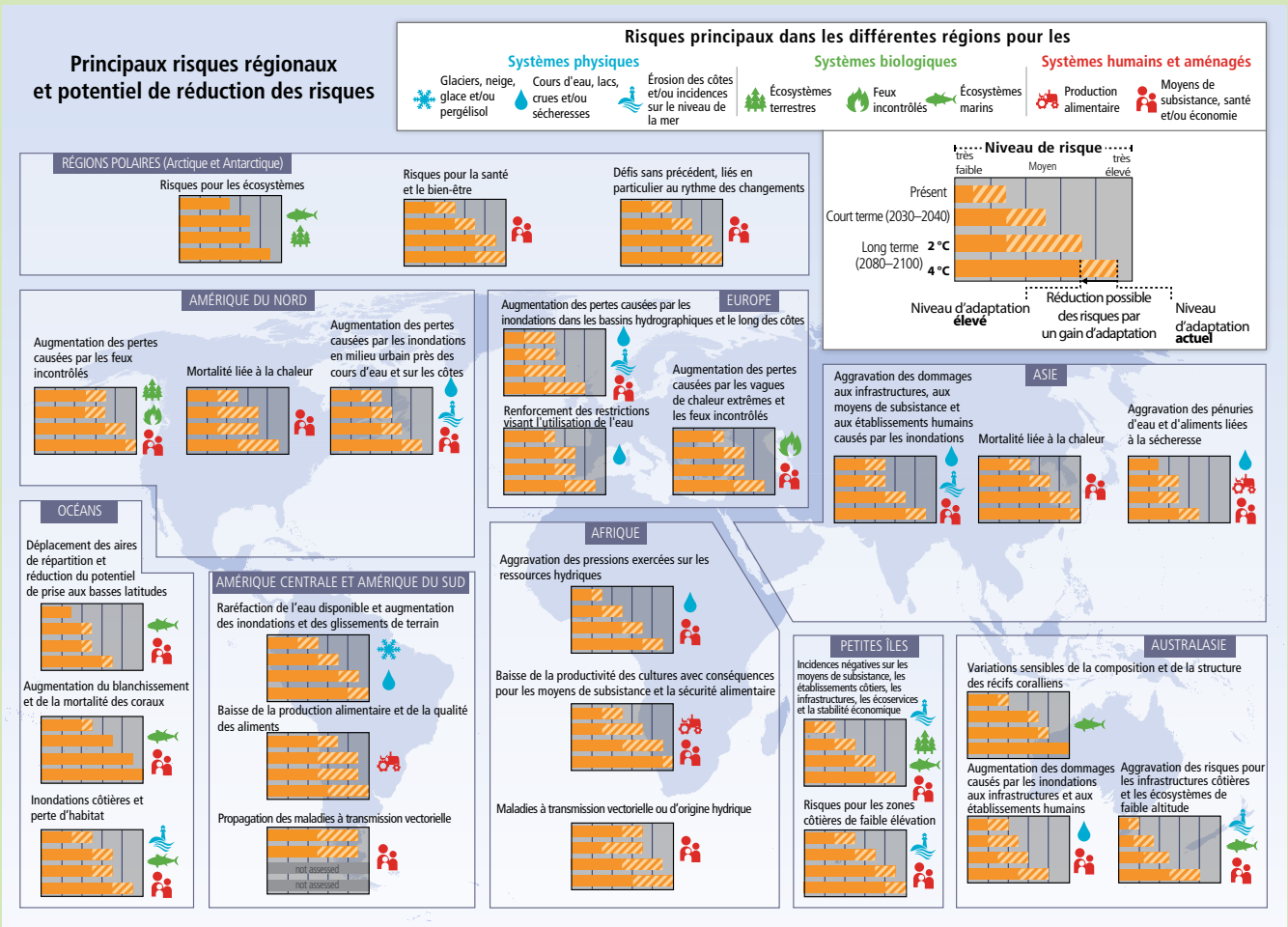
- *Chaleur :* L'effet le plus immédiat du changement climatique est la chaleur. Les températures moyennes augmentent à l'échelle mondiale et les épisodes de chaleur extrême se multiplient. De 2000 à 2019, il y a eu environ 489 000 décès par an qui lui étaient liés, dont 45 % en Asie et 36 % en Europe[4]. En outre, 60 % des épisodes mondiaux de températures dangereuses pour la santé ont deux fois plus de chance de survenir en raison du changement climatique induit par les activités d'origine humaine[5]. Certaines régions du globe, principalement en Asie du Sud et dans le golfe Persique, connaissent déjà des températures supérieures au « seuil de chaleur non compensable »[6], au moins une fois par décennie. Les zones à risque devraient s'étendre, et englober jusqu'à 25 % de la planète avec un réchauffement de 2,0°C.
- *Evènements climatiques extrêmes et dégâts côtiers :* La chaleur accrue provoque des turbulences dans l'atmosphère terrestre. Cette énergie peut entraîner des fluctuations météorologiques spectaculaires, notamment des tempêtes plus violentes. L'élévation du niveau des mers entraînera l'inondation des zones côtières de faible altitude, la destruction des zones humides côtières et des mangroves,

4 World Health Organization: WHO. (2024, May 28). *Heat and health. [Chaleur et santé.]* https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health.

5 Lancet Countdown. (2023, novembre 15). *Heat-related mortality. [Mortalité liée à la chaleur.]* https://www.lancetcountdown.org/data-platform/health-hazards-exposures-and-impacts/1-1-health-and-heat/1-1-5-heat-and-sentiment.

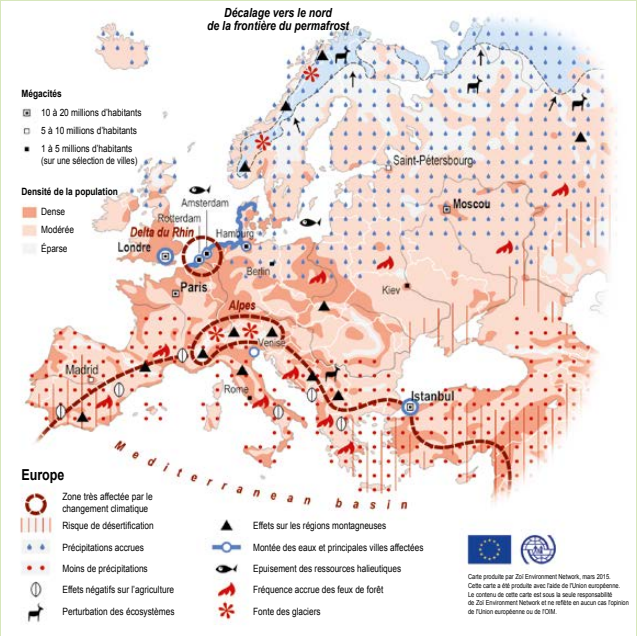
6 Ce seuil se calcule en combinant un niveau de température et d'humidité qui devraient entraîner la mort au bout de six heures d'exposition non atténuée.

Illustration 2 : Risques relatifs au changement climatique par région du monde



Source : 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.* [Principaux rédacteurs R.K. Pachauri et L.A. Meyer (éds.)] IPCC, Genève, Suisse, 151 pp.

Illustration 3 : Changement climatique à travers le continent européen



Source : OIM, Organisation mondiale pour les Migrations, Nations Unies. https://environmentalmigration.iom.int/resources/europe-and-africa.

ainsi que l'érosion des falaises côtières, en particulier lors des grandes marées et des tempêtes. Les cyclones tropicaux pourraient, quant à eux, gagner en intensité en raison du réchauffement des océans. Taiwan, le Japon, les Philippines, le sud-est de la Chine, le sud de l'Inde, le Mexique, les Caraïbes, le sud-est des États-Unis et le nord-ouest de l'Australie, déjà vulnérables à ces événements, sont d'autant plus exposés aux tempêtes.

- *Incendies de forêt :* Le réchauffement climatique exerce un stress majeur sur de nombreuses essences d'arbres. Il fait désormais trop chaud et trop humide ou trop sec par rapport au climat auquel les forêts actuelles sont adaptées. Or, un arbre en état de stress est plus sensible aux infestations fongiques et aux parasites. Soumis à la pression combinée de la chaleur, de la sécheresse et des parasites, de nombreux arbres succombent. En revanche, les végétaux propices à la propagation des feux (herbes et arbustes) se développent. Ces conditions alimentent les incendies dans des régions aussi distantes que l'Australie, l'Indonésie ou le Canada.
- *Stress hydrique :* Aujourd'hui, 2,4 milliards de personnes vivent dans des pays soumis au stress hydrique[7]. Dans certaines régions d'Asie centrale et méridionale et d'Afrique du Nord, il est déjà critique. Au cours des prochaines années, 1,8 milliards de personnes pourraient être confrontés à une grave pénurie d'eau, et les deux tiers de la population mondiale devraient se trouver dans des pays soumis au stress hydrique. La sécheresse peut entraîner la malnutrition et la déshydratation, ce qui peut altérer la réponse immunitaire et accroître la vulnérabilité aux infections.
- *Inondations :* Les inondations favorisent la propagation des maladies transmises par l'eau comme le choléra et peuvent causer des blessures directes et des décès. Au moins 15 % des décès liés aux catastrophes naturelles sont dues aux inondations, auxquelles les personnes âgées et handicapées, qui ont plus de difficulté à évacuer avant une tempête, sont particulièrement exposées. Enfin, les tests effectués après les inondations en Louisiane et au Texas ont révélé la présence de produits pétroliers toxiques, de métaux lourds et de pesticides dans les sédiments laissés dans les quartiers inondés.
- *Insécurité alimentaire :* En 2020, près d'une personne sur trois dans le monde n'avait pas accès à une alimentation adéquate et 40 % de la population était confrontée à une insécurité alimentaire sévère[8], dont la moitié en Asie, un tiers en Afrique et 11 % en Amérique latine et dans les Caraïbes. Une étude récente[9] basée sur les données de 83 pays révèle qu'une hausse de 1°C de la température moyenne locale au fil du temps entraîne une hausse de 1,6 % de l'insécurité alimentaire modérée à sévère.
- *Migrations :* Le changement climatique devrait entraîner les plus grands déplacements de l'histoire de l'humanité. Les estimations varient, mais selon toute probabilité, environ 200 millions de personnes vivant dans des régions exposées au changement climatique seront forcées de migrer d'ici 2050[10]. Un cercle vicieux peut alors émerger : quand les besoins alimentaires et d'autres besoins fondamentaux ne sont pas satisfaits, les populations migrent, et ces déplacements entraînent de nouveaux problèmes (logement, pauvreté) qui amplifient encore la famine. Les migrations exercent également une forte pression sur les zones d'accueil, qui peut générer une instabilité politique et des conflits.
- *Inégalités :* Le changement climatique amplifie les disparités existantes, conduisant ceux qui contribuent le moins aux émissions de gaz à effet de serre (GES) à souffrir les premiers et le plus durement de ses effets néfastes sur la santé. Ces populations sont plus exposées en raison de différentes privations et injustices telles que le racisme et le colonialisme. Ainsi, les pays qui émettent le plus de GES par habitant (c'est-à-dire les plus gros consommateurs), notamment les États-Unis, le Canada, l'Australie et la Russie, affichent les plus faibles taux de mortalité due au changement climatique. La proportion s'inverse dans les pays d'Amérique du Sud et d'Afrique, qui affichent pourtant les plus faibles taux de GES par habitant.

> *« Désormais, 60 % des épisodes de chaleur dangereux pour la santé ont deux fois plus de chance de survenir en raison du changement climatique induit par les activités d'origine humaine. »*

7 Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. (s. d.). *Nations retirant plus de 25 % de leurs ressources en eau douce renouvelable pour répondre à la demande en eau* (Water Scarcity) | Land & Water. https://www.fao.org/land-water/water/water-scarcity/en/.

8 FAO, FIDA, UNICEF, PAM et OMS. (2021). *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. https://doi.org/10.4060/cb4474en.

9 Dasgupta, S. et Robinson, E. J. Z. (2022). *Attributing changes in food insecurity to a changing climate.* Scientific Reports, 12(1). https://doi.org/10.1038/s41598-022-08696-x.

10 Organisation internationale pour les migrations. (2023, octobre 9). *Seconde session du dialogue international sur la migration, 2023 – Pensons à demain, agissons aujourd'hui : le futur de la mobilité urbaine dans le contexte du changement climatique.* https://www.iom.int/fr/seconde-session-du-dialogue-international-sur-la-migration-2023.

ÉTUDES DE CAS GÉOGRAPHIQUES

Prolifération d'algues nuisibles en Alaska

L'intoxication paralysante par les mollusques (PSP) est un syndrome aigu dont les manifestations peuvent être légères (picotements autour des lèvres), modérées (paralysie temporaire des membres) ou graves (paralysie des poumons entraînant la mort). La PSP est causée par une efflorescence nuisible qui se produit dans le monde entier, dans les eaux tempérées et qui s'aggrave à mesure que les mers se réchauffent. Les mollusques et crustacés étant des animaux filtreurs, ils accumulent les toxines et peuvent empoisonner les animaux et les humains qui les consomment. Le problème est très préoccupant pour les communautés autochtones d'Alaska, qui dépendent d'aliments traditionnels tels que les palourdes et qui ont récemment été victimes d'épidémies de PSP.

Face à cette menace grandissante, les communautés autochtones du golfe de l'Alaska se sont unies pour accélérer la recherche scientifique sur ce sujet. Le Southeast Alaska Tribal Ocean Research Consortium (SEATOR) coordonne les efforts déployés pour surveiller les risques liés aux toxines. Le Sitka Tribe of Alaska Environmental Research Lab fournit des services d'analyse des toxines au programme de surveillance, mais aussi aux membres de la communauté qui souhaitent faire analyser leurs coquillages.

Au niveau mondial, la Commission océanographique intergouvernementale (COI) dispose d'un programme sur la prolifération des algues nuisibles. Celui-ci coordonne le partage des connaissances scientifiques à l'échelle mondiale afin de renforcer la résilience des communautés (en développant des solutions telles que des systèmes d'alerte précoce). Ces algues sont naturelles, mais leur prolifération dépend des nutriments et de la température. En se décomposant, elles entraînent un appauvrissement en oxygène, qui entraîne une mortalité massive des poissons. D'autres algues produisent des toxines qui peuvent tuer les poissons, les oiseaux et les mammifères marins, et nuire à l'homme. Ces proliférations affectent les zones côtières et les nations insulaires du monde entier ***(Illustration n°4)***.

Illustration 4 : **Prolifération d'algues nuisibles dans le monde**

Source : IOC-UNESCO Système d'information sur les algues nuisibles, https://data.hais.ioc-unesco.org/.

Disparition des glaciers et raréfaction de l'eau au Pérou

La Cordillère Blanche possède la plus grande surface de glaciers sous les tropiques. Or, cette chaîne de montagnes a perdu près de la moitié de sa surface glaciaire depuis le début du XX^{ème} siècle. Des inondations catastrophiques imprévisibles, causées par la fonte et la rupture des barrages de glace qui retiennent les quelque 900 lacs glaciaires de la région, ont causé des dégâts considérables, ainsi que des pertes de bétail et de vies humaines. Plus inquiétant encore, le pic de débit de la fonte des glaciers est déjà passé. Cela signifie que le débit des cours d'eau alimentés par les glaciers va diminuer, menaçant la disponibilité d'eau douce pour l'agriculture, l'élevage et l'eau potable.

Au Pérou, les populations se sont déplacées depuis les régions montagneuses intérieures et la jungle vers la côte, où vit déjà 70 % de la population. Ces migrants se retrouvent en périphérie de Lima, la capitale, dans un immense bidonville. Celui-ci compte 1,3 million d'habitants sans eau, ni assainissement, ni électricité. Les habitants dépendent de camions-citernes qui livrent sporadiquement de l'eau, souvent contaminée et qu'ils ne peuvent acheter qu'en petite quantité. Cette eau a déjà provoqué des épidémies de choléra, de dysenterie, d'hépatite, de fièvre typhoïde et de maladies diarrhéiques. Et souvent, l'eau manque pour la préparation des aliments ou l'hygiène.

Sur les côtes de l'Amérique du Sud, des habitants collectent l'eau du brouillard côtier, une pratique ancienne utilisée par les Incas. Ils utilisent aujourd'hui des « attrape-brouillard » en mailles de nylon, de propylène ou de polyéthylène, des matériaux peu coûteux, qui capturent les gouttelettes de brouillard et recueillent l'eau dans un réservoir en vue de la filtrer. En fonction de l'emplacement et des conditions météorologiques, ces capteurs peuvent être très efficaces et recueillir environ 20 litres d'eau douce par mètre carré de tissu et par jour. Aujourd'hui, plus de 2000 attrape-brouillard ont été installés au Pérou par l'ONG *El Movimiento Peruanos sin Agua*[11] .

Élévation du niveau de la mer et salinité de l'eau potable au Bangladesh

Une grande partie de la population mondiale vit près des océans, où le changement climatique menace l'approvisionnement en eau. Les tempêtes provoquent des inondations qui affectent les eaux de surface et souterraines. Dans les aquifères côtiers non consolidés, l'intrusion de l'eau de mer dans les ressources en eau potable est un problème majeur, en particulier en cas de pompage excessif des puits d'eau souterraine. La subsidence côtière peut s'associer à l'intrusion d'eau salée, augmentant considérablement la salinité des réserves d'eau souterraine.

La consommation de sel, un facteur majeur de risque pour l'hypertension, pourrait représenter une dimension importante des dommages cardiovasculaires liés au changement climatique. Le gouvernement du Bangladesh et l'UNICEF ont tenté de limiter l'augmentation de la salinité de l'eau potable en introduisant, sur la côte sud-ouest du pays, un rechargement des aquifères dans certaines communautés. Le résultat de l'expérience est mitigé, et illustre les limites des solutions techniques. Certes, l'eau fournie était moins salée que les eaux souterraines non traitées, mais certains participants

11 Le mouvement des « Péruviens sans eau ».

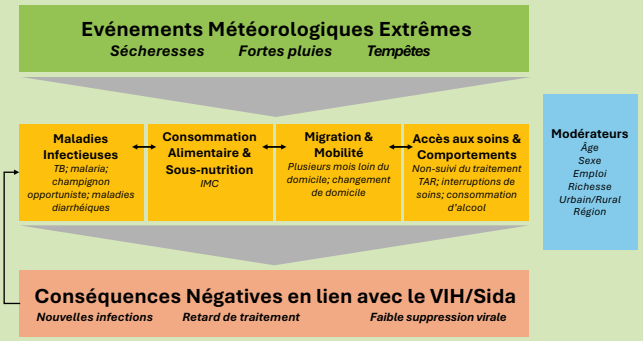
indiquent que l'eau qu'ils consommaient auparavant était plus fraîche (eau de pluie et eau d'étang) que l'alternative fournie. Cette dernière, toutefois, était également plus vulnérable aux inondations de surface.

Sécheresse, insécurité alimentaire et VIH au Kenya

Dans le contexte du changement climatique, le Kenya souffre de plus en plus d'une alternance entre sécheresse et pluies diluviennes. Cette situation est particulièrement problématique dans les comtés de la région de Nyanza au bord du lac Victoria, dans l'ouest du Kenya, qui affichent également la plus forte prévalence du VIH/sida dans le pays et représentaient près de la moitié des cas de VIH à l'échelle nationale en 2018[12]. L'incertitude de ces précipitations est d'autant plus préoccupante que la région dépend de l'agriculture, ayant peu d'autres alternatives génératrices de revenus. Il a été constaté que la sécheresse et les pluies diluviennes au Kenya avaient quatre effets sur la santé en lien avec le VIH : incidence accrue des maladies infectieuses, insécurité alimentaire/dénutrition, migration et mobilité, altération de l'accès aux soins de santé et des comportements ***(Illustration 5)***.

« La sécheresse et les pluies diluviennes au Kenya ont quatre effets sur la santé en lien avec le VIH: incidence accrue des maladies infectieuses, insécurité alimentaire/dénutrition, migration et mobilité, altération de l'accès aux soins de santé et des comportements. »

Illustration 5 : **Liens entre événements climatiques extrêmes et VIH/SIDA**



Source : Lieber M., Chin-Hong P., Whittle H.J., Hogg R., Weiser SD. *The Synergistic Relationship Between Climate Change and the HIV/AIDS Epidemic: A Conceptual Framework.* AIDS Behav. 25 juillet 2021 (7):2266-2277. doi: 10.1007/s10461-020-03155-y.

- *Augmentation de la prévalence des maladies infectieuses :* Pendant les inondations, les personnes vivant avec le VIH ont signalé une augmentation des infections causées par la fraîcheur et l'humidité. Elles ont également observé une hausse des épidémies de diarrhée due aux eaux de crue contaminées, ainsi qu'une augmentation des cas de paludisme en raison des eaux stagnantes, que ce soit pendant les inondations ou les périodes de sécheresse.
- *Sous-nutrition :* Les inondations et les sécheresses extrêmes aggravent l'insécurité alimentaire et la qualité des régimes alimentaires. Ce sont aussi des facteurs de perte de poids dans tous les groupes d'âge et de retard de croissance chez les enfants.
- *Migration et mobilité :* Les migrations ont un effet négatif sur les personnes atteintes du VIH, qui ont moins accès aux soins et plus de difficultés à suivre leurs traitements. Or, au Kenya, les inondations ont fortement contribué aux migrations en raison de la destruction des récoltes, des habitations et des infrastructures.
- *Soins de santé :* Les participants ont indiqué que les dégâts causés aux infrastructures (comme les routes) par les tempêtes et les inondations avaient limité leur accès aux installations médicales, ce qui a perturbé la prise de leur traitement et eu des effets négatifs sur leur santé.

L'agriculture régénératrice adaptée au climat est une piste intéressante pour améliorer durablement les revenus des ménages et la santé des personnes atteintes du VIH au Kenya. Nous avons mené une opération dans 16 établissements de santé de la région de Nyanza, comprenant un prêt pour l'achat d'outils agricoles, une pompe à eau à motricité humaine, des semences et des engrais, ainsi qu'une formation à la gestion financière et aux pratiques agricoles durables. Parmi les 700 participants vivant avec le VIH, l'étude a révélé des améliorations de la sécurité alimentaire des ménages, de l'autonomisation des femmes, de la santé mentale et physique et du soutien social. Les chercheurs ont également constaté une diminution de la violence entre partenaires et de la stigmatisation associée au VIH. Chez les adolescents vivant dans les ménages, on a constaté une amélioration de la nutrition et de la santé reproductive et sexuelle, tandis que les enfants de moins de cinq ans ont vu leur croissance et leur développement s'améliorer.

CONCLUSION

Les interactions complexes entre les différentes régions climatiques, la topographie, les facteurs géographiques locaux, l'environnement bâti et les facteurs économiques et sociaux se traduisent par des menaces climatiques, des vulnérabilités et des solutions différentes de part et d'autre de la planète. Les succès obtenus dans une région peuvent être transposés dans d'autres régions confrontées à des menaces climatiques similaires. Bien que les solutions techniques permettent de faire face à certaines menaces dans certaines régions pendant un certain temps, elles présentent également un risque d'échec catastrophique. En revanche, les solutions qui s'appuient sur les pratiques locales, renforcent les traditions et apportent des avantages économiques pouvant améliorer la santé et la résilience. Le changement climatique étant un accélérateur de menaces, il tend à exacerber les inégalités sociales et économiques existantes. Ainsi, les efforts déployés pour lutter contre le changement climatique doivent aussi améliorer l'équité et la santé.

12 National Aids Control Council, & Tum, P. K. (2018). *Kenya HIV Estimates Report 2018.* https://nsdcc.go.ke/wp-content/uploads/2018/11/HIV-estimates-report-Kenya-20182.pdf.

Le corps humain peut-il supporter la chaleur extrême dans un climat en pleine évolution ?

Pieter Vancamp
Neurobiologiste et spécialiste de la physiologie humaine,
affilié à l'Institut national français de la recherche agronomique (INRAE)

Pieter Vancamp est neurobiologiste et spécialiste de la physiologie humaine, affilié à l'Institut national français de la recherche agronomique (INRAE). Titulaire d'un doctorat obtenu en 2018 à l'Université catholique de Leuven, il mène des recherches scientifiques dans trois laboratoires internationaux. En 2023, il a reçu le prix de la Société de neuroendocrinologie française, décerné chaque année à un jeune chercheur. En plus de ses travaux académiques, Pieter Vancamp contribue à de nombreux articles auprès d'un lectorat varié, principalement pour sensibiliser et informer le grand public sur les effets de la chaleur sur le corps humain.

La canicule de l'été 2022 a fait 61 000 victimes en Europe[1], ce qui montre la vulnérabilité du corps humain face à la chaleur extrême. Devant cette tragédie, une question se pose : comment le corps humain résiste-t-il quand le mercure atteint les 40°C en période estivale ? Sur quel arsenal de défense notre corps peut-il compter pour braver des conditions aussi extrêmes ? Découvrons ici l'incroyable physiologie du corps humain, capable d'assurer notre survie face aux aléas imprévisibles des températures, par une véritable prouesse de la nature.

Néanmoins, les systèmes de défense les plus perfectionnés ont aussi leurs limites. À quel moment cette mécanique bien orchestrée commence-t-elle à s'enrayer ? Comment la chaleur torride nous fait-elle passer d'un léger inconfort à une menace mortelle ? Dans le contexte du changement climatique, ces questions se posent avec une acuité sans précédent. Avec des records de température et des vagues de chaleur à la fois plus fréquentes et plus intenses, il est crucial de se demander si nos organismes pourront supporter cette marche inexorable vers un monde plus chaud. Comment anticiper au mieux pour nous protéger et protéger nos pairs ?

INTRODUCTION

Le changement climatique est une réalité aussi brutale qu'indéniable. La hausse des températures mondiales de « seulement » 1,5°C a déjà entraîné des changements significatifs, notamment des vagues de chaleur intenses qui ont frappé les principaux pays européens ces dernières années. En France, par exemple, sur les 47 vagues de chaleur enregistrées depuis 1947, 22 se sont produites depuis 2010.

Ces événements montrent l'effet des chaleurs extrêmes sur la santé humaine. La canicule qui a balayé l'Europe en 2003, et entraîné plus de 70 000 décès, reste gravée dans les mémoires[2]. Selon une analyse menée à l'échelle mondiale, la chaleur est responsable de 37 % des décès survenus entre 1991 et 2018[3]. Et les prévisions laissent entrevoir des vagues de chaleur encore plus intenses, ainsi qu'une augmentation des maladies et de la mortalité liées à la chaleur, surtout si les températures mondiales dépassent le seuil de +2°C.

Au-delà des décès, l'exposition à la chaleur affecte tout le monde. Les symptômes de la détresse thermique sont variables, d'un léger inconfort à des pathologies graves. Comment le corps humain supporte-t-il la chaleur extrême ? Découvrons les mécanismes par lesquels notre corps lutte contre les fortes chaleurs, et à quel moment des complications surviennent.

1 Ballester, J.,et al. (2023). *Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. [Mortalité liée à la chaleur en Europe au cours de l'été 2022.]* Nature Medicine, 29(7), 1249-1259. https://doi.org/10.1038/s41591-023-02419-z.

2 Robine, J. M., et al. (2008). *Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. [Plus de 70 000 morts en Europe durant l'été 2003.]* Comptes Rendus Biologies, 331(2), 171–178. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2007.12.001.

3 Vicedo-Cabrera, A. M., et al. (2021). *The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. [Le poids de la mortalité liée à la chaleur attribuable au changement climatique récent induit par l'homme.]* Nature Climate Change, 11(6), 492-500. https://doi.org/10.1038/s41558-021-01058-x.

LA TEMPÉRATURE IDÉALE

Le corps humain est un véritable chef-d'œuvre de la nature. Des milliards de cellules y travaillent en harmonie, sans relâche, pour nous permettre de traverser chaque journée sans encombre et de nous concentrer sur les tâches les plus importantes. Toutefois, cette chorégraphie complexe dépend des conditions optimales de fonctionnement des cellules et de leurs enzymes. L'un des paramètres essentiels à notre bien-être mental et physique, qui est fondamental pour notre survie, est une température corporelle de 36,8°C précisément. Il n'y a pas de marge d'erreur. Il suffit de voir l'inconfort que l'on ressent lorsque notre température corporelle augmente d'un ou deux degrés, lorsque notre corps lutte contre un virus ou une bactérie indésirable.

Et pourtant, cette augmentation n'est autre que la fièvre, orchestrée par le corps, pour notre bien. En revanche, des périodes prolongées de chaleur extrême ou d'activité physique intense pourraient aussi faire augmenter la température corporelle, mais de manière incontrôlable, au-delà des niveaux tolérables pour les cellules, menaçant ainsi le bon fonctionnement des organes vitaux. Par exemple, si notre température corporelle dépassait les 43°C environ, nous pourrions mourir en quelques minutes, en raison de l'incinération des cellules et des protéines à l'échelle microscopique.

Heureusement, des millions d'année d'évolution ont permis à nos corps de développer des mécanismes de défense perfectionnés pour stabiliser leur température corporelle, quelles que soient les conditions extérieures. Cette capacité inhérente, connue sous le nom de « thermorégulation »[4], est indispensable à notre survie au quotidien et constitue notre armure physiologique contre les vagues de chaleur intenses.

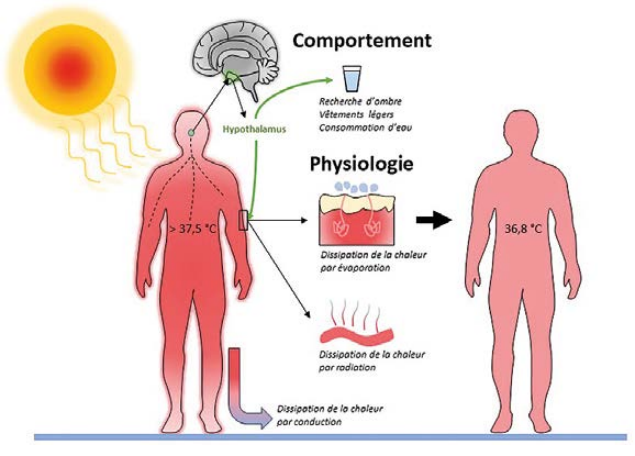
NOTRE CORPS RÉAGIT À LA CHALEUR – LE FRONT QUI TRANSPIRE ET LES JOUES ROUGES

Le principal mécanisme du rafraîchissement est la transpiration. Quand la température corporelle augmente, l'hypothalamus entre en action. Ce centre du cerveau qui supervise les fonctions vitales du corps contrôle l'activation de 2 à 4 millions de glandes sudoripares réparties sur l'ensemble de la peau, pour produire cette substance salée que nous connaissons. À mesure que la transpiration s'évapore, elle absorbe la chaleur de la peau et contribue ainsi au refroidissement du corps. La dissipation de la chaleur par la peau, qui couvre une surface d'environ deux mètres carrés, est le principal moyen de conserver notre température corporelle au point d'équilibre de 36.8°C. Toutefois, transpirer abondamment entraîne une perte importante de fluides, jusqu'à un litre par heure. Cela se traduit typiquement par la transpiration du front et des aisselles, les parties du corps où les glandes sudoripares sont présentes en abondance.

« L'un des paramètres essentiels à notre bien être mental et physique, qui est fondamental pour notre survie, est une température corporelle de 36,8°C précisément. »

La perte de liquide déclenche également une réaction des reins, dont l'objectif principal est de réduire les pertes d'eau. Dans cette situation, l'hypothalamus envoie une hormone spéciale appelée *hormone antidiurétique*, qui incite les reins à récupérer l'eau dans l'urine. L'urine devient alors plus concentrée et passe du jaune clair au jaune foncé : un avertisseur signifiant que le corps a besoin d'une recharge en eau. La consommation d'alcool, qui inhibe la production de cette hormone, aggrave la perte de liquide en cas de chaleur. Il est donc conseillé de ne pas boire trop d'alcool aux heures les plus chaudes de la journée.

Illustration 1 : Principaux mécanismes par lesquels le corps humain maintient sa température corporelle à 36,8°C quand il est exposé à une chaleur intense



Source : Pieter Vancamp.

La transpiration s'accompagne d'une vasodilatation : les vaisseaux sanguins situés à proximité de la surface de la peau se dilatent. Cela facilite le dégagement de chaleur dans le milieu ambiant, par le biais du rayonnement. Autre signe de cette lutte pour maintenir l'intérieur de notre corps à la température magique de 36,8°C : les joues rouges et le front qui transpire. Certaines hormones, comme l'adrénaline, libérée par la nervosité, dilatent également les vaisseaux sanguins et donnent des joues rouges. Enfin, une respiration rapide et moins profonde permet d'échanger de la chaleur contre de l'air extérieur plus frais.

Enfin, notre cerveau nous incite, souvent inconsciemment, à contribuer au refroidissement du corps et à limiter l'exposition à la chaleur. La perte de liquide déclenche un réflexe comportemental consistant à boire davantage. Autre mesure d'adaptation : rechercher l'ombre et porter des vêtements légers. Les molécules produites aux extrémités de notre corps en cas de fortes chaleurs circulent dans le sang et envoient des messages à l'hypothalamus, signalant qu'il faudrait limiter les efforts physiques intenses. D'où cette sensation de fatigue générale quand il fait chaud. Prendre une douche tiède ou s'allonger sur une surface froide, des

4 Cramer, M. N., et al. (2022). *Human temperature regulation under heat stress in health, disease, and injury. [Régulation de la température humaine en cas de stress thermique dans la santé, la maladie et les blessures.]* Physiological Reviews, 102(4), 1907-1989. https://doi.org/10.1152/physrev.00047.2021.

comportements observés chez les animaux, sont aussi des moyens d'évacuer efficacement la chaleur. Enfin, la technologie moderne nous offre une aide bienvenue : la climatisation. En accélérant l'évaporation de la transpiration, elle améliore notre confort.

LES LIMITES DU CORPS FACE À LA CHALEUR

En cas de fortes chaleurs, ces mécanismes physiologiques très efficaces (qui nous permettent de supporter pratiquement tous les climats et de vivre n'importe où sur la planète) peuvent être dépassés, ou perdre leur efficacité, lorsque l'exposition est trop longue ou trop intense. En cas de chaleur extrême, la résistance du corps est mise à rude épreuve et deux organes vitaux sont particulièrement sollicités : le cœur et le cerveau.

La demande de transpiration en vue de refroidir le corps peut dépasser sa capacité à la produire ou à l'évaporer efficacement. La perte de liquides et de sels minéraux entraîne une déshydratation et des déséquilibres électrolytiques, ce qui peut provoquer des crampes musculaires douloureuses. La perte de liquide, combinée à une dilatation prolongée des vaisseaux sanguins, entraîne une chute de la pression artérielle et compromet la circulation du sang vers les organes vitaux. Cette perte incite le cœur à intensifier ses efforts, en battant plus vite et plus fort pour maintenir la circulation. Mais comme le cœur ne peut travailler qu'avec les ressources dont il dispose, si les niveaux de liquide ne reviennent pas à la normale, la tension exercée sur le cœur peut s'aggraver et son fonctionnement se détériorer.

« Dans une étude menée en 2016, des chercheurs ont constaté que de jeunes étudiants en bonne santé étaient plus de 10% plus lents et moins précis lors de tests cognitifs dans un bâtiment chaud pendant une canicule. »

Ainsi, l'apport d'oxygène au cerveau se réduit, ce qui se traduit par divers symptômes : vertiges, faiblesses, évanouissements, troubles cognitifs... Toutefois, même sans atteindre la zone dangereuse, la chaleur peut avoir des effets négatifs sur nos performances mentales. Une exposition prolongée à une chaleur même modérée nous rend moins efficaces et fait augmenter le taux d'erreurs. Dans une étude menée en 2016, des chercheurs ont constaté que de jeunes étudiants en bonne santé étaient plus de 10% plus lents et moins précis lors de tests cognitifs dans un bâtiment chaud pendant une canicule[5]. En effet, les cellules nerveuses, c'est à dire les cellules du cerveau qui nous aident à penser et à agir, consomment d'énormes quantités d'énergie et d'oxygène. Quand il fait trop chaud, ces cellules ont des difficultés à réguler cette dépense énergétique. Elles envoient alors des signaux erronés aux cellules voisines, ce qui perturbe la communication avec notre corps.

Des manifestations neurologiques plus graves, telles que la confusion et l'évanouissement, avec une accélération du rythme cardiaque, l'urine foncée, les joues rouges et la transpiration, sont des indicateurs caractéristiques de l'épuisement par la chaleur. Un état qui accroît le risque de maladies liées à la chaleur et le signe avant-coureur d'une situation plus grave si l'on n'intervient pas.

Car les choses peuvent aller très vite. Face à quelqu'un qui souffre d'épuisement par la chaleur, il est impératif d'agir immédiatement. Il faut amener cette personne vers un endroit frais et ombragé, l'encourager à s'hydrater, à absorber des électrolytes (que l'on trouve souvent en abondance dans les boissons pour sportifs). Il faut faire baisser la température corporelle par différentes méthodes, avec de l'eau fraîche ou des poches de glace, en les plaçant au passage des gros vaisseaux sanguins, comme les aisselles et l'intérieur des jambes. Il faut surveiller attentivement l'éventuelle aggravation des symptômes, comme un changement de personnalité ou des vomissements. Sans intervention, la température du corps peut grimper, ce qui compromet le fonctionnement des organes vitaux. Dans les cas extrêmes, si les réservoirs de liquide sont vides, la personne finit généralement par ne plus transpirer, malgré la chaleur extrême.

Le corps atteint alors un point critique à partir duquel il ne peut plus supporter le stress, et les organes cessent de fonctionner les uns après les autres. Cette progression marque le début d'un coup de chaleur, qui exige une attention médicale de toute urgence. Rien d'étonnant à ce que l'on constate, pendant les canicules, une hausse des admissions à l'hôpital pour des maladies liées à la chaleur. Par exemple, quand le mercure dépasse les 31°C, l'hôpital royal de Hobart en Australie constate que le risque relatif d'admission à l'hôpital est multiplié par trois (étude menée sur les années 2003-2010)[6] .

POURQUOI NOUS NE SOMMES PAS ÉGAUX FACE AUX FORTES CHALEURS

La chaleur peut mettre à rude épreuve la capacité innée de l'organisme à réguler la température, ce qui renforce les risques pour la santé. Mais nous n'avons pas tous la même sensibilité en la matière. Certains ne semblent pas affectés par la chaleur et seraient prêts à courir un marathon, tandis que d'autres peuvent à peine sortir de chez eux pour affronter le soleil brûlant. Tout dépend aussi du lieu où l'on se trouve : l'exposition au soleil et à la chaleur n'est pas la même dans le sud de l'Espagne ou sur la côte belge. Dès lors, qu'est-ce qui détermine la sensibilité d'un individu ?

5 Cedeño Laurent, J. G., Williams, A., Oulhote, Y., Zanobetti, A., Allen, J. G.,& Spengler, J. D. (2018). Reduced cognitive function during a heat wave among residents of non-air-conditioned buildings: An observational study of young adults in the summer of 2016. [Réduction des fonctions cognitives pendant une vague de chaleur chez les résidents de bâtiments non climatisés : Une étude d'observation de jeunes adultes durant l'été 2016.] *PLoS medicine*, 15(7), e1002605.

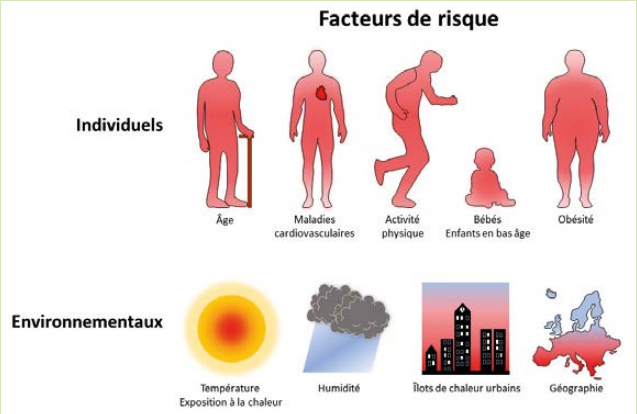
6 Watson, K. E., Gardiner, K. M., & Singleton, J. A. (2020). The impact of extreme heat events on hospital admissions to the Royal Hobart Hospital. [L'impact des épisodes de chaleur extrême sur les admissions à l'hôpital royal de Hobart.] *Journal of public health* (Oxford, England), 42(2), 333–339.

D'une manière générale, deux facteurs déterminent la tolérance d'une personne à la chaleur. Tout d'abord, les conditions environnementales : un taux d'humidité élevé, par exemple, entrave l'évaporation de la transpiration, qui est cruciale pour le refroidissement du corps. Des chercheurs canadiens ont mis au point en 1965 l'Humidex[7], un tableau qui donne une idée du ressenti en prenant en compte la température extérieure et le taux d'humidité. Par exemple, pour une température extérieure de 30°C et un taux d'humidité de 70 %, l'Humidex est à 41, qui correspond à l'indication « inconfort majeur, éviter les efforts ». D'après ce tableau, en conditions sèches (20 % d'humidité) le mercure peut monter jusqu'à 39°C avant que l'on atteigne un tel niveau d'inconfort.

« Selon les statistiques, plus de deux tiers des décès liés à la chaleur surviennent chez des personnes de plus de 65 ans. Et comme la population mondiale est vieillissante, les chercheurs estiment que cette proportion sera amenée à augmenter. »

Autre facteur environnemental important : vivre dans des zones urbaines dominées par le béton et l'asphalte, qu'on appelle *îlots de chaleur urbains*. La température reste élevée la nuit car les bâtiments et la chaussée conservent la chaleur et le corps n'a pas l'occasion d'évacuer la chaleur pendant la nuit, ce qui prolonge son exposition au stress thermique.

Illustration 2 : Facteurs individuels et environnementaux affectant notre tolérance à la chaleur



Source : Pieter Vancamp.

Les facteurs individuels jouent également un rôle crucial. L'âge, en particulier, est un facteur déterminant. Selon les statistiques, plus de deux tiers des décès liés à la chaleur surviennent chez des personnes de plus de 65 ans. Et comme la population mondiale est vieillissante, les chercheurs estiment que cette proportion sera amenée à augmenter[8]. Les enfants en bas âge et les nourrissons sont eux aussi vulnérables. Ils ont un point commun avec les personnes âgées : leur système de thermorégulation n'est pas aussi efficace que celui des adultes en bonne santé. Il faut leur rappeler de s'hydrater, car leurs fonctions cognitives, y compris la conscience de la soif, ne sont pas aussi réactives. Toutefois, quel que soit l'âge, personne n'est à l'abri du risque.

La mortalité liée à la chaleur est également plus élevée chez les femmes. Les données collectées pendant la canicule de 2022 en Europe montrent 56% de victimes en plus chez les femmes que chez les hommes, ce qui s'explique probablement par le décalage entre hommes et femmes parmi les personnes âgées.

Il est fortement déconseillé d'effectuer un travail physique ou une activité intenses pendant les heures les plus chaudes de la journée. En effet, ces activités peuvent multiplier par dix le métabolisme interne et entraîner une production excessive de chaleur, ce qui est particulièrement indésirable par temps chaud. Consciente de ce risque, l'Espagne a récemment modifié sa législation. Si l'institut météorologique national (AEMET) émet une alerte de fortes chaleurs, il est interdit d'effectuer des travaux physiques intenses l'après-midi[9].

En outre, les personnes souffrant de troubles cardiovasculaires, comme c'est souvent le cas des personnes âgées, sont particulièrement vulnérables. Elles ont une capacité réduite à compenser la perte de liquide, d'où une moindre résistance au stress thermique. Les personnes souffrant de maladies métaboliques, notamment l'obésité, courent aussi un risque accru d'exposition à la chaleur. L'augmentation de la masse corporelle accroît la capacité de stockage de la chaleur. En outre, la présence d'une plus grande quantité de tissu adipeux dans la peau agit comme un isolant, qui limite la dissipation de la chaleur dans l'environnement.

ANTICIPER CE QUI NOUS ATTEND

Il est certain que la chaleur peut mettre à rude épreuve les mécanismes naturels de thermorégulation de l'organisme, ce qui accroît les risques liés à la chaleur, en particulier chez les populations vulnérables – personnes âgées, nourrissons et personnes souffrant de problèmes de santé préexistants. Rien de surprenant, donc, à ce que les modélisations prévoient une hausse de la mortalité liée à la chaleur dans le monde entier en raison du réchauffement climatique[10]. Et dans certains cas, les comportements habituels ne suffisent plus, notamment rechercher l'ombre ou porter des vêtements légers. Dans les pays du Sud, particulièrement touchés, certaines régions deviendront inhabitables. D'après les modélisations climatiques fondées sur des données empiriques, avec une hausse de 2°C des températures mondiales par rapport aux niveaux préindustriels, des milliards d'habitants du Moyen-Orient, de l'Inde, de l'est de la Chine et de l'Afrique

7 Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST), *Indice humidex et le travail.*.

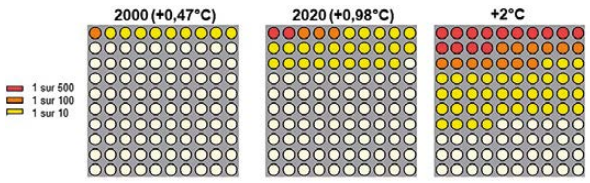
8 Falchetta, G., et al. (2024). Global projections of heat exposure of older adults [Projections mondiales de l'exposition à la chaleur des personnes âgées.] *Nature Communications*, 15(1), Article 47197. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47197-5.

9 20minutos. (2023, May 10). El Gobierno prohibirá este jueves trabajar al aire libre cuando haya olas de calor extremo. [Le gouvernement interdira le travail en extérieur pendant les vagues de chaleur extrême à partir de jeudi.] *20minutos*. https://www.20minutos.es.

10 Gasparrini, A., et al. (2017). Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. [Projections de la surmortalité liée à la température dans le cadre des scénarios de changement climatique.] *The Lancet Planetary Health*, 1(9), e360-e367. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30156-0.

subsaharienne se retrouveront dans des situations où la capacité humaine à tolérer la chaleur sera dépassée[11]. En Inde, le risque de vagues de chaleur extrême est déjà 30 fois plus élevé que par le passé. Et si l'on tient compte du facteur aggravant qu'est l'humidité, d'ici 2050, le pays devrait être l'un des premiers où les conditions météorologiques seront incompatibles avec la survie humaine. D'autant que les pays Européens ne sont pas en reste. En effet, selon certains rapports, si la tendance ne change pas, certaines régions du sud de l'Espagne continentale pourraient se transformer en déserts, avec des dégâts irréversibles pour les écosystèmes locaux[12].

Illustration 3 : Survenue d'épisodes de canicule dans le contexte du réchauffement climatique, projections pour Paris[13]



Source : Pieter Vancamp, d'après des données de Lüthi *et al.*, 2023 - *Nature Communications* – Une hausse rapide du risque de mortalité liée à la chaleur.

Les populations autochtones, plus adaptées aux climats chauds car elles y vivent depuis plusieurs générations, sont aussi de plus en plus vulnérables. En effet, la physiologie adaptative a ses limites, même pour les mieux équipés. Pour échapper aux risques météorologiques, les populations humaines, comme d'autres grands mammifères, migrent vers des régions plus fraîches, ce qui peut avoir des conséquences politiques. Par exemple, la multiplication des vagues de chaleur extrême, des ouragans, des sécheresses et des pertes de récoltes dans les pays d'Amérique latine poussent de plus en plus d'habitants à se rendre aux États-Unis[14]. Ainsi, pour atténuer les effets du changement climatique, nous devons aller plus loin que les mesures standards visant à réduire les émissions des gaz à effet de serre (GES). Nous devons prendre des mesures proactives au niveau international, afin d'anticiper et de protéger les populations dans les années à venir. Inutile de céder à la panique, les efforts collectifs peuvent porter leurs fruits, comme le démontre le passé, notamment en innovant et en mettant en œuvre des solutions visant à protéger nos communautés.

CONCLUSION

Ces dernières années, nous avons eu un avant-goût de l'effet des vagues de chaleur extrême sur la vie humaine. Selon les prévisions, ces événements vont se multiplier et s'intensifier en raison du changement climatique, ce qui constitue une menace importante pour la santé publique. Face à ces difficultés, il est essentiel de reconnaître la remarquable capacité d'adaptation du corps humain. Quand il n'est pas poussé au-delà de ses limites, il peut supporter des périodes prolongées de chaleur intense.

Il est important d'écouter les signaux physiologiques de notre corps (soif, rougeur, etc.). En tenant compte de ces signaux, nous pouvons prendre soin des plus vulnérables (personnes âgées, femmes enceintes, animaux domestiques, etc.). Nous pouvons aussi adopter des stratégies simples à titre personnel, par exemple programmer ses séances de course à pied le matin, quand il fait frais.

En attendant, seul un effort international concerté et coordonné permettra de freiner le réchauffement climatique et de réduire les risques qui en découlent. Les scientifiques et les autorités s'efforcent de sensibiliser le public et d'élaborer des plans de prévention pour se préparer aux défis à venir. Nous pouvons aussi nous appuyer sur notre expérience passée. Par exemple, depuis 2006, la France a mis en place des systèmes d'alerte pour être proactifs en cas de canicule[15]. Des mesures d'urbanisme peuvent aussi lutter contre les chaleurs extrêmes. Intégrer des espaces verts permet d'absorber la chaleur et installer des fontaines à eau – comme en vue des Jeux Olympiques de Paris – contribue à la thermorégulation du corps. Ces mesures simples mais efficaces viendront soutenir la physiologie humaine lors des futures vagues de chaleur, pour éviter des pertes de vie inutiles.

11 Vecellio, D. J., et al. (2023). Greatly enhanced risk to humans as a consequence of empirically determined lower moist heat stress tolerance. [Risque fortement accru pour l'homme en raison d'une tolérance plus faible au stress thermique humide déterminée de manière empirique.] *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(42), e2305427120. https://doi.org/10.1073/pnas.2305427120.

12 Guiot, J., & Cramer, W. (2016). Climate change: The 2015 Paris Agreement thresholds and Mediterranean basin ecosystems. [Changement climatique : Les seuils de l'accord de Paris de 2015 et les écosystèmes du bassin méditerranéen.] *Science*, 354(6311), 465-468. https://doi.org/10.1126/science.aah5015.

13 Ce schéma représente l'évolution attendue de l'occurrence des événements de chaleur extrême – en termes de mortalité – pour Paris, en 2000 et 2020 (avec des températures moyennes respectivement en hausse de +0,47 et +0,98°C par rapport à la période préindustrielle (1850-1899)) et la compare à une augmentation potentielle de +2°C des au-dessus de la moyenne préindustrielle (limite fixée par l'Accord de Paris de 2015). Les événements extrêmes liés à la chaleur qui se produisaient une fois tous les 500 ans en l'an 2000 se produiraient en moyenne 14 fois tous les 100 ans dans un monde plus chaud de +2°C.

14 Lakhani, N. (2021, November 1). "'So many have gone': Storms and drought drive Guatemalans to the US border." ['Tant de gens sont partis' : Les tempêtes et la sécheresse poussent les Guatémaltèques vers la frontière américaine.] *The Guardian*. https://www.theguardian.com/world/2021/nov/01/guatemala-storms-drought-climate-migrants.

15 Pascal, M., et al. (2006). France's heat health watch warning system [Le système français d'alerte à la chaleur pour la santé]. *International Journal of Biometeorology*, 50(3), 144–153. https://doi.org/10.1007/s00484-005-0003-x.

Dhaka Bangladesh 30 avril 2024,
40 degrés Celsius. Dans une telle situation, les conducteurs à risque
se reposent à l'ombre pour se soulager de la chaleur.

Comprendre, anticiper et gérer les risques sanitaires associés aux migrations climatiques

François Gemenne
Politologue et chercheur, spécialiste des politiques du climat et des migrations internationales, auteur principal du 6e rapport du GIEC

François Gemenne, spécialiste des politiques du climat et des migrations internationales, est professeur à HEC Paris où il dirige le master « Sustainability and Social Innovation ». Auteur principal du 6e rapport du GIEC et chercheur qualifié à l'Université de Liège, il y pilote notamment l'Observatoire Hugo, dédié à l'étude des mouvements de population à la suite des dégradations environnementales. Lauréat de la bourse Fulbright de l'Université de Princeton, François Gemenne est également l'auteur de plusieurs ouvrages dont « L'écologie n'est pas un consensus » (Fayard, 2022) ou « On a tous un ami noir » (Pluriel, 2022).

Dans cet entretien, François Gemenne aborde les défis spécifiques que rencontrent les déplacés climatiques, souvent différenciés à tort des déplacés économiques. Ces migrations résultent de catastrophes immédiates (tempêtes, inondations…) et de changements progressifs (hausse du niveau des mers, dégradation des sols…), qui accroissent la vulnérabilité de certaines régions. Les problèmes de santé, qu'ils soient physiques ou mentaux, sont omniprésents à chaque étape du parcours de ces réfugiés ; de la survenue d'une catastrophe à leur arrivée dans un pays d'accueil, et de surcroît quand les déplacés climatiques sont des femmes.

Construire des politiques d'adaptation et de gestion de ces nouveaux flux implique la prise en compte de facteurs subjectifs ; la perception des effets du changement climatique pèse souvent davantage dans le choix de partir que la réalité objective. La santé, associée à des facteurs *« push »* (qui poussent à partir – tels que l'apparition de nouvelles maladies) et des facteurs *« pull »* (qui attirent les déplacés vers certains endroits – par exemple l'accès aux soins), s'imbrique dans un ensemble complexe de facteurs motivant le départ. Face à ce constat, les Etats peuvent choisir d'envisager et organiser ces flux comme une « stratégie d'adaptation » plutôt que de les appréhender comme un « échec d'adaptation ». La migration peut en effet améliorer la santé et la sécurité des personnes déplacées, mais aussi plus largement celles des pays d'origine et d'accueil.

Comment décririez-vous le phénomène de migration climatique ? Quelle est la nature et l'ampleur des déplacements liés à ce phénomène ?

Le phénomène de migration climatique est un phénomène que l'on considère comme un risque futur, nous conduisant à négliger la réalité présente. Pourtant, l'ampleur des déplacements associés est importante : pour la seule année 2023, on compte plus de 26 millions de déplacements internes à la suite de catastrophes climatiques selon l'IDMC[1], un chiffre considérable qui dépasse le nombre de personnes fuyant les conflits et d'autres formes de violence. A ce chiffre, il est également nécessaire d'ajouter les personnes déplacées par des changements plus lents et progressifs, comme la hausse du niveau des mers ou la dégradation des sols. Or, ces déplacements échappent à tout comptage statistique.

Nous persistons pourtant à traiter le changement climatique et les phénomènes migratoires qu'il entraîne comme une menace éloignée, aussi bien dans le temps que dans l'espace. Or, une part importante des migrants économiques arrivant aujourd'hui en France sont des migrants climatiques : il s'agit souvent de personnes qui ne tiraient plus de revenus suffisants de l'agriculture dans leur pays d'origine, du fait des évolutions induites par le changement climatique. Les facteurs climatiques

1 Internal Displacement Monitoring Centre. (2023). Global report on internal displacement 2023 [Rapport global sur les déplacement internes]. IDMC. https://www.internal-displacement.org/global-report/grid2023.

et environnementaux se mêlent donc inévitablement aux facteurs économiques. Cette distinction que l'on opère entre les motifs économiques et climatiques est une perception occidentale, voire artificielle, car nos salaires et nos revenus dans les pays occidentaux ne dépendent pas des conditions environnementales et des aléas climatiques.

Trois régions du monde sont particulièrement exposées à ce phénomène. L'Asie du Sud Est, région la plus densément peuplée au monde, est également aujourd'hui la plus exposée aux risques climatiques. En Afrique subsaharienne, où plus de la moitié des familles dépendent de l'agriculture de subsistance, les effets du changement climatique entraînent un phénomène d'exode rural massif, les populations locales n'étant plus en mesure de dégager un revenu de leurs activités agricoles. Enfin, les petits Etats insulaires, bien que moins peuplés, sont exposés à un risque de submersion qui menace leur existence même.

Pourquoi les déplacés climatiques sont-ils un public particulièrement vulnérable en matière de santé ?

Le changement climatique a des répercussions profondes sur la santé des déplacés climatiques, et ceci à chaque étape de leur parcours. Dans leur pays d'origine, ses impacts sont dévastateurs : manque d'eau, dégradation des sols, destruction des infrastructures de santé... Ces facteurs, affectant directement la santé des populations, contraignent ces dernières à migrer. Puis, leur parcours migratoire est semé de difficultés d'ordre sanitaire. Les migrants doivent vivre dans des conditions précaires, avec un accès limité à l'eau, à la nourriture, aux soins de base ou à un abri salubre. Les camps de réfugiés en particulier accélèrent la propagation des maladies infectieuses en raison de conditions sanitaires dégradées, du manque d'accès aux soins et de la surpopulation. Enfin, de nombreux camps de réfugiés se situent dans des régions du monde déjà fortement impactées par le changement climatique : l'Iran par exemple est le premier pays d'accueil des migrants, pourtant il est l'un des pays avec le plus fort taux de stress hydrique, frappé par des années de sécheresse et une gestion désastreuse de l'eau. Le Bangladesh accueille plus de 900 000 réfugiés rohingyas, mais le pays, en raison du changement climatique, est davantage dévasté par les cyclones et inondations[2]. La période des moussons, avec ses pluies torrentielles, menace chaque année de balayer les camps de réfugiés en provoquant des inondations ou des glissements de terrain.

« Outre les risques physiques, la santé mentale des réfugiés climatiques reste un enjeu largement ignoré. Lors d'événements climatiques extrêmes, 25 % à 50 % des victimes souffrent de troubles psychologiques tels que la dépression ou le syndrome de stress post-traumatique. »

Outre les risques physiques, la santé mentale des réfugiés climatiques reste un enjeu largement ignoré. Lors d'événements climatiques extrêmes, 25 % à 50 % des victimes souffrent de troubles psychologiques tels que la dépression ou le syndrome de stress post-traumatique[3]. A cela s'ajoute un parcours climatique difficile qui peut exposer les personnes déplacées à des stress supplémentaires. Nombre d'entre elles, notamment les femmes, deviennent victimes de réseaux de passeurs et de trafiquants les exposant à des épreuves de violence, de travail forcé, de viol, affectant leur santé mentale et leur bien-être physique. C'est pourquoi une partie des migrants arrivent sur les côtes européennes avec des blessures, des brûlures, des stigmates de violences sexuelles. Les réfugiés climatiques peuvent, de surcroît, subir des pressions intenses de leur famille pour leur fournir un revenu une fois arrivés dans un pays d'accueil. Ces traumatismes soulignent l'importance de soins adaptés, aussi bien physiques que mentaux.

Vous évoquez les risques spécifiques que rencontrent les femmes, pourquoi ces dernières sont-elles plus vulnérables dans leurs parcours migratoires ? Sont-elles également plus limitées dans leur décision de partir ou de rester ?

Je n'aime pas toujours l'expression qui consiste à dire que les femmes sont vulnérables, elles sont plutôt exposées à des vulnérabilités que les hommes ne rencontrent pas, qui sont avant tout le fruit de constructions économiques et sociales. Les catastrophes climatiques ont ainsi tendance à exacerber les inégalités de genre et à alimenter les moteurs de violence. Les femmes et les enfants sont, selon ONU Femmes, souvent les premières victimes des catastrophes naturelles ; ils et elles ont 14 fois plus de risques d'en mourir que les hommes[4]. Elles sont également davantage victimes de trafic sexuel. Les familles, privées de tous revenus après une catastrophe climatique, se retrouvent contraintes de vendre leurs filles à des trafiquants sexuels ou à les marier de force pour obtenir une dot. Au Bangladesh par exemple, un lien avait été établi entre les inondations qui avaient eu lieu entre 1998 et 2004, et la hausse des mariages précoces mesurée dans le pays[5].

Enfin, la migration en elle-même est un phénomène genré. Souvent, l'homme migre car il va plus facilement trouver un emploi ; ou car la migration est dangereuse. Or, ce décalage entraîne une modification et un déséquilibre des rapports de genre. Les femmes restant au foyer vont assumer plus de tâches et de responsabilités.

2 Nations Unies – ONU Info. (2024). Le HCR intensifie l'aide aux réfugiés rohingyas affectés par des glissements de terrain meurtriers au Bangladesh. ONU Info.

3 Matlin, S. A., Depoux, A., Gemenne, F., Philibert, A., El Aouad, R., Kowalski, C., & Flahault, A. (2016). Climate change, human migration, and health: Bridging from dialogue to action. Centre Virchow-Villermé.

4 UN Women, Women's resilience to disasters – Concept note.

5 University of Cambridge, Extreme weather and climate events likely to drive increase in gender-based violence.

Lorsque les femmes font le choix de migrer, les violences sexuelles semblent presque être un passage inévitable de leur migration : deux femmes sur trois sont victimes de violences sexuelles ou de viols, notamment de la part des passeurs. Subir ces violences et ces viols devient en quelque sorte une « monnaie d'échange », une condition de leur passage. Les violences sexuelles, comme dans toutes zones de non-droit ou de violences, sont ainsi omniprésentes dans les parcours migratoires des réfugiées climatiques.

Vous étudiez dans le cadre du projet Habitable[6] l'influence du changement climatique sur les migrations. Les motivations qui poussent à migrer se résument-t-elles aux catastrophes climatiques et aux impacts progressifs du changement climatique sur l'habitabilité ?

Lorsque l'on étudie ces questions, il est important de prendre en compte le point de vue des déplacés eux-mêmes. La migration est une décision humaine ; elle obéit donc par nature à des facteurs qui sont subjectifs. On constate dans nos études que la manière dont les gens vont percevoir les impacts des changements climatiques ne correspond pas à la réalité des impacts observés. La décision de migrer est surtout influencée par des facteurs de perception subjective : les gens partent car ils ont l'impression qu'il pleut moins, alors que dans les faits il pleut plus. Cette perception va peser davantage dans leur choix de migrer que la réalité objective.

L'habitabilité, ou les seuils d'habitabilité, sont définis par des modèles climatiques qui vont estimer par exemple qu'au-delà d'un certain seuil de température, une région n'est plus habitable. Les politiques climatiques, quand elles existent, vont donc avant tout s'appuyer sur des modèles climatiques qui vont délimiter arbitrairement des seuils d'habitabilité qui ne correspondent ni à la réalité, ni au ressenti des populations locales. Il est donc crucial que les politiques climatiques prennent en compte les perceptions subjectives des impacts du changement climatique, en tenant compte notamment de l'influence culturelle sur la perception du risque.

6 Le projet Habitable, coordonné par l'observatoire Hugo de l'ULiège, est le plus grand projet de recherche sur ce sujet ; doté d'un budget de 6,7 millions d'euros, rassemblant 22 organisations partenaires issues de 18 pays.

Comment traduire cet enseignement d'un point de vue sanitaire ?

La perception de la santé dans le choix de migrer et de se déplacer est une dimension importante dont il faut distinguer deux aspects. D'une part, il faut considérer la question de la santé elle-même, avec les problèmes qui sont associés au changement climatique comme les maladies transmissibles et la mortalité, voire la surmortalité. Le nombre de catastrophes climatiques a été multiplié par cinq en 50 ans, entraînant un nombre conséquent de décès, dont 90 % sont survenus dans des pays en développement[7]. D'autre part, il convient de considérer la question de l'accès aux systèmes de soins et de l'adaptation des infrastructures de santé, qui influencent également les décisions de migration.

Ce phénomène, dans ses deux dimensions (santé et accès aux soins), s'observe un peu partout ; notamment au Sénégal, mais aussi en Afrique de l'Est - au Kenya ou en Ethiopie - où le paludisme conquiert des régions jusqu'alors épargnées par cette maladie, comme les hauts plateaux d'Ethiopie ou le Nord du Kenya, incitant les populations à se diriger vers des zones exemptes de ces maladies, ou équipées pour les prendre en charge. L'apparition ou propagation de maladies engendre de nouveaux flux migratoires motivés par deux types de facteurs : les « facteurs *push* », qui vont pousser les gens à partir, et les « facteurs *pull* » qui vont les attirer vers certains endroits, notamment des zones géographiques où ils considèrent qu'ils bénéficieront d'un meilleur accès aux soins et à la santé. Ainsi, dans des petits Etats insulaires comme Tuvalu, de nombreuses femmes choisissent d'accoucher en Australie ou Nouvelle-Zélande, où elles auront accès à de meilleures facilités médicales et où leurs enfants acquerront la nationalité néozélandaise ou australienne – une forme d'assurance vie si leur île venait à disparaître. On retrouve au sein même des pays une dynamique semblable : on observe de nombreuses migrations allant des campagnes vers les villes où les populations – privées des ressources nécessaires à leur survie – espèrent bénéficier d'une qualité de vie supérieure et de meilleurs soins de santé. Il est donc toujours difficile de distinguer les motifs de migration car ils sont profondément entremêlés et vont s'influencer mutuellement. Aucun facteur pris isolément ne suffit à expliquer un choix migratoire. Ce n'est donc pas seulement la qualité des soins dans un pays qui incite les migrants à s'y installer, mais une combinaison de facteurs (objectifs et subjectifs) qui façonnent leurs décisions.

7 Nations Unies – ONU Info. (2021). Climat : le nombre de catastrophes a été multiplié par cinq en 50 ans, causant plus de dégâts, mais moins de décès.

Les flux migratoires représentent-ils des enjeux de sécurité et de santé importants pour les États ?

Tout dépend de la manière dont ces flux migratoires sont gérés. Il est certain qu'un flux migratoire qui ne serait ni organisé, ni encadré, fera peser une pression démographique supplémentaire sur des ressources déjà raréfiées, posant potentiellement des risques en matière de sécurité. De nombreuses régions du monde qui reçoivent des migrations motivées par le changement climatique sont situées dans des pays en développement, où les ressources sanitaires sont souvent insuffisantes pour répondre aux besoins locaux.

« Face à l'ampleur des déplacements climatiques à venir, nous devons anticiper des formes de reconfiguration de la population mondiale, qui impliqueront une réorganisation inter-étatique et intra-étatique. »

Par ailleurs, certains Etats choisissent parfois délibérément de restreindre l'accès aux soins de santé, soutenant l'argument implicite que l'accès aux soins pourrait créer un « mécanisme d'attraction » (un facteur *« pull »*) pour les migrants. Pourtant, aucune donnée, aucune statistique, aucune étude n'étaye cette affirmation.

À l'inverse, d'autres Etats vont parvenir à organiser ces flux migratoires pour en faire de véritables stratégies d'adaptation, à la fois aux bénéfices des migrants, mais aussi au bénéfice des régions d'origine et de destination de ces derniers. Souvent, on considère la migration comme un risque pour la sécurité des Etats. C'est oublier que la migration représente une amélioration de la sécurité pour les gens qui migrent et pour ceux qui restent sur place. Les migrants peuvent ainsi envoyer des revenus complémentaires qui aideront leur pays d'origine à s'adapter au changement climatique. C'est une dimension très forte qui émerge aujourd'hui dans la littérature ; ne pas seulement considérer la migration comme un *échec* d'adaptation, mais aussi comme une *stratégie* d'adaptation. La Colombie et l'Espagne ont, par exemple, un accord de migration de travail permettant aux personnes vivant dans des régions affectées par les impacts du changement climatique de venir travailler dans des secteurs en manque de main d'œuvre, comme ceux de l'horticulture ou de l'agriculture par exemple. En 2023, l'Espagne représentait à elle-seule près d'un tiers des nouveaux emplois créés dans la zone euro, avec une majorité d'emploi occupés par des personnes issues de l'étranger. De la même manière, la Nouvelle Zélande a des accords de travail avec la plupart des petits Etats insulaires du Pacifique, permettant aux populations de venir travailler quelques mois en Nouvelle Zélande dans l'agriculture, de participer aux récoltes, d'accumuler un capital qui permettra ensuite aux familles de faire face aux mauvaises récoltes. Ces stratégies d'accueil de long terme peuvent être mises en place entre états, ou à l'intérieur des états, pour encourager les migrations saisonnières et pendulaires. En amont, il est toutefois crucial d'anticiper ces trajectoires de déplacement pour protéger ceux qui sont et seront à risque d'être déplacés, à l'instar du travail mené par la « Plateforme sur les déplacements liés aux catastrophes[8] », ou par le programme d'action climatique du HCR (l'Agence des Nations Unies pour les réfugiés). De très nombreux programmes sont par ailleurs déployés sur ces sujets.

Remarquez-vous des disparités notables en termes de préparation aux migrations climatiques et notamment de dispositifs d'accueil sanitaire ?

Selon la Convention de 1951 relative au statut des réfugiés, ces derniers ne devraient pas recevoir un traitement différent de celui de la population d'accueil en matière d'accès aux soins de santé. La santé est un droit fondamental pour tous, y compris pour les réfugiés. En pratique cependant, l'application de ce principe varie considérablement d'un pays à l'autre. Ces disparités sont souvent liées aux choix et sensibilités politiques des pouvoirs et gouvernements en place (par exemple, le ministre de la Santé est-il attentif à ces enjeux ?).

Face à l'ampleur des déplacements climatiques à venir, nous devons anticiper des formes de reconfiguration de la population mondiale, qui impliqueront une réorganisation inter-étatique et intra-étatique. D'une part car certaines zones du monde deviendront inhabitables, mais aussi parce que, y compris dans nos régions, nous allons devoir faire face à des migrations internes motivées par des facteurs environnementaux ; des populations déplacées tous les cinq ans en raison des inondations finiront par être excédées. Quels seront alors les endroits agréables, sûrs et confortables où vivre ?

En conclusion, existe-t-il des aspects des migrations climatiques et de leurs impacts sur la santé qui sont encore négligés ou insuffisamment étudiés ?

Le principal défi réside dans le traitement séparé des sujets de climat, de migration et de santé. Ces sujets sont souvent traités deux à deux : climat et migration d'un côté, migration et santé de l'autre ; mais rarement ensemble, tout l'enjeu est de les connecter en triangle. Par ailleurs, les migrations internes, au sein même des pays, restent trop peu étudiées. Actuellement, seules les migrations internationales attirent l'attention des pouvoirs publics et des médias. Ces phénomènes migratoires sont appréhendés comme deux mouvements distincts, alors que le second est souvent la continuité du premier.

8 La « Platform on Disaster Displacement » en anglais, est une initiative dirigée par des Etats, en collaboration avec des partenaires, pour améliorer la protection des personnes exposées au risque de déplacement ou déplacées en raison de catastrophes climatiques.

Intégrer la dimension de genre à la gestion des risques relatifs aux catastrophes climatiques :

Des lacunes à combler

Virginia Murray
Head of Global Disaster Risk Reduction
(Responsable de la Gestion des risques de catastrophe) à l'Agence britannique de sécurité sanitaire (UKHSA)

Virginia Murray, professeur et médecin spécialisée dans la santé publique, travaille sur la gestion des urgences sanitaires et des risques de catastrophe. En avril 2014, elle a été nommée Head of Global Disaster Risk Reduction à l'Agence britannique de sécurité sanitaire (anciennement Public Health England). Elle est actuellement présidente du Hazard Information Profile Steering Group de l'UNDRR/ISC pour la mise à jour de 2025. Elle a été membre, puis vice-présidente, du Groupe consultatif scientifique et technique (STAG) de la Stratégie internationale de l'ONU pour la prévention des catastrophes (UNISDR), de 2008 à 2017, soutenant les négociations pour le Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030.

Le changement climatique complique la gestion des risques de catastrophe car il augmente la fréquence et la gravité des phénomènes météorologiques extrêmes, ce qui affecte particulièrement les communautés vulnérables et marginalisées. Or, les femmes sont encore plus exposées à ces risques, pour des raisons biologiques, mais aussi en raison de leurs rôles sociaux, des normes culturelles qui régissent leur quotidien et de leur accès limité aux ressources. Ces difficultés propres aux femmes ont longtemps été sous-estimées. Aujourd'hui, toute mesure d'anticipation et d'atténuation efficace des catastrophes induites par le changement climatique doit tenir compte des disparités entre les femmes et les hommes, afin que les interventions répondent aux besoins spécifiques des femmes et des filles, pour renforcer la résilience globale et promouvoir des résultats plus équitables face aux défis climatiques. Il semble également crucial d'intégrer les femmes dans les processus de décision, afin qu'elles puissent contribuer à l'élaboration de solutions qui leur sont adaptées.

INTRODUCTION

Alors que le monde est confronté à diverses crises, en partie dues au changement climatique, les populations sont soumises à des pression qui exacerbent les inégalités entre les femmes et les hommes. Les femmes, en effet, sont plus affectées par les catastrophes naturelles en raison de vulnérabilités sociales, géographiques et physiologiques. Ces inégalités soulignent la nécessité d'intégrer la dimension de genre dans les stratégies de gestion des risques de catastrophe (GRC). Cet article commence par un résumé des mesures de GRC et un bref examen des cadres politiques internationaux existants dédiés à la gestion des crises, qui soutiennent une prise de décision fondée sur des données probantes et renforcent l'efficacité des mesures de gestion des crises. L'article donne ensuite un aperçu des risques pour la santé humaine et, le cas échéant, des liens avec le changement climatique, en soulignant l'importance de la gestion des crises. Enfin, il examine les vulnérabilités propres aux femmes et l'importance d'intégrer une perspective de genre dans les cadres de GRC, en tant que solution durable visant à renforcer la résilience.

INTRODUCTION À LA GESTION DES RISQUES DE CATASTROPHE (GRC)

Le Bureau des Nations unies pour la réduction des risques de catastrophe (UNDRR) définit la gestion des risques de catastrophe[1] comme « *l'application de politiques et de stratégies de réduction des risques de catastrophe en vue de prévenir les nouveaux risques, de réduire les risques existants et de gérer les risques résiduels, en contribuant au renforcement de la résilience et à la réduction des pertes dues aux catastrophes* ».

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) indique que la gestion des risques de catastrophes sanitaires met l'accent sur l'importance cruciale de la prévention, de la préparation et de l'état de préparation, mais aussi de l'intervention et du rétablissement, afin de sauver des vies et de protéger la santé. Le *Health Emergency and Disaster Risk Management Framework*[2] de l'OMS, publié en 2019, souligne l'impératif de coopération au sein du système de santé dans son ensemble pour toute mesure de GRC.

« Selon l'OMS, tous les ans, plus de 170 millions de personnes seront touchées par un conflit et 190 millions d'autres par des catastrophes. Mais l'effet global sur la santé dépasse largement ces chiffres. »

Ce cadre révèle que les situations d'urgence et les catastrophes ont de lourdes conséquences sur la santé des populations. Selon l'OMS, tous les ans, plus de 170 millions de personnes seront touchées par un conflit et 190 millions d'autres par des catastrophes. Mais l'effet global sur la santé dépasse largement ces chiffres. Dans certains cas (cyclones, sécheresses...), ces situations d'urgence et catastrophes deviendront des crises nationales, régionales, voire mondiales. Dans d'autres cas (accidents de la route, incendies...), les effets sont plus localisés mais peuvent avoir des conséquences dévastatrices sur la vie humaine.

Il est donc essentiel pour la sécurité sanitaire locale, nationale et mondiale de réduire les risques et les conséquences des situations d'urgence. C'est également nécessaire pour renforcer la résilience des communautés, des nations et des systèmes de santé. Ces événements freinent le développement pendant plusieurs années et mettent en danger la couverture sanitaire universelle ainsi que d'autres programmes de développement. Comme nous l'avons vu pendant la pandémie de COVID-19, nos systèmes de santé peuvent être dépassés et mettre en péril les économies qui les financent.

Toutes les communautés sont menacées, que ce soit par les épidémies de maladies infectieuses, les conflits et les risques naturels ou technologiques. Les conséquences sanitaires, économiques, politiques et sociétales de ces événements sont souvent graves. Le changement climatique, l'urbanisation débridée, la croissance démographique et les déplacements de population, la résistance aux antibiotiques et la fragilité des États augmentent la fréquence, la gravité et l'impact de ces événements dangereux.

Dans le domaine de la santé, le Règlement sanitaire international[3] (RSI) (2005) a joué un rôle majeur. Il a été créé en réponse aux épidémies qui ont dévasté l'Europe. Comme les épidémies et autres risques aigus pour la santé publique sont souvent imprévisibles et nécessitent une série de réponses, le RSI fournit une loi internationale globale, juridiquement contraignante pour 196 pays, dont les 194 États membres de l'OMS. Ce règlement définit les droits et les obligations des pays en matière de gestion des événements et des urgences de santé publique susceptibles de se propager au-delà de leurs frontières. Ainsi, les pays ont des droits, mais aussi des devoirs, notamment l'obligation de signaler les événements de santé publique, en suivant des critères permettant de déterminer si un événement particulier, tel que le COVID-19, constitue une « *urgence de santé publique de portée internationale* ».

Une gestion sensée des risques de catastrophe est essentielle pour préserver le développement et la mise en œuvre du Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030[4] (Cadre de Sendai), des Objectifs de développement durable (ODD), de l'Accord de Paris sur le changement climatique (Accord de Paris), du Mécanisme international de Varsovie pour les pertes et préjudices liés aux impacts du changement climatique[5] (MIPC), du Réseau de Santiago de la CCNUCC[6], et d'autres cadres mondiaux, régionaux et nationaux connexes. Conformément au Pacte pour l'avenir[7] récemment adopté par les Nations unies, les déclarations clés suivantes méritent d'être prises en considération :

- *« La **réalisation de l'égalité entre les femmes et les hommes,** l'autonomisation de toutes les femmes et de toutes les filles et la pleine jouissance de leurs droits humains et de leurs libertés fondamentales sans discrimination » (paragraphe 7).*
- *La nécessité de « donner la priorité à une action urgente pour relever les défis environnementaux critiques et mettre en œuvre des mesures visant à réduire les risques de catastrophe et à renforcer la résilience, [...] en notant l'importance pour certains du concept de **justice climatique** » (paragraphe 18).*
- *L'importance de promouvoir « **une approche du développement durable tenant compte des risques** de catastrophe et intégrant la réduction des risques de catastrophe [...] à tous les niveaux » (action 6, paragraphe g).*

1 United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (n.d.). Disaster risk management [Gestion des risques de catastrophe.]. https://www.undrr.org/terminology/disaster-risk-management.

2 Disaster Risk Management and Resilience (DDR). (30 juillet 2019). Health Emergency and Disaster Risk Management Framework [Cadre de gestion des urgences sanitaires et des risques de catastrophe]. https://www.who.int/publications/i/item/9789241516181.

3 Organisation mondiale de la santé. (2023). International health regulations [Réglementation sanitaire internationale]. https://www.who.int/health-topics/international-health-regulations#tab=tab_1.

4 Le cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030 est un accord mondial qui fournit aux États membres des orientations et des actions concrètes pour réduire les risques de catastrophe. Il s'agit d'une étape importante dans les efforts internationaux de réduction des risques de catastrophe. Pour en savoir plus : https://www.unisdr.org/files/43291_frenchsendaiframeworkfordisasterris.pdf.

5 Le Mécanisme international de Varsovie relatif aux pertes et préjudices associés aux effets du changement climatique a été établi pendant la COP19 (en 2013) pour répondre aux pertes et préjudices relatifs au changement climatique dans les pays en développement. Pour en savoir plus : https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/workstreams/loss-and-damage/warsaw-international-mechanism.

6 Le Réseau de Santiago de l'UNFCCC a été créé pendant la COP25 (en 2019) pour intensifier l'assistance technique aux pays en développement particulièrement vulnérables aux effets néfastes du changement climatique. Il contribue à mettre en œuvre les fonctions du Mécanisme international de Varsovie décrit ci-dessus. Pour en savoir plus : https://unfccc.int/santiago-network/about.

7 Le Pacte pour l'avenir, adopté en septembre 2024 par les dirigeants mondiaux lors du Sommet du futur, est une liste de 56 engagements portant sur un large éventail de thèmes (paix et sécurité, changement climatique, développement durable, coopération numérique, droits humains, égalité entre les femmes et les hommes, jeunesse et générations futures...), adaptant la coopération internationale aux réalités d'aujourd'hui. Pour en savoir plus : https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/sotf-pact_for_the_future_adopted.pdf.

Ces cadres favorisent la prise de décision fondée sur des données probantes, en vue d'orienter l'élaboration des politiques et de renforcer l'efficacité des efforts de gestion des crises. Si les nations ont renforcé leurs capacités à réduire les risques sanitaires et les conséquences des situations d'urgence et des catastrophes via la gestion multirisque et le renforcement des systèmes de santé, de nombreuses communautés restent très vulnérables à un large éventail d'événements dangereux.

PRÉSENTATION DES DANGERS

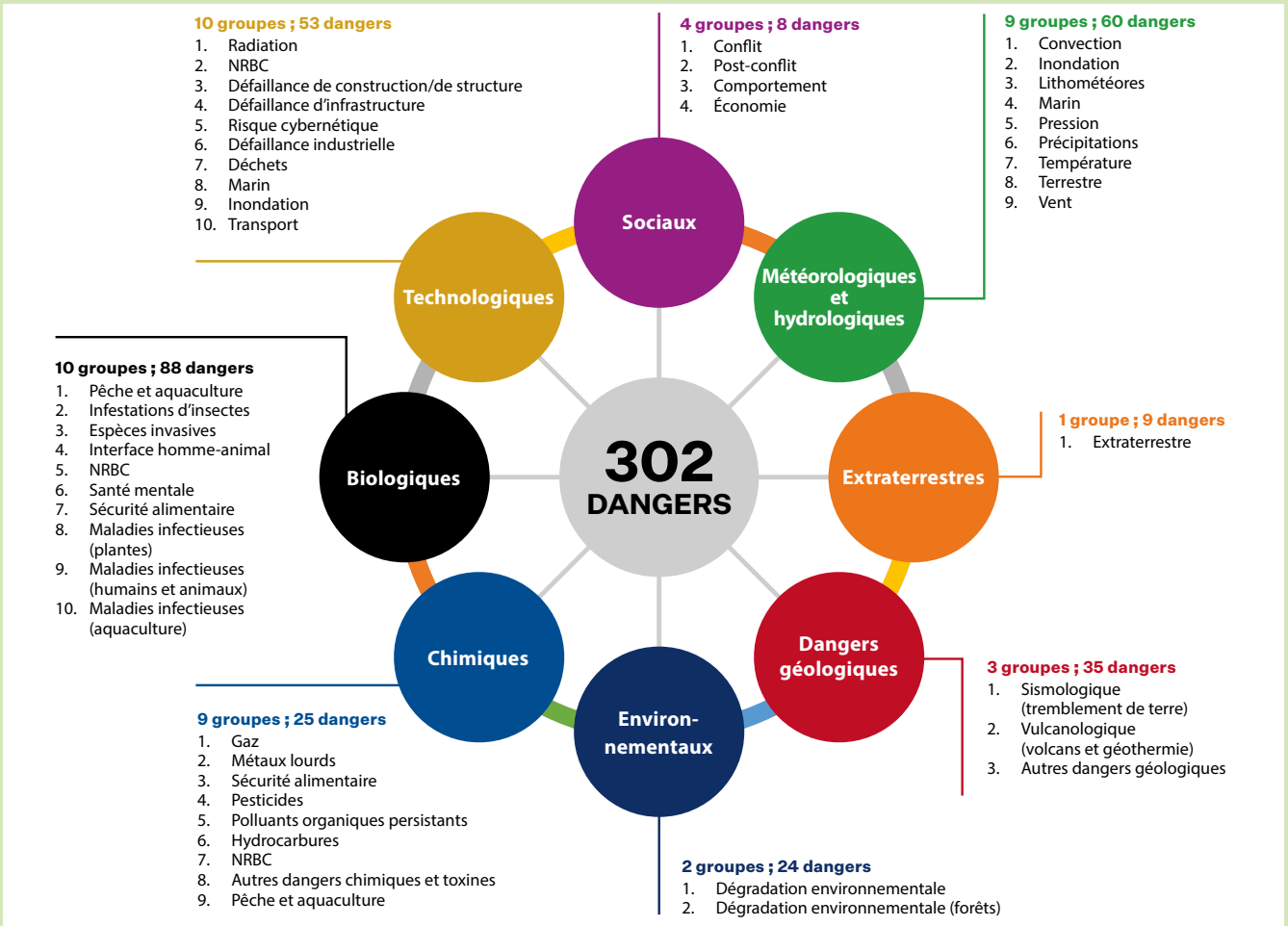
En adoptant des approches fragmentées face aux différents risques, en s'attachant davantage à guérir que prévenir, en raison d'une préparation insuffisante et de lacunes de coordination au sein des systèmes de santé et entre les secteurs, les communautés et les pays ne sont pas au maximum de leurs possibilités en matière de développement, en particulier pour la santé publique.

Comprendre les risques et leurs effets est essentiel à la GRC. En identifiant et en évaluant les risques de manière exhaustive, les autorités et les praticiens parviennent à mieux anticiper et atténuer les menaces, et donc à renforcer la résilience des communautés face aux catastrophes.

L'UNDRR, en collaboration avec le Conseil international de la science (CSI), a joué un rôle central à cet égard en répondant aux appels en faveur « *d'une révolution des données, de mécanismes de responsabilité rigoureux et de partenariats mondiaux renouvelés* ». Le rapport technique UNDRR-ISC *Hazard Definition and Classification Review: Technical report*[8] et son supplément fournissent des ressources importantes, alignées sur le Cadre de Sendai, les Objectifs de développement durable et l'Accord de Paris sur le changement climatique. Ils proposent des définitions communes des risques aux gouvernements et aux parties prenantes, afin d'éclairer leurs stratégies et leurs actions en la matière. Plus précisément, ces documents soutiennent le développement et la mise à jour des stratégies nationales et locales de réduction des risques de catastrophe et des bases de données sur les pertes, ainsi que l'intégration de la réduction de ces risques dans les statistiques nationales, les cadres juridiques et les systèmes de réglementation destinés aux politiques publiques et privées, au financement et à l'investissement.

8 UNDRR (2020), Hazard Definition and classification review : Technical report [Définition des dangers et révision de la classification : Rapport technique]. https://www.undrr.org/publication/hazard-definition-and-classification-review-technical-report.

Illustration 1 : Les risques répertoriés par l'UNDRR/ISC, classés en huit catégories



Source : Reproduit d'après les données de Fahad S. Malik et Anna Schwappach, UK Health Security Agency

Le *Hazard Information Profiles* de l'UNDRR/ISC[9], désormais disponible en ligne, répertorie 302 risques dans le monde entier[10]. Cet outil constitue une ressource précieuse pour l'harmonisation des connaissances sur les risques et contribue à éclairer les efforts de gestion au niveau mondial ***(Illustration 1)***.

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE, ACCÉLÉRATEUR DE RISQUE

Le changement climatique ne constitue pas un risque en tant que tel, mais il exacerbe les dangers en augmentant leur fréquence, leur intensité et leur complexité. Les impacts étant interconnectés, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) prévoit des risques de plus en plus complexes[11]. Ainsi, la hausse des températures entraîne la fonte des calottes glaciaires, ce qui provoque une élévation du niveau des mers et des inondations côtières, qui augmentent le risque de tempêtes.

Les catastrophes liées au changement climatique ont des effets directs et indirects sur la santé humaine. Entre autres risques directs, le nombre de décès liés à la chaleur devrait tripler d'ici 2050. Les risques indirects, en revanche, peuvent être dus à une plus grande difficulté d'accès aux soins de santé, à l'eau potable et à l'assainissement.

En outre, les disparités socio-économiques exacerbent les effets des catastrophes sur les communautés marginalisées et vulnérables. Pour comprendre les effets du changement climatique, il faut tenir compte des dynamiques sociales, qui déterminent la manière dont les populations vivent ces défis et y réagissent. Divers facteurs sociaux sont à prendre en compte, notamment l'organisation de la société (ex. la maturité des systèmes de soins de santé, l'urbanisation...), et les vulnérabilités dues à la stratification sociale.

9 Ibid.

10 United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2024). Hazard information profiles (HIPs) [Profils d'information sur les risques]. https://www.preventionweb.net/drr-glossary/hips.

11 Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climt. (2022). Headline statements from the summary for policymakers [Principales déclarations du résumé à l'intention des décideurs politiques]. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/resources/spm-headline-statements/.

VULNÉRABILITÉ ET QUESTIONS DE GENRE DANS LA GRC

Le Cadre de Sendai décrit l'approche inclusive et globale qu'il convient d'adopter pour réduire les risques de catastrophe. Il tient compte des vulnérabilités et des capacités des différents groupes (femmes, enfants, personnes âgées, personnes handicapées...). Il reconnaît notamment la vulnérabilité des femmes en cas de catastrophe, due entre autres à l'omniprésence des inégalités de genre dans toutes les sociétés, et souligne le rôle indispensable qu'elles jouent dans les efforts de réduction des risques. Le Cadre de Sendai promeut une approche équitable[12] et universelle, et appelle au leadership des femmes pour renforcer la résilience, celles-ci y contribuant déjà de manière significative, mais souvent de manière informelle, en participant à la gestion des catastrophes et en tant qu'agents du changement social[13].

« Les effets du changement climatique ne sont pas neutres. En effet, les femmes sont nettement plus affectées par les catastrophes. Les disparités dans l'accès aux ressources, le pouvoir de décision et les normes culturelles amplifient souvent la vulnérabilité des femmes aux évènements extrêmes. »

EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES FEMMES ET LES HOMMES

Les effets du changement climatique ne sont pas neutres. En effet, les femmes sont nettement plus affectées par les catastrophes. Les disparités dans l'accès aux ressources, le pouvoir de décision et les normes culturelles amplifient souvent la vulnérabilité des femmes aux événements extrêmes, ce qui se traduit par des taux de mortalité plus élevés et un accès réduit aux secours et à l'aide au rétablissement.

Aspects physiologiques :

Face à la multiplication des épisodes de chaleur extrême, les femmes sont plus exposées à la morbidité et à la mortalité[14]. En effet, elles rencontrent plus de difficultés à dissiper la chaleur par la transpiration et à se refroidir par radiation. À cela s'ajoutent des facteurs socio-économiques, comme un accès limité aux soins de santé, la crainte de se rendre dans certains lieux climatisés pour des raisons de sécurité ou le manque d'options en matière de transport.

Certains groupes de femmes sont encore plus vulnérables en cas de catastrophe, notamment les femmes enceintes et les jeunes filles en âge de procréer. Une hausse des températures pendant la dernière semaine de grossesse peut entraîner une mortinaissance. La chaleur favorise aussi la propagation des maladies à transmission vectorielle, comme le paludisme et la dengue, qui profitent de la fragilité des jeunes mères et des nouveau-nés. L'accès à une aide médicale et aux soins prénataux essentiels peut être compliqué pendant les catastrophes, ce qui augmente le risque de complications liées à la grossesse. En outre, les déplacements et la perte d'infrastructures suite à ces événements perturbent l'accès aux services de maternité et de contraception, ce qui pose des problèmes pour les femmes enceintes, mais aussi pour la santé reproductive et sexuelle.

12 United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2024). Gender inequality [l'inégalité entre les hommes et les femmes]. UNDRR. https://www.undrr.org/implementing-sendai-framework/sendai-framework-action/gender.

13 World Health Organization. (2014). Gender, climate change and health [Genre, changement climatique et santé]. https://www.who.int/publications/i/item/9789241508186.

14 Sorensen, C., Murray, V., Lemery, J., & Balbus, J. (2018). Climate change and women's health: Impacts and policy directions [Changement climatique et santé des femmes : Impacts et orientations politiques]. PLOS Medicine, 15(7).

Aspects socioéconomiques :

En cas de catastrophe, les femmes ont moins de chances de survie en raison de la persistance des inégalités de genre. Par exemple, lors du tsunami de 2004 en Asie du Sud-Est, les femmes étaient quatre fois plus nombreuses que les hommes parmi les victimes. Les femmes restent souvent sur place pour s'occuper de leurs enfants ou d'autres membres de leur famille. Par ailleurs, dans ces régions, les femmes et les filles n'apprennent pas toujours à nager ou à grimper aux arbres et certaines n'ont pas pu se mettre à l'abri quand la vague a frappé la côte.

Aspects géographiques :

Les femmes vivant dans des zones vulnérables aux catastrophes sont davantage exposées aux risques tels que les inondations, les incendies et les tremblements de terre. Ces zones manquent souvent d'infrastructures adéquates et de services d'urgence, ce qui limite l'accès des femmes aux ressources vitales et à l'aide en cas de catastrophe. En outre, l'éloignement géographique de nombreuses régions exacerbe les difficultés, que ce soit pour l'évacuation, la communication ou l'accès aux soins de santé. Enfin, les disparités socio-économiques contribuent encore à ce préjudice, les femmes ayant moins de moyens pour se préparer aux catastrophes, y faire face et s'en remettre.

Exposition accrue des femmes à la violence dans les situations de crise :

Les rapports indiquent une considération croissante des diverses formes de violence fondées sur le genre lors de la survenue d'une catastrophe. Par exemple, les périodes de crises telles que le confinement associé au COVID-19, les évacuations d'urgence et les déplacements entraînent des risques élevés de violence sexuelle et physique, de violence entre partenaires, de mariages précoces forcés, de traite et d'exploitation sexuelle ou de travail forcé/domestique. Les femmes et les filles déplacées et hébergées dans des camps sont également exposées à des risques de violence pendant les périodes de redressement et de reconstruction de leur pays[15].

« Lors du tsunami de 2004 en Asie du Sud-Est, les femmes étaient quatre fois plus nombreuses que les hommes parmi les victimes. »

Les différents niveaux de vulnérabilité :

Comme l'indique ONU Femmes[16] : *« Si l'on regarde la manière dont les diverses formes d'inégalité fonctionnent ensemble et s'exacerbent mutuellement, il est clair que les risques liés au changement climatique sont aigus pour les femmes et les filles autochtones et d'ascendance africaine, les femmes âgées, les personnes LGBTIQ+, les femmes et les filles handicapées, les femmes migrantes et celles qui vivent dans des zones rurales, isolées, sujettes aux conflits et aux catastrophes ».*

Des facteurs renforcent encore la vulnérabilité de certains groupes de femmes. Une femme âgée appartenant à une minorité ethnique, qui réside dans une zone sujette aux catastrophes, est exposée à de multiples niveaux de vulnérabilité et de risques. Elle peut rencontrer des obstacles pour accéder aux ressources et aux services essentiels, et subir discrimination et marginalisation dans le contexte des catastrophes. En reconnaissant et en abordant la question de ces inégalités intersectionnelles, il convient d'adopter des stratégies inclusives et équitables pour rétablir une forme de justice sociale face aux catastrophes.

INTÉGRER LA DIMENSION DE GENRE DANS LA GRC, UNE NÉCESSITÉ

Bien que de nombreuses vulnérabilités soient prises en compte, la gestion des risques de catastrophe présente encore des lacunes. Il est aujourd'hui urgent de tenir compte des inégalités entre femmes et hommes dans la GRC, ce que font certaines organisations, ainsi que les Nations Unies.

ONU Femmes[17] a mené une initiative intéressante pour renforcer la résilience des femmes par le biais de son programme *Women's Resilience to Disasters* (WRD). Celui-ci propose un ensemble complet de mesures visant à renforcer la résilience des femmes face à diverses catastrophes et menaces, y compris le changement climatique et le COVID-19. Les objectifs des pays participant au programme WRD sont d'adopter des systèmes de prise de décision et de gouvernance tenant compte de la dimension de genre, en vue de mener des actions ciblées pour renforcer la résilience des femmes et des filles. L'idée est ici de proposer un « guichet unique » pour les connaissances sur ce sujet. Le programme rassemble des praticiens, des autorités et des activistes qui soutiennent les femmes et les filles touchées par les catastrophes, le changement climatique ou d'autres menaces. Le programme entend ainsi combler une lacune existante à la croisée de l'égalité entre les femmes et les hommes, de l'inclusion sociale, de la réduction des risques de catastrophe, de l'adaptation au changement climatique et de la résilience, par les mesures suivantes :

- *Le partage de données tenant compte des questions de genre face aux risques liés aux catastrophes et au changement climatique,*
- *Le partage de perspectives, d'expériences et de bonnes pratiques recueillies auprès de femmes,*
- *Un accès consolidé aux données, à la recherche, aux ressources, aux outils et à l'expertise.*

15 Thurston, A. M., Stöckl, H., & Ranganathan, M. (2021). Natural hazards, disasters and violence against women and girls: A global mixed-methods systematic review [Risques naturels, catastrophes et violence à l'égard des femmes et des filles : Une revue systématique mondiale basée sur des méthodes mixtes.]. BMJ Global Health, 6, e004377. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33958379/.

16 UN Women Headquarters. (2022). Explainer: How gender inequality and climate change are interconnected [Explication : Comment l'inégalité des sexes et le changement climatique sont interconnectés.]. UN Women. https://wrd.unwomen.org/index.php/explore/insights/explainer-how-gender-inequality-and-climate-change-are-interconnected.

17 UN Women. (n.d.). Women's resilience to disasters knowledge hub [Pôle de connaissances sur la résilience des femmes face aux catastrophes.]. UN Women. https://wrd.unwomen.org/.

En mars 2024, le Plan d'action de Sendai pour l'égalité des sexes[18] (PAG de Sendai) a été adopté pour soutenir la mise en œuvre du Cadre de Sendai, en soulignant la nécessité de progresser vers l'égalité et l'atténuation des risques de catastrophe. Il vise à garantir que les efforts de réduction des risques de catastrophe tiennent compte des différences entre les femmes et les hommes et soutiennent activement l'autonomisation et le leadership des femmes. Le plan met l'accent sur les objectifs communs de l'égalité et de la réduction des risques, et reconnaît que les inégalités entre les femmes et les hommes exacerbent les conséquences des catastrophes. Le Plan d'action de Sendai analyse le rôle des normes, des rôles et des relations entre les hommes et les femmes sur les risques et les conséquences des catastrophes. Il intègre cette analyse dans les efforts de planification, de mise en œuvre, de suivi et d'évaluation.

Exemples de recommandations du Plan d'action de Sendai sur le genre :

Le Plan d'action de Sendai comprend 33 actions concrètes dans le cadre de 8 objectifs clés visant à mettre en œuvre des mesures globales répondant aux vulnérabilités auxquelles les femmes sont confrontées. Les exemples ci-dessous illustrent les différentes thématiques ciblées par le plan :

- *L'action 24 promeut des **actions d'anticipation visant à surmonter les normes sociales et les obstacles**, par exemple en rendant les exercices d'urgence et les communications sur les risques accessibles à toutes les femmes.*
- *L'action 27 se concentre sur **un relèvement post catastrophe ciblant différemment les femmes et les hommes**, afin d'atténuer les effets négatifs du travail domestique qui pèsent généralement sur les femmes et les filles. Par exemple, elle recommande de planifier un approvisionnement en eau d'urgence, pour éviter aux femmes la charge et les risques induits par la nécessité d'aller chercher de l'eau après une catastrophe.*
- *L'action 18 promeut **l'intégration de la dimension de genre dans un développement tenant compte des risques**, en mettant l'accent sur les investissements dans des installations médicales résistantes afin d'assurer la continuité des services de santé sexuelle et reproductive en cas de catastrophe.*
- *L'action 14 vise à **accroître la participation des femmes et des parties prenantes en matière d'égalité dans la GRC**, en préconisant des quotas pour assurer une représentation d'au moins un tiers de femmes dans les comités nationaux et infranationaux qui conseillent le gouvernement sur la réduction des risques de catastrophe.*

Pour soutenir encore l'intégration d'une perspective de genre dans la gestion des catastrophes, il est fondamental d'améliorer la collecte et l'analyse de données ventilées, comme l'exige le Cadre de Sendai, sur les effets du changement climatique lié aux catastrophes sur les hommes et les femmes, ainsi que sur la manière dont les situations d'urgence affectent différemment les dimensions physiologiques, économiques, sociales et psychologiques. Une compréhension plus approfondie des différences entre les femmes et les hommes est nécessaire pour informer efficacement les politiques de gestion des catastrophes.

CONCLUSION

Le changement climatique aggrave considérablement les risques, rendant la GRC plus essentielle que jamais. La fréquence et la gravité des catastrophes naturelles augmente et il devient primordial de mettre en place des stratégies de gestion solides, pour atténuer les effets et renforcer la résilience des communautés. Or, dans ce contexte, il faut aussi prendre en compte les vulnérabilités spécifiques, en particulier celles liées au genre, car les femmes sont plus exposées aux risques pendant et après les catastrophes pour des raisons physiologiques, socio-économiques et géographiques, dont ne tient pas forcément compte la GRC seule.

Les cadres internationaux, et notamment le Cadre de Sendai, les ODD, l'Accord de Paris sur le changement climatique, le Mécanisme international de Varsovie relatif aux pertes et préjudices, le Réseau de Santiago, le pacte des Nations unies pour l'avenir, mais aussi d'autres cadres mondiaux, régionaux et nationaux connexes sont essentiels pour la gestion des risques de catastrophe. Conformément au Plan d'action pour l'égalité des genres adopté pour soutenir la mise en œuvre du Cadre de Sendai, il s'agit d'une étape importante dans la reconnaissance et la prise en compte de ces disparités. Cette avancée souligne l'importance de continuer à tenir compte des questions d'égalité entre femmes et hommes dans les efforts de réduction des risques de catastrophe.

En intégrant les considérations de genre dans tous les aspects de la politique et de la planification, nous pouvons veiller à ce que les vulnérabilités propres aux femmes soient prises en compte, et promouvoir ainsi une société plus équitable et plus résiliente, capable de faire face aux défis du changement climatique.

18 UNDRR. (2024). What is the Sendai Gender Action Plan? [Plan d'action de Sendai pour le genre] United Nations Office for Disaster Risk Reduction. https://www.undrr.org/news/what-sendai-gender-action-plan.

Dérèglement climatique et santé au travail :

Intensification des risques et stratégies de prévention

Cyril Cosme
Directeur du Bureau de l'Organisation Internationale du Travail (OIT) pour la France

Ancien élève de l'ENA et diplômé de l'IEP de Paris, Cyril Cosme a débuté sa carrière au Ministère du travail en 1997. Après avoir dirigé le Bureau des Conventions collectives et des conflits du travail, il rejoint le Secrétariat général aux affaires européennes en 2000. En 2004, il devient Conseiller pour les affaires sociales puis Chef du service emploi, affaires sociales et santé à la Représentation permanente de la France auprès de l'UE. Conseiller pour les affaires sociales à l'Ambassade de France à Washington en 2009 puis Délégué aux Affaires Européennes et Internationales au sein des ministères sociaux en 2012, il dirige depuis 2014 le Bureau de l'OIT pour la France.

Les risques professionnels liés au changement climatique deviennent de plus en plus préoccupants, touchant particulièrement les catégories de travailleurs les plus vulnérables. Les décès dus à la chaleur extrême et à d'autres dangers climatiques tels que les phénomènes météorologiques extrêmes, la pollution de l'air ou les maladies à transmission vectorielle augmentent, affectant surtout les travailleurs des secteurs les plus exposés comme le bâtiment et l'agriculture. Ces impacts sont d'autant plus importants dans les pays du Sud, où le travail en extérieur est fréquent et les normes de protection insuffisantes.

Au travers de cette interview, Cyril Cosme, Directeur du bureau de l'Organisation Internationale du Travail (OIT) pour la France, revient sur les risques que le dérèglement climatique fait peser sur les travailleurs et présente le rôle que joue l'OIT dans la documentation des risques, l'élaboration de normes de protection et le soutien aux administrations dans leur mise en œuvre, surtout dans les pays manquant de capacités pour gérer ces défis seuls.

Pourriez-vous nous décrire brièvement les grands défis mondiaux actuels en matière de santé et de sécurité au travail (SST) ?

Chaque jour, dans le monde, 1 000 personnes meurent d'un accident du travail et 6 500 d'une maladie professionnelle, soit plus de 2,3 millions de victimes par an. Ces données sont une estimation moyenne, la situation variant grandement d'une région à une autre.

La prévalence des maladies professionnelles se vérifie partout, mais la morbidité due aux accidents du travail est plus importante en Afrique (25 %) ou en Asie (18 %) qu'en Europe ou en Amérique du Nord (3 %). Par ailleurs, la déclaration et le suivi épidémiologique pour l'identification des maladies professionnelles, aléatoires dans de nombreux pays, peuvent conduire à la production de chiffres ne reflétant pas la réalité : les cancers représentent 50 % des victimes dans les pays à revenu élevé contre 10 % en Afrique.

De quelle manière les normes internationales ont-elles intégré les enjeux de SST comme une condition du travail décent ?

Historiquement, le droit du travail s'est développé sur le terrain de la santé et de la sécurité au travail (SST). En cas d'accident, l'employeur n'était tenu d'apporter une réparation au travailleur que si sa responsabilité était établie, d'où l'adoption du principe de responsabilité sans faute de l'employeur. Aujourd'hui, le droit de travailler dans un environnement sûr et salubre est reconnu comme un droit fondamental parmi les droits humains, au même titre que l'interdiction du travail forcé.

Plusieurs phases se sont succédé pour parvenir à ce résultat, la SST ayant toujours été un domaine d'intervention très important pour l'OIT. Avec la création du service d'hygiène industrielle en 1920 naissent les premières réglementations internationales. Aujourd'hui, c'est le Bureau International du Travail (BIT) qui élabore des directives, constituant en quelque sorte un code international de la SST.

Les normes internationales du travail (NIT), qui prennent la forme de conventions négociées entre gouvernements, employeurs et travailleurs des Etats membres, ont évolué à travers trois approches :

- Elles ont d'abord agi pour la protection des travailleurs face aux dangers propres à certains secteurs comme les mines et industries, mais aussi face à l'exposition à certains risques physiques tels que les substances toxiques ou les machines dangereuses. Elles ont également porté une attention particulière à des publics spécifiques, notamment les femmes, les travailleurs de nuit et les jeunes.
- Ensuite, les NIT ont édifié des systèmes de protection sociale, avec les branches accidents du travail et maladies professionnelles, dans une logique réparatrice en cas d'accident.
- Aujourd'hui, c'est l'approche par la prévention qui domine, qui se double d'une approche de la santé au travail comme un élément de bien-être global. Celle-ci trouve son fondement dans la Déclaration de Philadelphie (1944), qui ambitionne de faire du travail un facteur d'épanouissement personnel et de contribution de chacun au bien-être commun en établissant que « le travail n'est pas une marchandise ».

Ainsi, travail et santé interagissent étroitement et doivent aller de pair, ce qui justifie de faire de la santé un pilier important de l'agenda du travail décent.

En quoi le travail dépend-il de l'environnement et de la qualité des écosystèmes ?

Le travail place l'homme en relation directe avec son environnement. Par son travail, l'homme transforme la nature, il en tire les ressources pour se nourrir et produire des biens et services. Or, le changement climatique et la pollution dégradent les écosystèmes, affectant par ricochet les conditions de travail et les résultats économiques. On estime que près de la moitié du PIB mondial est compromis, car il dépend notamment des services écosystémiques. En effet, 1,2 milliards d'emplois sont dans l'agriculture, la pêche et la sylviculture. La surexploitation des ressources, non soutenable et amenée à croître selon les tendances actuelles, réduit par ailleurs la productivité, entraînant des hausses de prix, des pénuries d'eau, une érosion des sols et une baisse des rendements agricoles.

« Or, le changement climatique et la pollution dégradent les écosystmes, affectant par ricochet les conditions de travail et les résultats économiques. »

Face à ces perspectives, le scénario de la décroissance semble correspondre à celui du *statu quo* écologique : une économie fortement consommatrice d'énergies fossiles et de ressources naturelles, aboutissant à une baisse généralisée des rendements sous le double effet de l'extinction à long terme de ces ressources et du dérèglement climatique.

Ces scénarios compromettent sérieusement toute perspective de plein emploi productif. Entre 2000 et 2015, 23 millions d'années de vie active ont été perdues à cause de la dégradation environnementale[1], et on estime un déficit de centaines de millions d'emplois d'ici 2030.

L'OIT a récemment publié un rapport soulignant l'émergence de nouveaux risques liés au changement climatique dans le domaine de la SST. Pourriez-vous nous en dire plus sur ces risques et la manière dont ils affectent les travailleurs ?

De façon générale, le changement climatique amplifie les risques ou en créé de nouveaux, et cet impact est d'autant plus fort pour les catégories de travailleurs les plus vulnérables.

Selon le rapport auquel vous faites référence[2], six impacts du changement climatique se distinguent par leur gravité et l'ampleur de leurs effets sur les travailleurs : chaleur excessive, rayonnement ultra-violet, phénomènes météorologiques extrêmes, pollution de l'air, maladies à transmission vectorielle et produits agrochimiques.

Travailler sous des températures extrêmes est un risque documenté depuis longtemps. Les secteurs les plus touchés sont bien sûr liés au travail en extérieur ou aux transports, comme l'agriculture ou le tourisme. On estime à 2,4 milliards le nombre de travailleurs ainsi exposés, dont la moitié dans l'agriculture. Outre le stress thermique entraînant une perte de productivité équivalente à 80 millions d'emplois, travailler sous forte chaleur augmente également les risques cardio-vasculaires. L'exposition au rayonnement ultraviolet concerne sensiblement le même type de population. Environ 1,6 milliards de personnes y sont exposées dans le cadre de leur travail, or, le risque de lésions cancéreuses est important, entraînant 19 000 décès liés au travail par an.

Ces deux facteurs sont bien identifiés et documentés car les risques liés sont plus évidents à observer et plus anciens. Ce n'est pas le cas des autres. Les phénomènes météorologiques extrêmes affectent les travailleurs de la santé et des secours d'urgence, ou encore de l'agriculture, de la pêche et de la forêt. L'Organisation Météorologique Mondiale publie des données sur le nombre global de décès mais n'isole pas ceux liés au travail. De même, il est difficile de recueillir des données épidémiologiques précises sur les maladies à transmission vectorielle et l'exposition aux pesticides liées au travail. La pollution de l'air représente un risque accru pour les travailleurs en extérieur ou impliqués dans le transport.

1 Organisation Internationale du Travail. (2018). *Emplois et questions sociales dans le monde 2018 : une économie verte et créatrice d'emplois.* Genève: Bureau international du Travail.

2 Organisation Internationale du Travail. (22 avril 2024). Assurer la sécurité et la santé au travail à l'heure du changement climatique. Organisation Internationale du Travail. https://www.ilo.org.

On compterait déjà chaque année jusqu'à 860 000 décès liés à l'exposition à la pollution de l'air sur le lieu de travail, un chiffre que les impacts du changement climatique risquent d'aggraver.

A noter que les 53 % de personnes dans le monde sans protection sociale sont les plus exposées à ces risques. Les inégalités, déjà béantes et allant croissant (1 % de la population capture 27 % du revenu, alors que 50 % des plus pauvres se partagent 12 % des richesses), s'aggraveront sans mesures correctrices d'anticipation, à la fois entre pays riches et pays pauvres, et au sein des pays.

Vous abordez le sujet des inégalités : quelles vulnérabilités faut-il considérer pour appréhender les risques professionnels liés au changement climatique et leurs impacts sur différentes populations ?

La vulnérabilité du monde du travail face au changement climatique épouse largement la géographie actuelle des inégalités mondiales. Les pays les plus pauvres auront moins de ressources pour s'adapter, de même que leurs gouvernements auront moins de moyens pour mener les politiques qui sont nécessaires. Au-delà de la vulnérabilité accrue des pays du Sud, souvent plus marqués par les impacts du changement climatique, les groupes défavorisés tels que les chômeurs, les travailleurs de l'économie informelle, les travailleurs de l'économie agraire (dans laquelle les femmes sont majoritaires et les travailleurs migrants nombreux), sont également particulièrement exposés à ces impacts.

Je donnerais ici un exemple : les plus pauvres sont les plus impactés par le changement climatique du fait de leur plus grande sensibilité à la hausse des prix des denrées alimentaires et de l'énergie. La sécurité alimentaire de 40 % des travailleurs pourrait ainsi être compromise.

Les considérations liées à l'âge, à l'état de santé ou au handicap sont aussi importantes. Les plus âgés (ou les très jeunes adultes) et les personnes souffrant de pathologies chroniques sont plus vulnérables aux risques professionnels liés au changement climatique.

Ces sujets de prise en compte des vulnérabilités font écho à la notion de « transition juste » : que signifie et implique cette dernière selon l'OIT ?

Il est important de ne pas aborder la transition écologique indépendamment des autres enjeux, en particulier le défi des inégalités. Le niveau actuel des inégalités est peu compatible avec l'adhésion des peuples à la transition, ce qui constitue une menace directe. En ce sens, la justice sociale est essentielle dans la transition vers une économie décarbonée.

Permettez-moi de rappeler la genèse de cette notion de transition juste. Au début des années 2000, la protection de l'environnement et la promotion des énergies renouvelables permettent de créer de nouveaux emplois dits « verts ». L'OIT lance alors son premier programme dédié.

Quelques années plus tard, on constate que le défi climatique dépasse la seule question des emplois verts, nécessitant un changement de paradigme. L'OIT lie alors la crise climatique à la crise sociale, et avance plusieurs études démontrant que les inégalités et la dégradation environnementale sont les deux faces d'une même crise liée à un modèle de croissance basé sur les énergies fossiles.

« La vulnérabilité du monde du travail face au changement climatique épouse largement la géographie actuelle des inégalités mondiales. »

L'Accord de Paris consacre le concept de « transition juste » en l'inscrivant dans le texte du préambule et en l'associant à la création d'emplois décents pour tous. La même année, l'OIT adopte les principes directeurs de la transition juste pour « rendre l'économie plus verte d'une manière qui soit aussi équitable et inclusive que possible pour tous, en créant des opportunités d'emplois décents et en ne laissant personne de côté »[3].

Concrètement, la transition juste associe trois changements majeurs dans le système productif : la transition énergétique, la transition vers une économie circulaire, et la promotion de solutions fondées sur la nature. Ces trois changements sont porteurs de créations d'emplois par rapport au modèle économique conventionnel que nous connaissons.

Pour réussir et emporter l'adhésion des populations, la transition juste doit cependant corriger les facteurs de déséquilibres géographiques (entre Nord et Sud) et redistributifs au sein des pays (entre catégories de travailleurs, secteurs et niveaux de revenus).

3 Organisation Internationale du Travail. (2016). *Principes directeurs pour une transition juste vers des économies et des sociétés écologiquement durables pour tous.* Organisation Internationale du Travail.

Comment les risques professionnels liés au changement climatique sont-ils intégrés dans les normes et politiques internationales et nationales, et quel est le rôle de l'OIT dans ce processus ?

En matière de SST, il y a toujours eu des constantes et des nouveautés. Parmi les constantes, il y a le principe de la prévention : prévention primaire (éviter la survenance d'un risque), secondaire (en prévenir les effets à travers des mesures de protection), et tertiaire (diminuer l'impact en cas de dommage). Il y a aussi le principe de la responsabilité de l'employeur et du donneur d'ordre envers le travailleur. Ce cadre juridique s'est avéré robuste face aux nouveaux défis, qu'ils soient liés à la transformation de l'appareil de production, aux phénomènes de violence, de harcèlement, au sexisme ou aux discriminations.

Avec le changement climatique et son impact sur la SST, on se retrouve dans ce même schéma, celui d'un phénomène nouveau que l'on doit intégrer dans les politiques de prévention au niveau de l'entreprise et des branches professionnelles. Or, il est essentiel d'être en capacité de mesurer ces risques et d'évaluer les politiques de prévention mises en place, mais cela implique davantage de données épidémiologiques. C'est pourquoi l'OIT joue son rôle sur différents registres d'intervention :

« Avec le changement climatique et son impact sur la SST, on se retrouve dans ce même schéma, celui d'un phénomène nouveau que l'on doit intégrer dans les politiques de prévention au niveau de l'entreprise et des branches professionnelles. »

- la recherche et l'analyse, pour documenter les nouveaux facteurs de risque et l'impact du changement climatique ;
- les normes, avec en particulier la reconnaissance du droit fondamental à travailler dans un environnement sûr et sain. L'application de ces normes peut conduire à une définition de seuils d'exposition au risque, à une obligation de port d'équipements de protection, ou à une adaptation de la liste des maladies professionnelles reconnues (comme c'est le cas par exemple dans quelques pays pour le cancer de la peau d'origine professionnelle). Plusieurs conventions de l'OIT, détaillées dans les Recueils de directives pratiques du BIT, traitent des facteurs de risques liés au changement climatique, à l'instar de la convention 148 (1977) sur le milieu de travail (pollution de l'air, bruit et vibration) ;
- l'aide technique à nos membres pour mettre en place ces politiques, en particulier dans les pays en développement.

Quels acteurs doivent être mobilisés dans la gestion des risques de SST liés au changement climatique ?

Les partenaires sociaux jouent un rôle central dans la prévention des risques liés au changement climatique, comme le souligne la convention 187 de l'OIT. Seul le dialogue social permet une écoute de ceux qui y sont directement confrontés. Par exemple, en Europe de l'Ouest, nous avons commencé à parler des effets de la chaleur extrême sur le travail dans le secteur du bâtiment après la canicule de 2003, à la suite de nombreuses interruptions de chantiers survenues en raison des coups de chaleur.

Un exemple notable du rôle prépondérant des partenaires sociaux est l'accord-cadre conclu entre l'Internationale des travailleurs du Bâtiment et du Bois (IBB) et l'entreprise de construction belge BESIX[4], qui protège la sécurité et la santé des travailleurs de la construction au Moyen-Orient face à des températures extrêmes. L'accord précise que les chantiers doivent proposer des éléments essentiels comme de l'eau potable en quantité suffisante et des abris contre les mauvaises conditions climatiques. De plus, les travailleurs doivent être régulièrement informés sur la prévention des coups de chaleur et de l'érythème solaire. En 2023, l'IBB a lancé une nouvelle campagne intitulée « Réchauffons les droits des travailleurs, pas la planète ». Celle-ci visait à reconnaître l'importance de la SST en cas de chaleur et de phénomènes météorologiques extrêmes, et à exiger de meilleurs emplois et conditions de travail en cette période d'urgence climatique.

Par ailleurs, les conventions collectives du bâtiment en Grèce et en Espagne intègrent également la question des températures extrêmes.

Identifiez-vous des approches innovantes développées pour protéger les travailleurs ?

Le recours à la technologie est de plus en plus fréquent pour réduire les risques liés à la SST des travailleurs exposés à des situations dangereuses. Ainsi, des drones peuvent être utilisés pour évaluer les risques liés à l'accessibilité des zones après des tempêtes ou pour enquêter sur des accidents. Ils peuvent aussi être déployés pour suivre et gérer les incendies de forêt, et aider à les contenir, même dans des zones reculées. Réduire l'ampleur et la durée des incendies limiterait les risques pour les pompiers et autres intervenants d'urgence. Des vêtements intelligents peuvent également être utilisés pour réduire les risques causés par des phénomènes météorologiques extrêmes. Par exemple, il est possible d'intégrer des capteurs aux vêtements de travail pour détecter des températures corporelles extrêmes, des caméras peuvent enregistrer et évaluer les incidents, et des GPS peuvent avertir les travailleurs s'ils pénètrent dans des zones dangereuses.

4 IBB, & BESIX Group. (2017, 14 décembre). *Accord-cadre international pour des conditions de travail équitables.* BESIX Group.

Session à la Conférence Internationale du travail

Comment l'OIT aide-t-elle, au travers de l'appui technique précédemment mentionné, les pays en développement à gérer les risques professionnels liés au changement climatique ?

De façon générale, nous intervenons au stade de la formulation des stratégies et des politiques, sur le terrain de l'atténuation comme de l'adaptation. L'OIT a appuyé plusieurs pays dans l'élaboration de leurs engagements à mettre en œuvre les accords de Paris, en intégrant dans ces engagements un volet social (les *NDCs,ou Nationally Determined Contributions*).

En matière de prévention des risques, nous renforçons les capacités des administrations du travail. La formation des acteurs est le premier terrain d'intervention pour encourager la prise de conscience des risques ainsi que de leur traitement et leur prévention. Par exemple, des ateliers ont été organisés pour former les inspecteurs du travail en Tunisie, au Maroc et en Égypte aux vulnérabilités propres aux femmes. Ceux-ci ont abordé des sujets comme le stress thermique des femmes travaillant en extérieur, la qualité de l'air, et le stress psychosocial provoqué par les inquiétudes des femmes pour leurs familles et communautés.

> *« Aujourd'hui, avec l'apparition des nouveaux risques pour les travailleurs et la création de normes visant à les protéger, le lieu de travail devient un point central pour élargir la protection sociale. »*

Nous intervenons aussi pour diffuser de bonnes pratiques collaboratives entre acteurs. Dans les pays tropicaux, les risques sanitaires liés aux maladies vectorielles impactent le développement économique. Il est donc crucial de renforcer le système de santé dans son ensemble, en combinant une approche de la santé publique et de la santé au travail. Cela implique un suivi épidémiologique renforcé et une adaptation des pratiques professionnelles.

A titre d'exemple, un projet lancé en Tanzanie a étudié l'intégration des mesures agricoles et de santé publique pour combattre la résistance aux insecticides, qui forme un obstacle majeur au contrôle du paludisme (souvent à cause de l'utilisation inappropriée des pesticides)[5]. Ce projet comprenait des ateliers et formations au cours desquels les agriculteurs ont appris à différencier les vecteurs du paludisme, à identifier les maladies agricoles, à utiliser les pesticides efficacement et à mener des tests de résistance. Les recherches ont souligné l'importance de sensibiliser les agriculteurs à l'écologie des moustiques et de combiner les mesures de santé publique et de gestion des pesticides.

Vous soulignez l'importance de faire le lien entre santé publique et santé au travail. Pourriez-vous, en conclusion de cet échange, préciser la relation entre ces deux sphères et les opportunités qu'offrent ces interactions ?

À l'origine, la santé au travail et la santé publique évoluaient séparément. Aujourd'hui, avec l'apparition de nouveaux risques pour les travailleurs et la création de normes visant à les protéger, le lieu de travail devient un point central pour élargir la protection sociale, particulièrement dans les pays du Sud où la santé publique est moins développée. Dans ces régions, un suivi épidémiologique sur le lieu de travail et des mesures de prévention des risques se construit en répondant aux obligations légales locales et aux exigences des contrats de sous-traitance avec des donneurs d'ordre des pays du Nord.

Initialement conçus pour prévenir les risques professionnels, ces dispositifs institutionnels en entreprise sont de plus en plus utilisés pour élargir la protection sociale des travailleurs à l'ensemble des risques, constituant ainsi une opportunité pour le développement de la santé publique.

5 Matowo, N. S., et al. (2022). Participatory approaches for raising awareness among subsistence farmers in Tanzania about the spread of insecticide resistance in malaria vectors and the possible link to improper agricultural pesticide use. [Approches participatives pour sensibiliser les agriculteurs de subsistance en Tanzanie à la propagation de la résistance aux insecticides chez les vecteurs du paludisme et au lien possible avec l'utilisation inappropriée de pesticides agricoles.] *Malaria Journal*, 21(1), Article 277. https://doi.org/10.1186/s12936-022-04289-1.

Drône survolant un incendie de forêt

Crises environnementales, changement climatique :

L'éco-anxiété des jeunes et l'urgence d'une réponse transformative

Annamaria Lammel
Professeure émérite à l'Université Paris 8, affiliée au Laboratoire Paragraphe

Source : A. Lammel

Annamaria Lammel, professeure émérite à l'Université Paris 8, affiliée au Laboratoire Paragraphe, possède une triple formation en anthropologie, psychologie cognitive et linguistique. Ses recherches, menées auprès des Amérindiens Totonaques (Mexique), des Inuits (Canada), et en France, portent sur l'influence de la culture et de l'environnement bio-physique sur le développement humain. Elle s'est intéressée à la perception des menaces environnementales chez les enfants et leurs capacités d'adaptation cognitive et psychologique. Elle a identifié le passage d'une enfance « naturelle » à une enfance « technologique » et l'émergence des « cyborg-enfants ». Elle est auteure principale des deux derniers rapports du GIEC et experte nommée par les Nations Unies sur l'environnement mondial.

Le monde fait face à une triple crise environnementale : changement climatique, perte de biodiversité, pollution. La conscience de ces crises augmente : de plus en plus d'organisations tentent de contrôler les activités humaines nuisibles. Malgré cela, les changements apportés sont insuffisants. Les médias rapportent quotidiennement des nouvelles alarmantes, provoquant du stress qui peut se transformer en éco-anxiété, une peur chronique de catastrophe environnementale, pouvant conduire à la dépression et aux états anxieux. L'anxiété climatique, une forme d'éco-anxiété, est une menace majeure pour la santé mentale au 21e siècle. Elle affecte directement la santé mentale par des événements météorologiques extrêmes, indirectement par des conséquences comme la famine, ou vicariant par les médias. Les jeunes sont particulièrement touchés : 47 % des jeunes adultes américains déclarent un impact sur leur vie quotidienne. Les enfants sont particulièrement vulnérables, pouvant développer l'éco-anxiété dès 8 ans. Pour faire face à ce problème de santé mentale généralisé, lié à des facteurs variés, il faut agir à la racine : éducation, augmentation des espaces verts, design biophilique, attitudes responsables, vision à long terme des politiciens et entreprises, transformation des systèmes. Les gouvernements doivent protéger les jeunes, valider leurs craintes et les impliquer dans les décisions. Une action collective et urgente est essentielle pour protéger la santé mentale des jeunes générations.

> *"Je pense qu'il y aura beaucoup de tempêtes en France parce qu'il aura tellement fait chaud que le temps va se rattraper et toute l'eau du ciel va tomber d'un seul coup. Peut-être que la France deviendra une île. Dans 30 ans la planète sera abîmée, peut-être qu'il n'y aura plus d'arbres à cause des produits toxiques, et comme ils nous font respirer on va mourir sans eux."*

Julie 11 ans, Région Parisienne, 2011

INTRODUCTION

Chaque jour, les médias rapportent des nouvelles alarmantes sur le changement climatique, la perte de biodiversité et l'augmentation de la pollution des eaux, des océans, des terres et de l'air. Même sans en avoir une expérience personnelle, les individus sont touchés, ressentant une vulnérabilité cognitive face à la complexité des problèmes et l'incapacité à agir face à leur immensité, ce qui provoque de fortes réponses émotionnelles négatives.

Imaginez rentrer chez vous et constater des dégâts des eaux, une odeur de moisissure, de la poussière et une invasion d'insectes. Vous ressentez du stress (une réaction normale), ce qui mobilise vos capacités cognitives pour réfléchir à comment retrouver un appartement sain.

Mais comment gérer le stress face à une planète déréglée, menacée et menaçante, et à l'inertie des systèmes humains à trouver des solutions efficaces et stables ? Le stress se transforme alors en émotions négatives fortes, en anxiété, ce que les psychiatres et les psychologues ont identifié depuis 2000 comme l'éco-anxiété.

LA SITUATION ACTUELLE : TRIPLE CRISE ENVIRONNEMENTALE ET RÉPONSE INADÉQUATE

Le monde est confronté à une triple crise environnementale, plus la dégradation des sols :

- Changement climatique : le sixième rapport d'évaluation du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC), publié en mars 2021 (groupe de travail 1), estime que le réchauffement de la planète atteindra +1,5°C par rapport à l'ère préindustrielle dès le début des années 2030, et ce quels que soient les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre ;
- Perte de biodiversité : selon le Rapport d'évaluation mondiale 2019 de la plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), un million d'espèces de plantes et d'animaux sont désormais menacés d'extinction ;
- Pollution : on estime que celle-ci est responsable de 9 millions de décès par an dans le monde, les décès liés à la pollution ayant augmenté de 66% au cours des deux dernières décennies[1].

A cette triple crise s'ajoute la dégradation des sols. En 2022, la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (UNCDD) alertait dans un rapport sur le fait que 40 % des terres à l'échelle mondiale sont désormais dégradées (contre 25 % en 2017), ce qui affecte directement la moitié de l'humanité et menace la moitié du PIB mondial.

La conscience de ces crises globales a fortement augmenté ces dernières années. La multiplication des organisations internationales et nationales visant à réglementer les activités humaines nuisibles montre l'ampleur des problèmes. Toutefois, malgré des progrès et des efforts, les indices montrent que les changements nécessaires pour un rééquilibrage de l'environnement biophysique au niveau global sont loin d'être atteints.

L'IMPACT PSYCHOLOGIQUE DE LA CRISE ENVIRONNEMENTALE : L'ECO-ANXIÉTÉ

La reconnaissance des états anxieux liés aux dangers de l'utilisation des pesticides ou de l'explosion de la centrale nucléaire de Tchernobyl existe depuis les années 1960. Ces états anxieux étaient donc déjà liés à des risques environnementaux. Le terme éco-anxiété, une forme spécifique d'anxiété, apparaît seulement après les années 2000. L'éco-anxiété peut être décrite comme un sentiment persistant d'angoisse lié à la dégradation de la nature et de l'environnement naturel. Il s'agit d'un sentiment de perte, de modification de notre « niche » développementale à laquelle nous étions attachés. La notion de biophilie est souvent évoquée car ce terme[2] désigne notre affiliation avec la nature, laquelle est menacée par le monde technologique basé sur la production et la consommation croissantes. On peut aussi évoquer un sentiment de perte d'identité, de continuité dans la lignée des êtres vivants, libres et protégés par les écosystèmes équilibrés, avec des modifications progressives constituées pendant des millions d'années[3].

« L'éco-anxiété peut être décrite comme un sentiment persistant d'angoisse lié à la dégradation de la nature et de l'environnement naturel. Il s'agit d'un sentiment de perte, de modification de notre « niche » développementale à laquelle nous étions attachés. »

L'éco-anxiété n'est pas reconnue comme une pathologie spécifique par le DSM-5[4]. L'Association Américaine de Psychologie la définit comme une « peur chronique de la catastrophe environnementale »[5]. Cet état mental inclut une inquiétude excessive, des angoisses et un stress persistant concernant les potentiels effets désastreux du changement climatique dans le futur, et bien évidemment pour les jeunes générations et celles à venir. La littérature scientifique décrit la présence d'émotions négatives, comme la peur, la douleur, la tristesse, la colère, et le sentiment de culpabilité, mais également la frustration. En effet, les personnes souffrant d'éco-anxiété peuvent avoir la sensation, par exemple, que les efforts de réduction des gaz à effet de serre ne sont pas suffisants pour répondre à l'urgence environnementale. Cette forme d'anxiété peut provoquer de réels problèmes de santé mentale : dépression, états anxieux, ou encore maladies liées au stress.

1 United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). *Comment les groupes d'experts sur l'interface science-politique apportent des solutions aux crises planétaires.* United Nations Environment Programme. https://www.unep.org/fr/actualites-et-recits/recit/comment-les-groupe-dexperts-sur-linterface-science-politiques-apportent.

2 Wilson, E. O. (1986). Biophilia. [Biophilie.] Harvard University Press.

3 Passmore, H. A., Lutz, P. K., & Howell, A. J. (2023). Eco-anxiety: A cascade of fundamental existential anxieties. [L'éco-anxiété : Une cascade d'angoisses existentielles fondamentales.] Journal of Constructivist Psychology, 36(2), 138-153.

4 Cinquième et dernière edition du Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux et psychiatriques de l'Association américaine de psychiatrie.

5 APA and ecoAmerica, 2017.

Source : A. Lammel

UNE FORME SPÉCIFIQUE DE L'ÉCO-ANXIÉTÉ : L'ANXIÉTÉ CLIMATIQUE

Selon un article publié dans la revue The Lancet, le changement climatique peut être considéré comme la « plus grande menace pour la santé mentale au 21ème siècle »[6]. Nous allons nous concentrer dans cet article sur une forme spécifique d'éco-anxiété : l'anxiété climatique.

Les changements climatiques peuvent affecter la santé mentale de trois manières : directe, indirecte et vicariante[7].

- De manière directe : le vécu des événements météorologiques extrêmes peut provoquer des syndromes post-traumatiques, des troubles dépressifs et anxieux, voire des pensées suicidaires.
- De manière indirecte : les effets indirects incluent les conséquences du changement climatique comme la famine liée aux sécheresses, les migrations, et la perte de biens. Celles-ci augmentent la vulnérabilité cognitive et laissent place aux troubles anxieux et dépressifs.
- De manière vicariante : même si les individus ne sont pas directement ou indirectement concernés par le réchauffement climatique, leur santé mentale peut être affectée. On parle alors d'effet par procuration : les personnes sont au courant des changements déjà présents et des prévisions souvent catastrophiques par le biais des médias et peuvent développer l'éco-anxiété.

La littérature distingue différents états de santé mentale liés aux crises climatiques, mais aussi aux deux autres crises mentionnées dans l'introduction (perte de biodiversité et pollution). Ainsi, la douleur écologique *(ecological grief)* fait référence à un état mental caractérisé par la tristesse et la douleur liées aux changements dans les écosystèmes. Un autre phénomène psychologique proche est la « solastalgie », une forme de nostalgie douloureuse causée par la perte de la nature originelle. Ces formes d'anxiété climatique sont liées aux besoins innés des humains d'appartenir à un monde sain. Ce concept évoque également un sentiment omniprésent dans les populations autochtones ou locales, maintenant identifié par les scientifiques occidentaux sous le concept de « One Health » : une seule santé pour les êtres vivants et les écosystèmes. La santé humaine n'est ainsi plus envisageable sans la santé d'autres formes de vie et des écosystèmes équilibrés.

Les psychologues travaillent aujourd'hui sur les outils permettant d'identifier l'anxiété climatique. Clayton et Karazsai[8] ont par exemple publié une méthode pour la mesurer. Le questionnaire de type Likert à 5 points[9] consiste en 13 propositions, telles que « Je fais des cauchemars sur le changement climatique ». Cet outil, validé pour la population américaine, a été adapté dans d'autres pays. Les échelles d'anxiété climatique de ce type permettent d'identifier l'ampleur du phénomène.

L'ANXIÉTÉ CLIMATIQUE : UNE MENACE GRANDISSANTE POUR LA SANTÉ MENTALE DES JEUNES ET DES ENFANTS

Une enquête menée aux États-Unis montre que 68 % des personnes interrogées ressentent au moins un peu d'éco-anxiété en relation avec le changement climatique. Les jeunes adultes âgés de 18 à 34 ans sont particulièrement concernés, 47 % d'entre eux déclarent en effet que le stress lié au changement climatique affecte leur vie quotidienne. Chez les enfants et les jeunes, l'anxiété climatique ne connaît pas de frontières. Une étude menée dans 10 pays auprès de 10 000 enfants et jeunes âgés de 16 à 25 ans[10] en révèle l'ampleur. Une grande majorité des jeunes interrogés se déclarent très, voire extrêmement inquiets des effets du changement climatique ***(Illustration 1)***. Les participants témoignent souvent des mêmes émotions négatives que les adultes : tristesse, anxiété, colère, impuissance et culpabilité. Plus de 45 % des participants considèrent que le changement climatique provoque chez eux un stress chronique.

« Selon un article publié dans la revue The Lancet, le changement climatique peut être considéré comme la « plus grande menace pour la santé mentale au 21ème siècle ». »

Les jeunes sont donc très préoccupés par l'avenir, ressentant des sentiments de désespoir et de trahison à l'égard des adultes et des gouvernements. L'étude suggère en effet que l'inaction gouvernementale face au changement climatique contribue au stress psychologique des jeunes et des enfants, et à un sentiment d'injustice morale.

6 Costello, A., Abbas, M., Allen, A., Ball, S., Bell, S., Bellamy, R., ... & Patterson, C. (2009). Managing the health effects of climate change. [Gérer les effets du changement climatique sur la santé.] lancet and University College London Institute for Global Health Commission. The lancet, 373(9676), 1693-1733.

7 Berry, H., Bowen, K., & Kjellstrom, T. (2010). Climate change and mental health: A causal pathways framework. [Changement climatique et santé mentale : Un schéma de cheminement causal.] International Journal of Public Health, 55(2), 123–132. https://doi.org/10.1007/s00038-009-0112-0.

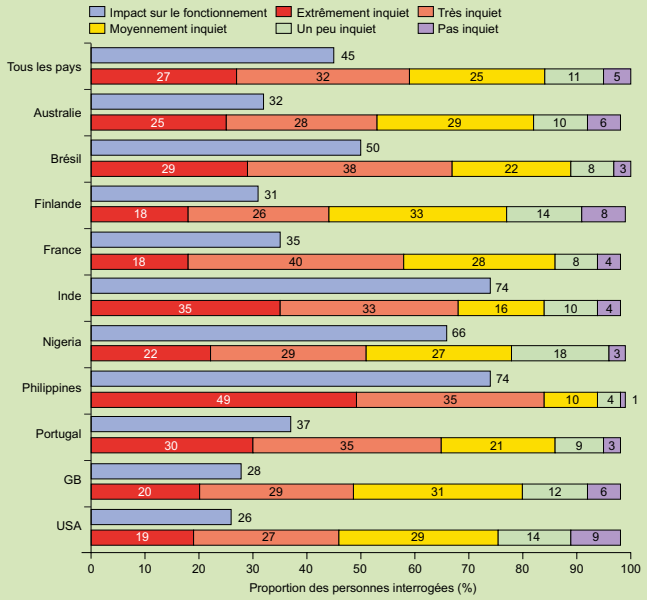
8 Clayton, S., & Karazsia, B. T. (2020). Development and validation of a measure of climate change anxiety. [Développement et validation d'une mesure de l'anxiété liée au changement climatique.] Journal of environmental psychology, 69, 101434.

9 Questions de type échelle de Likert, généralement en 5 points (en total désaccord / en désaccord / neutre / en accord / en total accord).

10 Hickman, C., Marks, E., Pihkala, P., Clayton, S., Lewandowski, R. E., Mayall, E. E., ... & Van Susteren, L. (2021). Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: a global survey. [L'anxiété climatique chez les enfants et les jeunes et leurs croyances sur les réponses des gouvernements au changement climatique : une enquête mondiale.] The Lancet Planetary Health, 5(12), e863-e873.

L'illustration 1 montre également que les enfants et jeunes les plus exposés aux risques climatiques, comme aux Philippines, en Inde ou au Portugal (feux de forêt), sont plus inquiets que ceux vivant dans des conditions climatiques plus favorables et dans des pays économiquement plus protecteurs, comme la Finlande.

Illustration 1 : Proportion de l'échantillon déclarant un impact négatif sur leur fonctionnement en raison de leurs sentiments concernant le changement climatique et divers niveaux d'inquiétude face à celui-ci. Données présentées pour l'ensemble de l'échantillon (n=10 000) et par pays (n=1000 par pays).



Source : Hickman, C., Marks, E., Pihkala, P., Clayton, S., Lewandowski, R. E., Mayall, E. E., ... & Van Susteren, L. (2021). Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: a global survey. The Lancet Planetary Health, 5(12), e863-e873. Figure 1.

Les spécificités de l'éco-anxiété chez les plus jeunes enfants ont été observées et étudiées dès l'âge de 8 ans[11]. En effet, les enfants développent spontanément une morale environnementale majoritairement biocentrique, c'est-à-dire qu'ils considèrent que le monde vivant, autre que les êtres humains, dispose des mêmes droits que ces derniers[12]. Ce concept renvoie à la notion de biophilie. Avec l'urbanisation croissante et la globalisation du monde virtuel, les enfants ont de moins en moins de contact avec les espaces verts et bleus, pourtant reconnus comme nécessaires pour la santé mentale. L'absence de ce contact peut provoquer des troubles déficitaires de la nature. Les enfants ainsi fragilisés sont confrontés directement, indirectement ou de manière vicariante aux dangers du changement climatique et à la menace de l'effondrement environnemental.

Une enquête qualitative a été réalisée en 2011 dans le cadre du projet ACOCLI (Adaptations cognitives aux changements climatiques) que je coordonnais, soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). Cette étude a été conduite auprès de 80 enfants et adolescents âgés de 11 à 14 ans, dans la région parisienne. L'analyse des données révèle qu'il y a déjà plus de 13 ans, les enfants dès 11 ans ressentaient de fortes émotions négatives face aux problèmes liés au changement climatique (***voir Illustration 2***). Lors des entretiens semi-directifs individuels, les enfants ont exprimé des signes d'anxiété, une peur de l'avenir et une vision pessimiste. L'aggravation de la crise climatique correspond malheureusement à ces prédictions : la température a augmenté, les inondations et les événements extrêmes se sont multipliés, les espèces disparaissent et de nouvelles maladies perturbent le monde. L'idée de la disparition de la vie sur Terre surgit dans l'imaginaire des enfants, menaçant ainsi leur construction identitaire. Toutefois, comme dans les récits de la crise climatique, une lueur d'espoir et l'envie d'agir apparaissent. Ces données corroborent les récentes études citées précédemment, montrant clairement que l'éco-anxiété est généralisée chez les enfants et les jeunes et qu'elle n'est pas récente.

Illustration 2 : Thèmes évoqués sur les ressentis et prévisions du changement climatique dans des entretiens semi-directifs par les enfants âgés de 11 à 14 ans (N=80) dans la région parisienne en 2011 (Projet ACOCLI, ANR)

1. **Observation des changements :** Les enfants remarquent des signes du réchauffement climatique, tels que des températures inhabituelles et des phénomènes météorologiques extrêmes.
2. **Impact sur la vie quotidienne :** Ils anticipent des changements dans leur vie quotidienne, comme la fréquence des tempêtes ou la transformation/disparition de leur environnement.
3. **Peur de la disparition d'espèces :** Certains enfants mentionnent la fonte des icebergs et la disparition des ours polaires, suggérant une peur de la perte d'espèces animales.
4. **Inquiétude pour l'avenir :** Les enfants expriment des préoccupations quant à l'avenir de la planète, s'inquiétant de ce que le monde sera dans 30 ou 100 ans, craignant l'extinction.
5. **Préoccupation pour la santé et l'environnement :** Ils s'inquiètent des effets du changement climatique sur la santé humaine et l'environnement, comme la pénurie d'eau et l'augmentation des maladies.
6. **Frustration et sentiment d'urgence :** Ils ressentent de la frustration et un sentiment d'urgence, souhaitant que des actions immédiates soient prises pour contrer le réchauffement climatique.
7. **Sentiment d'impuissance et tristesse :** Certains enfants expriment un sentiment d'impuissance face à l'ampleur du problème, ne sachant pas vraiment quoi faire pour y remédier.
8. **Pessimisme et optimisme mêlés :** Les enfants oscillent entre un pessimisme face à la situation actuelle et un optimisme prudent quant à la possibilité d'un avenir meilleur si des mesures adéquates sont prises.
9. **Impact sur le comportement :** Certains enfants modifient leurs comportements en réponse à leurs inquiétudes, en recyclant, en privilégiant la marche aux transports motorisés, ou en exprimant le souhait de travailler dans des domaines liés à l'environnement.
10. **Désir d'agir :** Malgré l'anxiété, certains enfants montrent un désir d'agir et de contribuer à la lutte contre le changement climatique, que ce soit par des actions individuelles ou en appelant à des actions collectives.

11 Léger-Goodes, T., Malboeuf-Hurtubise, C., Mastine, T., Généreux, M., Paradis, P. O., & Camden, C. (2022). Eco-anxiety in children: A scoping review of the mental health impacts of the awareness of climate change. [L'éco-anxiété chez les enfants : Un examen approfondi des effets sur la santé mentale de la prise de conscience du changement climatique.] Frontiers in Psychology, 13, 872544.

12 Lesenecal, A., & Lammel, A. (2023). Comparative study of environmental moral judgment with and without education about sustainable development. [Étude comparative du jugement moral sur l'environnement avec et sans éducation au développement durable.] In Psychological Applications and trends. inScience Press.

L'éco-anxiété chez les enfants peut être plus prononcée que chez les adultes. En utilisant l'analogie de la découverte d'une maison temporairement abandonnée, contaminée et polluée, on constate que les enfants ne peuvent pas, seuls, la remettre en bon état. Face aux menaces environnementales globales, ils sont encore plus vulnérables que les adultes, étant en pleine phase de développement et présentant une forte vulnérabilité cognitive[13], souvent caractérisée par des idées naïves et erronées quant à la compréhension de l'interaction complexe entre le climat et les systèmes humains. Ils ont donc besoin du soutien des adultes. Mais comment perçoivent-ils ce soutien ?

LES ENFANTS ET LES JEUNES FACE AU MONDE DES ADULTES : URGENCE D'UNE ACTION TRANSFORMATRICE

Selon les études, l'éco-anxiété est fortement corrélée avec l'inaction des gouvernements et des entreprises face aux crises environnementales. Le fossé grandissant entre les discours « pro-environnementaux » et les actes concrets révèle une absence d'éthique climatique, menaçant ainsi l'avenir des générations futures. Ce décalage ne se limite pas à la sphère politique, financière ou économique, mais s'étend également aux comportements et modes de vie des adultes, exacerbant la crise de confiance chez les jeunes et les enfants.

La littérature scientifique évoque ce décalage comme un biais cognitif culturellement enraciné, caractérisé par une incapacité à aligner les actions sur des principes rationnels et éthiques. L'éthique climatique, qui inclut des dimensions inter-espèces, inter-régionales et intergénérationnelles, est essentielle pour répondre aux urgences climatiques[14]. Cependant, les jeunes perçoivent cette absence de morale environnementale comme une trahison, ce qui alimente un sentiment de désespoir et de colère, limitant leur capacité à imaginer des solutions et à faire face aux problèmes.

Les recherches récentes montrent que la colère peut être un moteur émotionnel clé pour s'engager dans la lutte contre la crise climatique[15]. Cependant, sans une véritable action transformatrice des pouvoirs politiques et économiques, cette colère risquerait de se transformer en violence, compromettant ainsi les efforts pour résoudre cette crise. Une réponse systémique, globale et éthique, radicalement différente du modèle actuel, est indispensable pour lutter efficacement contre les crises environnementales, et donc contre l'éco-anxiété.

En attendant cette transformation nécessaire, l'éducation à l'environnement, en plein développement, peut jouer un rôle crucial. Elle permet aux jeunes de mieux comprendre les enjeux climatiques et de canaliser leur énergie dans des actions collectives positives. Le nombre croissant d'associations et d'initiatives qui encouragent les jeunes à l'action collective est un signe que leur voix est de plus en plus prise au sérieux.

L'éco-anxiété des jeunes est un signal d'alarme qu'il est urgent de considérer. Pour restaurer la confiance et donner aux jeunes les moyens de contribuer activement à la lutte contre les crises environnementales, et en particulier le changement climatique, une action immédiate, systémique et profondément éthique est nécessaire. C'est en prenant en compte leurs perspectives et en les intégrant pleinement dans les processus décisionnels que l'on pourra construire un avenir durable pour les générations futures.

CONCLUSION

L'éco-anxiété et l'anxiété climatique sont un problème de santé mentale majeur chez les adultes, jeunes et enfants à travers le monde, lié à des facteurs psychosociaux, environnementaux, culturels, économiques, éthiques, juridiques et bien sûr politiques.

La littérature scientifique a démontré que l'anxiété climatique est une forme de stress chronique pouvant avoir des implications négatives à long terme sur la santé mentale et la capacité à fonctionner dans la vie quotidienne. Les psychologues et psychiatres, bien que prêts à remédier aux difficultés de leurs patients, ne peuvent régler seuls ce problème de santé publique d'origine multifactorielle. Bien que leur travail soit crucial, leurs efforts équivalent à tenter d'éteindre un feu de forêt en agissant arbre par arbre.

Il faut agir à un niveau plus large et s'attaquer aux racines des maux : par l'éducation, le renforcement des espaces verts, l'intégration de plus de design biophilique, des attitudes responsables, et une vision à long terme des politiciens et entreprises. Une transformation des comportements des adultes et des systèmes humains est nécessaire pour rétablir la santé de l'environnement et, ainsi, assurer une bonne santé mentale des populations. Les gouvernements ont le pouvoir d'agir en validant les craintes des jeunes et des enfants en les plaçant au centre de l'élaboration des politiques. Dans la situation actuelle, une action collective et urgente pour protéger la santé mentale des jeunes générations est nécessaire.

13 Lammel, A., Dugas, E., & Guillen, G. E. (2012). L'apport de la psychologie cognitive à l'étude de l'adaptation aux changements climatiques : la notion de vulnérabilité cognitive. VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement, 12(1).

14 Jones, R.N., A. Patwardhan, S.J. Cohen, S. Dessai, A. Lammel, R.J. Lempert, M.M.Q. Mirza, and H. von Storch, (2014). Foundations for decision making. [Fondements de la prise de décision.] In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 195-228.

15 16. Diffey, J., Wright, S., Uchendu, J. O., Masithi, S., Olude, A., Juma, D. O., ... & Lawrance, E. (2022). "Not about us without us"–the feelings and hopes of climate-concerned young people around the world. [« Pas de nous sans nous » - les sentiments et les espoirs de jeunes gens préoccupés par le climat dans le monde entier.] *International Review of Psychiatry, 34*(5), 499-509.

climate emergency
climate crisis
eco-anxiety
extinction

L'écothérapie pour retrouver le contact avec le vivant

Bruno Rousseau
Gestalt-thérapeute, coach et superviseur

Bruno Rousseau est Gestalt-thérapeute[1], coach et superviseur. Depuis sa prise de conscience écologique et constatant quotidiennement que la santé humaine est corrélée à la santé de la Terre dans son ensemble, il dédie ses activités à recréer une alliance entre les humains et les non-humains, au service d'une santé commune, à travers sa pratique de l'écothérapie et du coaching engagé. Bruno est membre de l'Alliance des Coachs pour le Climat (CCA) et est un des coachs de la Convention des Entreprises pour le Climat.

Fondateur de La Voie du Contact, il s'appuie particulièrement sur les processus corporels et émotionnels pour créer les conditions d'une remise en mouvement des personnes et des équipes qu'il accompagne. Il est également facilitateur d'ateliers de « Travail qui relie ».

J'accueille Antoine à mon cabinet pour une première séance. Je lui propose un café et je termine ma tasse de thé. Il m'évoque rapidement ses situations familiale, professionnelle, amicale..., toutes teintées d'une souffrance prospective vis-à-vis de l'avenir. « Ça a commencé par des vidéos que j'ai regardées en boucle sur YouTube, présentant toutes les destructions que nous imposons à notre planète. Et maintenant, je vois l'avenir en noir. » « Je m'inquiète pour mes enfants. » « Si je ne pense qu'à ça, j'ai peur de perdre toute mon énergie. »

Cette souffrance prospective s'invite avec moi dans mes séances. Appartient-elle à Antoine, à ma propre éco-anxiété, à la situation ? Je me laisse toucher, dans l'ici et maintenant de la rencontre avec Antoine, par les projections dans un « avenir en noir ». Étant moi-même particulièrement éco-anxieux (ou éco-lucide !), tenir cette posture m'oblige à développer des appuis en dehors des séances (ex : réseau de collègues engagés sur les thématiques du climat, de l'effondrement de la biodiversité et des urgences sociales) et pendant les séances (ex : ma respiration, mes sensations corporelles, à l'occasion des échanges avec Antoine) qui me permettent de rester dans l'inconfort d'un vécu émotionnel intense et prolongé, avec notamment des vagues de peur, de tristesse, de colère, d'impuissance.

Après quelques mois d'accompagnement, je propose à Antoine de réaliser une séance itinérante dans un parc à côté de mon cabinet. A travers les quelques pas que nous faisons ensemble, au grand air, j'ai l'impression que c'est un monde qui s'ouvre à nous : par son rythme de marche, par la proximité physique de nos êtres marchant, par sa/ma/notre manière de nous arrêter au feu rouge avant d'entrer dans le bois, par sa/ma/notre manière d'être touchés par la courbure d'un arbre, par la couleur de l'étang, par le son des perruches qui sillonnent le ciel au-dessus de nous, je peux laisser vivre la perception au plus proche de ce qui émerge. Et accompagner Antoine dans ses peurs de tsunami émotionnel, en étant accompagnés par le vivant alentour qui s'invite.

Parallèlement aux séances, Antoine partage progressivement sa vision du monde au sein de ses cercles familiaux, amicaux, professionnels, en laissant vivre les éprouvés associés. Il rencontre des personnes qui partagent ses inquiétudes, s'investit dans des projets en lien avec l'écologie et il me partage que son éco-anxiété devient moins pesante. « J'arrive de plus en plus à vivre avec et elle m'aide à rester conscient de ce qui se passe... ».

ACCUEILLIR L'ANGOISSE EXISTENTIELLE ET L'ÉCO-ANXIÉTÉ

Le thérapeute gestaltiste[1] accueille les émotions et l'angoisse existentielle associées à certaines situations comme un phénomène auquel il contribue. L'angoisse associée aux données existentielles (liberté et responsabilité, finitude, imperfection, solitude, quête de sens) est une source de transformation quand elle est accueillie et mise au travail. Sinon, elle risque d'être masquée et d'engendrer des mécanismes de compensation comme les addictions, la sur-consommation, la sur-activité...

Pour les existentialistes, le simple fait d'être au monde, confronté à la liberté de tous les instants, engendre l'angoisse. L'angoisse est liée à l'existence et il ne faut donc pas chercher à la supprimer. Cette angoisse existentielle est source de mobilisation et de créativité et est le moteur de notre action dans le monde.

1 La Gestalt est une approche d'accompagnement développée initialement dans les années 1950 aux Etats-Unis, centrée sur le processus de contact de l'être humain avec son environnement et qui accorde une place importante aux dimensions corporelle et émotionnelle.

Conjointement à celle-ci, des phénomènes d'éco-anxiété se développent notamment compte tenu des prises de conscience du réchauffement climatique, de l'effondrement de la biodiversité, des tensions sociales de plus en plus violentes.

L'éco-anxiété est un ressenti prospectif, une peur par anticipation. Elle reflète une intelligence émotionnelle forte. Découlant d'une analyse lucide de l'état du monde, elle est engendrée par un certain dysfonctionnement de la société. Les personnes éco-anxieuses sont, in fine, les personnes rationnelles et lucides dans un monde qui ne l'est pas.

Le paradigme gestaltiste d'indissociabilité d'une personne et de son environnement empêche de regarder l'anxiété comme « appartenant » à la personne qui en souffre. La Gestalt nous invite à la regarder comme appartenant « d'abord » à la situation, ici et maintenant.

Et en tant qu'accompagnateurs, nous avons besoin de nous laisser toucher par cette situation pour faciliter la rencontre avec nos clients qui souffrent de plus en plus de la violence des coupures avec le monde du vivant. C'est à partir du moment où j'ai laissé vivre corporellement, « en moi », une forme d'éco-anxiété, que nombre de mes clients ont commencé à partager leurs questionnements et angoisses en lien avec ces sujets.

LES APPORTS DE L'ÉCOPSYCHOLOGIE

Le terme « écopsychologie » a été mentionné pour la première fois en 1992 par l'écrivain et historien américain Théodore Roszak[2]. Champ transdisciplinaire généré par la crise écologique, l'écopsychologie explore les interrelations profondes entre la « nature » et la psyché humaine.

Cette approche s'appuie notamment sur les travaux réalisés par le philosophe norvégien Arne Naess, initiateur du courant de l'écologie profonde, qui questionne les postulats fondamentaux de la société de croissance industrielle et dont un des principes est que le monde n'est pas une ressource exploitable à volonté par l'Homme.

L'écopsychologie « explore la façon dont notre séparation culturelle d'avec la nature engendre non seulement des comportements négligents et destructeurs vis-à-vis de notre environnement, mais aussi nombre de troubles courants comme la dépression ou l'addiction »[3]. C'est en raison de ce constat que Joanna Macy a élaboré un ensemble de pratiques qu'elle a nommé le « Travail qui relie », afin de faciliter une reconnexion émotionnelle à la communauté du vivant dans sa globalité et surmonter le désespoir et la tentation de déni face aux situations écologique et sociale. A titre d'exemple, dans le cadre de la Convention des Entreprises pour le Climat, nous invitons les dirigeants à écrire une « lettre à un être du futur », une personne proche qui lira cette lettre dans 20 ans.

Dans le cadre de ce courant d'écopsychologie, l'écothérapie, pratiquée par des professionnels de la thérapie, notamment en lien avec des problématiques de transition intérieure, d'éco-anxiété et de détresse face aux signes de plus en plus palpables d'effondrement de nos écosystèmes, cherchent à dépasser les dualismes entre l'homme et la nature, entre le corps et l'esprit...

LE CONTACT AVEC SA NATURE, LE CONTACT AVEC LA NATURE... POUR REPRENDRE RACINE

Le contact inclut tout mouvement entre un être sensible et son environnement. Le « tact » fait référence au toucher et à la délicatesse de ce toucher, et le « con » (avec) fait référence à l'altérité. Je ne peux toucher sans être touché et cela permet la nouveauté.

Or, nous perdons de plus en plus le contact, passant des heures infinies sur nos téléphones portables ou devant nos écrans d'ordinateur. David Abram nous invite à « rétablir des relations avec le monde sensuel où s'enracinent toutes nos techniques et technologies ». Nous avons besoin de reprendre racine à travers un retour au corps.

La notion de ***corps-contact*** nous permet de nous rapprocher de l'expérience du corps. Il s'agit du corps en tant qu'organisme vivant en constant mouvement. Or le corps est généralement devenu dans nos vies quotidiennes un *corps-machine* qui ne permet plus de nous relier au monde. Il est trop souvent devenu une ressource à gérer, à optimiser, à maintenir comme un outil de production qui permet d'atteindre une performance !

Je suis souvent encore étonné de constater la richesse des prises de conscience de personnes que j'accompagne et avec qui je crée une expérimentation en séance, incluant la dimension corporelle (ex : exprimer le ressenti associé à une situation difficile par un mouvement de « pousser contre », en positionnant nos mains l'une contre l'autre).

CONCLUSION :

« L'expérience de notre douleur pour le monde jaillit de notre interdépendance avec tous les êtres, d'où provient aussi notre pouvoir d'agir en leur nom. Lorsqu'on réprime sa souffrance pour le monde, ou qu'on la traite comme une pathologie personnelle, le pouvoir de participer à sa guérison s'en trouve diminué ». (Joanna Macy)

La santé des personnes, des organisations et de la Terre est une seule et même santé indissociable à inventer !

2 Roszak, T. (1992). The voice of the earth: An exploration of ecopsychology. [La voix de la Terre : Une exploration de l'écopsychologie.] University of California Press.

3 Macy, J., & Young Brown, M. (2008). Ecopsychologie pratique et rituels pour la Terre: Retrouver un lien vivant avec la nature. Éditions du Souffle d'Or.

2 Des écosystèmes naturels altérés par le changement climatique, dont la dégradation menace la santé humaine

Les humains, les animaux et les écosystèmes partagent* « une seule santé ». *Cette approche intégrée et unificatrice, intitulée* « One Health » *en anglais, nous invite à penser la santé autrement, en reconnaissant les interactions étroites entre la santé humaine ; la santé animale ; et la santé des écosystèmes. Alors que près d'un quart des maladies et des décès dans le monde sont la conséquence de mauvaises conditions environnementales[1], il apparaît indispensable de reconnaitre que la santé humaine ne peut s'épanouir sans préserver ces deux autres piliers. C'est en les protégeant que nous assurerons notre existence sur terre.

« Lorsque nous nuisons[1] à notre environnement, nous nous faisons du mal à nous-mêmes » avertit Tedros Adhanom Ghebreyesus, Directeur général de l'OMS, dans une tribune appelant à intégrer le changement climatique et la pollution dans notre approche de la santé[2]. Cette réalité prend une place croissante dans la conscience collective à mesure que les conséquences de la dégradation des écosystèmes sont mesurées et analysées. Selon l'IPBES (Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques), l'humanité n'a jamais autant exploité les ressources naturelles ni généré autant de déchets que ces cinquante dernières années. Le changement climatique en est pour partie responsable puisqu'il est, aux côtés des activités humaines, l'une des principales causes de l'altération durable de la biodiversité.

Cette seconde partie explore, dans le prolongement de l'approche One Health, les effets indirects que le changement climatique a sur la santé humaine, au travers des altérations qu'il engendre pour les écosystèmes naturels. A commencer par les impacts qu'il a sur l'océan. Ce dernier recouvre près de deux tiers de la planète et joue un rôle essentiel dans la santé des écosystèmes. Il régule le climat, abrite près de 80 % de la vie sur Terre, assure notre alimentation et facilite les échanges. Sans lui, il ne pourrait y avoir de vie sur Terre, résume **Françoise Gaill**. Or, nous nous approchons dangereusement de ses limites : l'acidification, l'eutrophisation, la variation de température et de pH pourraient entraîner des conséquences en chaîne dont nous peinons encore à mesurer l'ampleur.

Au-delà des océans, les écosystèmes aquatiques dans leur ensemble sont menacés. **Frank Galland** souligne la situation critique des cours d'eau et des nappes phréatiques, perturbés notamment par les évènements météorologiques extrêmes qui altèrent la *quantité* et la *qualité* des ressources en eau. L'assèchement des fleuves provoque des pénuries d'eau, tandis que les inondations dégradent les habitats et favorisent la propagation des maladies. Pour **Jessica Fanzo** et **Alison Rose**, le changement climatique et ses conséquences amplifient la vulnérabilité de nos systèmes alimentaires. Avec des terres agricoles fragilisées et dégradées par les aléas climatiques, une qualité nutritive des aliments diminuée, comment nourrir une population mondiale estimée à 10 milliards de personnes en 2050, alors que 3 milliards d'entre elles[3] souffrent déjà de malnutrition aujourd'hui ?

À noter que les perturbations écosystémiques exercent également une influence directe sur la propagation des maladies infectieuses. Selon une récente étude scientifique[4], plus de la moitié des maladies infectieuses humaines seraient aggravées par le changement climatique. Hausse des températures, destruction des habitats, migrations forcées… autant de facteurs qui, comme le souligne **Mary E. Wilson**, contribuent à la prolifération des maladies vectorielles. L'augmentation des zoonoses – des maladies se transmettant de la faune sauvage à l'homme – illustre la fragilité croissante des barrières sanitaires naturelles. Cette progression dans la propagation des maladies infectieuses est particulièrement prononcée dans certaines régions du monde. **Sandy Moore** et **Rita Colwell** mettent ainsi en évidence la vulnérabilité accrue aux maladies d'origine hydrique en Afrique subsaharienne. L'accès limité aux infrastructures d'eau potable, d'assainissement et d'hygiène (WASH) constitue un facteur majeur de la progression de ces maladies, aggravée par les événements climatiques extrêmes.

Enfin, le changement climatique accentue certaines autres formes de pollutions environnementales. Notamment, il amplifie la pollution de l'air en favorisant la concentration de certains polluants comme l'ozone ou les particules fines issues des incendies ou des brumes des sables, posant un défi supplémentaire pour la santé publique mondiale. **Emmanouil Proestakis** rend compte de l'effet de ces particules fines sur la santé humaine, dont la présence dans l'air est responsable de maladies cardiovasculaires et respiratoires qui frappent des millions de personnes chaque année.

1 Prüss-Üstün, Annette, Wolf, J., Corvalán, Carlos F., Bos, R. & Neira, Maria Purificación. (2016). Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks [Prévenir les maladies grâce à des environnements sains : une évaluation globale de la charge de maladie due aux risques environnementaux]. World Health Organization. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/204585/9789241565196_eng.pdf.

2 Ghebreyesus, T. A. (2024, 28 mars). « La santé humaine est la première raison qui doit nous pousser à agir sur le plan climatique » . Le Monde.fr. https://www.lemonde.fr/idees/article/2024/03/28/la-sante-humaine-est-la-premiere-raison-qui-doit-nous-pousser-a-agir-sur-le-plan-climatique_6224595_3232.html.

3 World Health Organization. (2024, 1 mars). Malnutrition. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition.

4 Mora, C. et al. (2022). Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change. Nature Climate Change [Plus de la moitié des maladies pathogènes humaines connues peuvent être aggravées par le changement climatique.], 12(9), 869-875. https://doi.org/10.1038/s41558-022-01426-1.

Changement climatique et systèmes alimentaires :

Vers des régimes sains et résilients

Jessica Fanzo, Professeure de *Climate and Food* à la Columbia Climate School, Directrice du programme *"Food for Humanity Initiative"*, New York, Etats-Unis

Alison Rose, Responsable de Programme à la *"Food for Humanity Initiative"* à la Columbia Climate School, New York, Etats-Unis

Jessica Fanzo est Professeure en Sciences du climat et Directrice de l'Initiative Food for Humanity à la Columbia Climate School. Spécialisée en politiques mondiales en matière d'alimentation, de nutrition et de développement durable, elle dispose d'une vaste expérience dans le développement international et l'action humanitaire. Elle a été conseillère auprès de diverses organisations, dont les Nations unies et l'Organisation mondiale de la santé, plaidant en faveur de systèmes alimentaires résilients et équitables. Dans le cadre de ses travaux, elle vise à intégrer la science et la politique pour améliorer la nutrition et la santé à l'échelle mondiale.

Les aliments et les systèmes dans lesquels ils sont produits, transformés, emballés, transportés, commercialisés et consommés sont fragilisés par le changement climatique. Par ailleurs, le choix de ce que nous voulons cultiver, nos méthodes de culture et nos modes de commercialisation affectent profondément le climat et l'environnement. Pendant un temps, le monde a bénéficié des avancées technologiques des systèmes alimentaires, mais nous sommes aujourd'hui à un point de rupture. La faim et l'obésité sont toutes deux en augmentation et cette malnutrition s'explique en grande partie par une alimentation préjudiciable pour la santé. Nous devons repenser en profondeur la gouvernance, la gestion et l'utilisation des systèmes alimentaires si nous voulons qu'ils débouchent sur une alimentation saine et nourrissante pour tous. Pour trouver des solutions, les professionnels de l'alimentation et du climat doivent se rassembler autour d'objectifs et d'actions communs.

INTRODUCTION

Les principales causes de la hausse des émissions de gaz à effet de serre au siècle dernier sont la consommation d'énergie, l'alimentation, les transports et les infrastructures, les changements d'utilisation des sols et l'évolution des modes de vie. Ces émissions ont contribué à la hausse des températures et entraîné des changements majeurs et rapides dans les systèmes terrestres, notamment des océans et de la biosphère. Les limites planétaires ont bougé et le changement climatique induit par les activités humaines accentue les extrêmes météorologiques et climatiques. Les effets, les pertes et les dégâts considérables qui en découlent affectent les sociétés humaines, mais aussi la nature[1].

Les « systèmes alimentaires » sont l'ensemble des activités, acteurs et politiques relatifs à la production, au stockage, à la transformation, à l'emballage, au transport et à la vente des denrées alimentaires dans l'économie mondiale. Ils varient considérablement, de l'échelle mondiale à l'échelle hyperlocale. Les systèmes alimentaires et le changement climatique entretiennent des liens étroits qui, à tout moment et selon nos choix, peuvent être bénéfiques ou préjudiciables à la vie sur Terre. Ces systèmes fragiles, très exposés au changement climatique, ne sont actuellement pas gérés dans une logique de développement durable, ce qui a des effets dévastateurs sur la santé humaine. Des solutions existent, mais elles sont possibles seulement si tous les citoyens du monde soutiennent le changement et adoptent des systèmes alimentaires résilients qui bénéficient à la planète[2].

1 IPCC (2023) Summary for Policymakers. In : Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Résumé pour les décideurs politiques. Dans : Climate Change 2023 : Rapport de synthèse. Contribution des groupes de travail I, II et III au sixième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.] [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Genève, Suisse, pp. 1-34, doi : 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001.

2 Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., ... & Murray, C. J. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. [L'alimentation dans l'Anthropocène : la Commission EAT-Lancet sur les régimes alimentaires sains issus de systèmes alimentaires durables.] The Lancet, 393(10170), 447-492.

LES SYSTÈMES ALIMENTAIRES, VICTIMES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

Le changement climatique et ses effets à court et à long terme auront des répercussions considérables sur les systèmes alimentaires, notamment sur la productivité agricole et les chaînes d'approvisionnement. Le réchauffement climatique modifiera l'emplacement et la nature des cultures, ainsi que notre capacité à générer des rendements suffisants pour nourrir une population de 10 milliards d'habitants d'ici 2050. Les modèles de projection climatique ont montré qu'une hausse du taux de CO_2 dans l'atmosphère pourrait empêcher certaines cultures, en particulier le maïs cultivé sous les tropiques, de maintenir le niveau de rendement actuel[3]. Diverses études de modélisation suggèrent aussi qu'une concentration élevée de CO_2 dans l'atmosphère affecterait les qualités nutritionnelles des aliments d'origine végétale les plus consommés - blé, riz, pommes de terre, orge... - en réduisant leur teneur en protéines et en micronutriments. Plus de la moitié des enfants de moins de cinq ans présentent déjà des carences en micronutriments (fer, zinc, vitamine A), et deux tiers des femmes en âge de procréer présentent des carences en micronutriments tels que le fer, le zinc et l'acide folique.

« Le réchauffement climatique modifiera l'emplacement et la nature des cultures, ainsi que notre capacité à générer des rendements suffisants pour nourrir une population mondiale qui devrait atteindre 10 milliards d'habitants d'ici 2050. »

Autre effet néfaste du changement climatique : l'élévation du niveau des mers. Les petits états insulaires en développement et les zones côtières d'Asie du Sud, d'Asie du Sud-Est et d'Afrique de l'Ouest, où dominent des systèmes de production fondés sur le riz et l'aquaculture, sont de plus en plus menacés par l'empiètement des eaux côtières et par l'augmentation de la salinité des nappes phréatiques. Par ailleurs, la salinisation des sols et des eaux souterraines limite encore davantage la possibilité d'étendre les terres agricoles. Ces phénomènes pourraient aggraver l'insécurité alimentaire et accentuer les problèmes nutritionnels (dénutrition, carences en micronutriments).

Si les projections à long terme dessinent un avenir sombre, la variabilité du climat et les phénomènes météorologiques extrêmes de plus en plus fréquents – sécheresses, vagues de chaleur et fortes précipitations – requièrent une attention à court terme, car ils ont des effets sur la disponibilité et l'accès à une alimentation saine avec une bonne qualité nutritionnelle.

Les dégâts causés aux biens de production, aux infrastructures et aux services essentiels par des catastrophes naturelles extrêmes telles que les sécheresses, les vagues de chaleur ou les inondations peuvent être durables. La destruction des systèmes alimentaires locaux et régionaux affecte la production, le transport, le stockage, l'accès au marché et à l'environnement alimentaire. Cela peut causer la perte et le gaspillage de denrées alimentaires. Récemment, l'Afrique de l'Est a subi une sécheresse sans précédent, qui l'a privée de plusieurs saisons des pluies, et l'effet de sécheresse cumulée a exacerbé les vulnérabilités. En Éthiopie, par exemple, des millions de personnes se sont retrouvées en situation d'insécurité alimentaire au fil des ans en raison des effets de la dégradation des pâturages et des pénuries d'eau sur la végétation et le bétail[4]. Les phénomènes météorologiques extrêmes peuvent également toucher les milieux urbains. En 2006, suite au passage de l'ouragan Katrina à la Nouvelle-Orléans, de nombreux supermarchés ont été fermés et les habitants n'avaient plus accès aux denrées alimentaires. Deux ans plus tard, le nombre de supermarchés ouverts n'avait toujours pas retrouvé le niveau d'avant la tempête[5]. Ainsi, les événements extrêmes perturbent les chaînes d'approvisionnement, les échanges commerciaux et les circuits de distribution à l'échelle mondiale. Ils menacent la disponibilité des denrées alimentaires sur les marchés. Or, l'imprévisible entraîne de la spéculation sur les marchés, ce qui affecte considérablement l'accès économique, mais aussi physique, à une alimentation saine.

Ces événements exposent également les populations à un risque élevé d'insécurité alimentaire et de dénutrition. En effet, des systèmes alimentaires perturbés peuvent affecter l'accès physique et économique à une alimentation sûre, diversifiée et saine. Par exemple, dans les 19 pays étudiés, les canicules prolongées sont associées à une moins grande diversité alimentaire[6]. Une étude connexe montre que les périodes de sécheresse mineure à sévère et d'humidité sévère sont corrélées à des retards de croissance plus importants (utilisation de « stunting », une mesure de la dénutrition chronique) chez les enfants de 53 pays à revenus faibles ou intermédiaires[7]. Enfin, une étude menée dans cinq pays d'Afrique de l'Ouest montre que l'exposition à des températures supérieures à 35 °C tout au long de la vie augmentait de 18 % la prévalence du retard de croissance (« stunting ») et de 16 % celle de l'émaciation (« wasting ») chez les jeunes enfants. On estime qu'une augmentation permanente de 2,0 °C des températures moyennes mondiales par rapport aux niveaux préindustriels entraînerait une augmentation de 7 % des retards de croissance[8].

Le changement climatique affecte la qualité alimentaire et nutritionnelle de différentes manières, comme le montre ***l'illustration 1***. Il a d'une part des effets sur la quantité et la qualité des aliments, mais aussi sur la qualité de l'eau. Cette dernière menace alors la sécurité alimentaire et hydrique et l'accès à une alimentation diversifiée et de qualité. En outre, le changement climatique et les phénomènes météorologiques extrêmes ont une incidence sur la quantité et la qualité des aliments disponibles, et donc sur l'inflation et les prix des denrées.

3 Jägermeyr, J., Müller, C., Ruane, A. C., Elliott, J., Balkovic, J., Castillo, O., ... & Rosenzweig, C. (2021). Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models. [Les effets du climat sur l'agriculture mondiale apparaissent plus tôt dans la nouvelle génération de modèles climatiques et agricoles.] Nature Food, 2(11), 873-885.

4 World Health Organization. (2024, May 7). Snapshot: Greater Horn of Africa food insecurity and health - grade 3 emergency. [Aperçu : L'insécurité alimentaire et la santé dans la Grande Corne de l'Afrique - urgence de niveau 3.] 31 March 2024. World Health Organization. https://www.who.int/emergencies/greater-horn-of-africa-food-insecurity-health-snapshot.

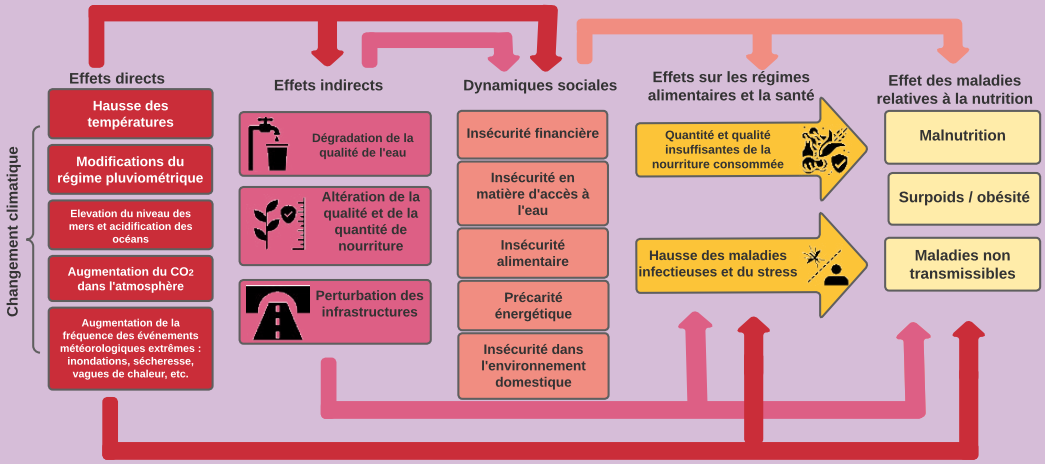
5 Foster, A. M. (2024, July 24). Food Access five years after the storm. [L'accès à la nourriture cinq ans après la tempête.] Center for American Progress. https://www.americanprogress.org/article/food-access-five-years-after-the-storm/.

6 Brown, M. E., Grace, K., Shively, G., Johnson, K. B., & Carroll, M. (2014). Using satellite remote sensing and household survey data to assess human health and nutrition response to environmental change. [Utilisation de la télédétection par satellite et des données d'enquêtes auprès des ménages pour évaluer la réponse de la santé humaine et de la nutrition aux changements environnementaux.] Population and environment, 36(1), 48-72.

7 Brown, M. E., Backer, D., Billing, T., White, P., Grace, K., Doocy, S., & Huth, P. (2020). Empirical studies of factors associated with child malnutrition: highlighting the evidence about climate and conflict shocks. [Études empiriques des facteurs associés à la malnutrition infantile : mise en évidence des données relatives aux chocs climatiques et aux conflits.] Food Security, 12, 1241-1252.

8 Blom, S., Ortiz-Bobea, A., & Hoddinott, J. (2022). Heat exposure and child nutrition: Evidence from West Africa. [Exposition à la chaleur et nutrition des enfants : Données d'Afrique de l'Ouest.] Journal of Environmental Economics and Management, 115, 102698.

Illustration 1 : Comment le changement climatique affecte les régimes alimentaires et les maladies associées



Source : Fanzo, J.C. et Downs, S.M., 2021. « Climate change and nutrition-associated diseases ». *Nature Reviews Disease Primers, 7*(1), p. 90.

Les populations vulnérables et à faibles revenus n'ont alors plus les moyens d'accéder à une alimentation saine. Le phénomène est encore aggravé par les pertes économiques subies par ces populations (ex. perte de leurs moyens de subsistance). Actuellement, 3 milliards de personnes n'ont pas les moyens de s'offrir ce que l'on considère comme une alimentation saine, répondant aux besoins nutritionnels favorisant une bonne santé. L'alimentation est désormais l'un des principaux facteurs de risque de maladie et de décès dans le monde. Même dans les pays à revenu élevé, les modélisations montrent que la baisse de la consommation de fruits et légumes induite par le changement climatique est le principal facteur de risque des maladies non transmissibles liées à l'alimentation (maladies cardiovasculaires, diabète, certains cancers...).

Pour dire les choses simplement : la qualité de l'alimentation et de la nutrition dans le monde se dégrade. L'alimentation est aujourd'hui l'un des principaux facteurs de risque de maladie et de décès dans le monde. La faim a augmenté au cours des cinq dernières années, principalement en raison du changement climatique, des conflits et de la récession économique due à la pandémie de COVID-19. Les retards de croissance ont diminué, mais ils touchent toujours plus de 20 % des enfants de moins de cinq ans dans le monde. Le surpoids et l'obésité, facteurs de risque importants pour les maladies non transmissibles, augmentent partout. La prévalence mondiale de l'obésité a plus que doublé entre 1990 et 2022[9]. En Amérique du Nord, par exemple, 34 % de la population adulte est en surpoids et 32 % est obèse. Aucun pays n'a réussi à stopper la courbe de l'obésité, tous âges confondus.

« Pour dire les choses simplement : la qualité de l'alimentation et de la nutrition dans le monde se dégrade. L'alimentation est aujourd'hui l'un des principaux facteurs de risque de maladie et de décès dans le monde. »

LES SYSTÈMES ALIMENTAIRES, ACTEURS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

Les systèmes alimentaires, qui pâtissent du changement climatique, en sont pourtant l'une des principales causes. On estime qu'ils génèrent environ 30 % du total des émissions de GES dans le monde, contribuant à l'augmentation du taux dans l'atmosphère de trois principaux GES : le dioxyde de carbone, le méthane et l'oxyde nitreux. La majorité des émissions de CO_2 provient du changement d'utilisation des sols, notamment la déforestation en vue de l'élevage ou de la culture d'oléagineux (soja ou palmier) et de la production agricole dans les fermes. L'élevage (principalement bœuf, produits laitiers et moutons) et la production de rizières sont les principaux émetteurs de méthane, un gaz à effet de serre toxique à courte durée de vie. L'oxyde nitreux provient principalement des engrais.

Les systèmes alimentaires contribuent également de manière significative à la dégradation de l'environnement et des ressources naturelles. L'agriculture utilise 70 % de l'ensemble des ressources en eau douce dans le monde. Les produits chimiques, pesticides et herbicides polluent les cours d'eau. En outre, la production agricole est l'un des principaux facteurs de perte de biodiversité, en particulier dans les environnements forestiers. Selon le groupe scientifique pour l'Amazonie[10], 17 % de l'Amazonie a été déboisée, dont la quasi-totalité (14 %) a été convertie en terres agricoles. Cette déforestation est l'une des principales menaces pour la biodiversité dans la région. Selon les projections, l'effet combiné du changement climatique et de la déforestation pourrait entraîner une baisse de 58 % de la diversité des espèces d'arbres d'ici 2050.

Ainsi, une alimentation de qualité a des effets à la fois sur la santé humaine et sur l'environnement. Une alimentation de mauvaise qualité, combinée à d'autres facteurs, contribue à toutes les formes de malnutrition : dénutrition (retard de croissance, émaciation et insuffisance pondérale), carences en micronutriments, surpoids et obésité, maladies non transmissibles. Si les chaînes d'approvisionnement ont su s'adapter aux évolutions mondiales, les systèmes alimentaires sont sous tension. Par exemple, les chaînes d'approvisionnement ont généralement pu fournir les calories et la diversité nécessaire pour répondre à la demande croissante d'aliments d'origine animale, de fruits, de légumes, de légumineuses, mais aussi des produits alimentaires transformés qui dominent les rayons des épiceries. Ces aliments dits « ultra-transformés » sont

9 Organisation mondiale de la santé. (2024, 1 mars). Obesity and overweight [L'obésité et le surpoids]. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight.

10 Science Panel for the Amazon. (2021). Impacts of deforestation and climate change on biodiversity, ecological processes, and environmental adaptation. [Impacts de la déforestation et du changement climatique sur la biodiversité, les processus écologiques et l'adaptation environnementale.] In : Amazon Assessment Report 2021 (pp. 1–3). Réseau de solutions pour le développement durable des Nations Unies. https://doi.org/10.55161/VKMN1905.

dépourvus de nutriments et contiennent un excès de sucre, de sel, de graisses saturées et d'additifs. Par ailleurs, les céréales complètes riches en fibres ont été abandonnées au profit des glucides raffinés. Ces nouvelles habitudes sont très préoccupantes sur le plan de la nutrition et de la santé.

En outre, la demande d'aliments d'origine animale a augmenté. Entre 1990 et 2015, l'offre mondiale a augmenté de plus de 60 %, pour faire face à la demande. Les aliments d'origine animale sont devenus un enjeu scientifique et politique, avec des interprétations divergentes de la littérature scientifique et des jugements de valeur insolubles quant à leur consommation pour la santé humaine et planétaire. La production d'aliments d'origine animale peut contribuer à l'épuisement des terres, de la biodiversité et des ressources en eau et à la hausse des émissions de GES.

Selon certains experts de la nutrition et des sciences climatiques, nous pourrions réduire les effets sur l'environnement et le climat avec un régime alimentaire principalement végétarien, contenant seulement 14 % de calories d'origine animale, soit beaucoup moins que la quantité consommée dans un régime alimentaire nord-américain typique (environ 30 %). En outre, la consommation excessive de graisses saturées, de viandes rouges et de viande transformée peut augmenter le risque de maladies non transmissibles telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète et certaines formes de cancer[11]. Limiter la consommation de ces aliments pourrait donc être bénéfique pour la planète, mais aussi pour la santé humaine.

Il est de plus en plus évident que si ces aliments d'origine animale contiennent de grandes quantités de protéines et de micronutriments essentiels à la croissance, au développement et à la santé globale de l'homme, une consommation excessive de viande rouge et de viande transformée en particulier a des effets néfastes sur la santé.

D'autres spécialistes soulignent, en revanche, que limiter les aliments d'origine animale pourrait entraîner des carences de nutriments nécessaires à la santé humaine, en particulier le calcium, le fer, la vitamine B12 et le zinc. Selon eux, réduire la consommation de ces aliments chez certaines populations pourrait être préjudiciable à la croissance, au développement et à la santé. En particulier chez les populations pauvres, où la charge des maladies infectieuses pèse sur les systèmes physiologiques.

Reconnaissons d'abord qu'il sera probablement difficile de satisfaire les besoins nutritionnels d'une population de 10 milliards d'habitants. En matière d'accès à des régimes alimentaires sains, il existe des injustices et des inégalités majeures. Les conflits liés à l'utilisation des terres, dont beaucoup sont dus à la déforestation et au développement de l'agriculture, contribuent et ajoutent à ces injustices. Au Nigeria, les conflits sur l'utilisation des terres contribuent à l'insécurité alimentaire via les effets de la violence, des migrations forcées et des choix en matière d'investissements agricoles, entre autres[12]. Au vu des mesures actuelles prises face au changement climatique et aux contraintes permanentes sur l'environnement et les ressources naturelles, et compte tenu de la dégradation continue de l'environnement et des ressources naturelles, il deviendra de plus en plus difficile d'élever des animaux et de produire les aliments pour les nourrir. Ce phénomène exacerbera encore les inégalités d'accès (choix, timing, moyens entrepris) aux différents types d'aliments.

11 Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., ... & Murray, C. J. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. [L'alimentation dans l'anthropocène : la commission EAT-Lancet sur les régimes alimentaires sains issus de systèmes alimentaires durables.] The Lancet, 393(10170), 447-492.

12 Olanrewaju, O., & Balana, B. B. (2023). Conflict-induced shocks and household food security in Nigeria. [Chocs induits par les conflits et sécurité alimentaire des ménages au Nigeria.] Sustainability, 15(6), 5057. https://doi.org/10.3390/su15065057.

LES SYSTÈMES ALIMENTAIRES, SOLUTION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

Si les systèmes alimentaires sont à la fois instigateurs et victimes du changement climatique, ils font également partie de la solution en matière d'atténuation et d'adaptation. Il est possible d'adopter une série de politiques et d'interventions macro et microéconomiques axées sur l'offre, de les adapter et les transposer à l'échelle des paysages agricoles et des chaînes d'approvisionnement alimentaire. De plus, pour aider les consommateurs à faire des choix sains et durables, les instances dirigeantes et le secteur privé ont à leur disposition une multitude de solutions axées sur la demande.

Pour parvenir à la résilience nutritionnelle, nous pouvons améliorer la productivité et réduire les pertes de denrées alimentaires en réduisant les émissions de GES issues de l'agriculture, et en adoptant des stratégies d'adaptation pour les personnes vulnérables sur le plan nutritionnel. Comme le montre ***l'illustration* 2**, ces mesures concernent les intrants agricoles, mais aussi la disponibilité, l'accès et l'utilisation des denrées alimentaires. Entre autres actions susceptibles d'accroître la résilience des systèmes alimentaires et des ménages face au changement climatique, citons la recherche et le développement de variétés de

Illustration 2 : Stratégies résilientes au changement climatique en fonction des systèmes alimentaires

Contexte	Action
1. Intrants de la chaîne d'approvisionnement alimentaire	Améliorer l'accès aux variétés de semences et aux races de bétail diversifiées et résistantes aux conditions climatiques variables (chaleur et sécheresse), aux parasites et aux maladies.
	Utiliser les programmes de vulgarisation agricole pour améliorer l'accès à l'information et à la formation sur ces variétés et races.
	Améliorer la qualité des sols grâce à l'utilisation de cultures de couverture, à la rotation des cultures, à l'utilisation équilibrée d'engrais et de fumier.
	Améliorer les systèmes d'irrigation pour protéger les cultures et le bétail contre les pertes dues aux variations de précipitations saisonnières et aux événements météorologiques extrêmes.
2. Production agricole	Investir dans des politiques intégrées d'utilisation des terres et des systèmes mixtes de culture et d'élevage ; dispenser des formations.
	Élargir l'accès aux services et au financement pour soutenir les agriculteurs, ex. outils de gestion des risques, assurances et prêts.
3. Stockage et traitement post récolte	Améliorer les infrastructures, en particulier dans les zones rurales, ex. routes, entrepôts et usines de transformation.
	Proposer des formations sur les techniques de stockage et de transformation sûres, telles que le séchage.
4. Distribution, commercialisation et vente au détail	Améliorer l'accès des commerçants à l'eau, à l'électricité et aux entrepôts frigorifiques.
	Créer des réseaux de producteurs de denrées alimentaires afin d'améliorer l'accès aux marchés et de limiter le gaspillage.
	Améliorer les infrastructures de transport dans les zones dont les habitants pourraient voir leur accès aux marchés limité par le changement climatique.
5. Consommation alimentaire et utilisation	Élargir l'accès aux services de protection sociale, ex. aide financière inconditionnelle, compléments alimentaires.
	Augmenter la consommation d'aliments d'origine animale dans les pays à revenu faible et intermédiaire, tout en informant le public des risques sanitaires associés à la surconsommation de ces aliments.
	Améliorer l'accès à des dispositifs de cuisson sûrs et économes en énergie.
6. Dénutrition	Améliorer l'accès aux soins de santé pour les populations vulnérables, en particulier les pauvres des zones rurales, en augmentant le nombre d'établissements et le personnel.
	Aider les populations vulnérables sur le plan nutritionnel à accéder à des aliments d'origine animale et à des aliments enrichis.
7. Systèmes d'alerte précoce	Améliorer les systèmes d'alerte précoce et faciliter l'accès des agriculteurs à ces systèmes.
	Former les producteurs à la protection des cultures, au stockage des aliments et à la préparation aux phénomènes météorologiques extrêmes.
8. Intégration des questions de nutrition à la recherche sur le climat	Mener des recherches, collecter et analyser des données sur les effets du changement climatique sur les systèmes alimentaires et sur les possibilités d'optimiser la nutrition en dépit de ces effets.

Source : Fanzo, J., Davis, C., McLaren, R., & Choufani, J. (2018). The effect of climate change across food systems: Implications for nutrition outcomes. Global Food Security, 18, 12-19.

cultures et de races animales résistantes et tolérantes au stress, le développement de marchés alimentaires plus efficaces, de services d'information agricole, des mesures de protection sociale améliorées et de systèmes d'alerte précoce.

Les pratiques de production agricole peuvent être une source d'atténuation climatique. En fonction du système concerné – agriculture, élevage ou aquaculture – il existe plusieurs solutions telles que l'agriculture de précision (utilisation de GPS ou de drones visant à optimiser l'utilisation d'engrais et de pesticides), la rotation et la diversification des cultures, le labour de conservation pour réduire la détérioration et l'érosion des sols, la sylviculture et les cultures de couverture. Entre autres solutions visant à réduire les émissions de méthane, citons la gestion durable du bétail avec une amélioration de l'alimentation, la rotation des pâturages et les vaccins. L'Uruguay, qui est un important producteur de bétail, où l'agriculture contribue largement aux émissions nationales de GES, a pris des mesures pour une meilleure gestion du bétail dans les pâturages. Toutes ces solutions présentent des avantages et des inconvénients. Il convient donc de s'appuyer sur des directives solides et un environnement politique favorable pour les concrétiser, mais aussi pour aider les agriculteurs à s'adapter sans prendre de risques majeurs.

Pour garantir la résilience des chaînes d'approvisionnement, il convient d'investir dans des technologies et des pratiques améliorées pour le stockage des aliments, afin de réduire les pertes après récolte. Il faut aussi plus d'innovation et de technologie dans la chaîne du froid, afin d'éviter que des aliments ne soient abîmés, perdus ou gaspillés pendant le transport et le stockage. La mise en place de systèmes d'alerte précoce et de services d'information climatique est essentielle pour permettre aux agriculteurs et aux autres professionnels des systèmes alimentaires d'intégrer des informations climatiques et météorologiques à leur prise de décision.

Diverses politiques et stratégies sont également disponibles pour inciter les consommateurs à adopter des régimes alimentaires plus sains et plus respectueux de l'environnement. Toutefois, compte tenu du coût élevé des aliments riches en nutriments et des régimes alimentaires en général, du changement climatique et de l'inflation alimentaire dans le monde, des filets de sécurité et d'autres mesures de protection sociale sont nécessaires pour les ménages aux ressources limitées et les personnes vulnérables et marginalisées. Il est essentiel que les produits sains à bas prix soient abordables, mais il faut aller plus loin pour généraliser l'accès à des régimes alimentaires sains.

« Compte tenu du coût élevé des aliments riches en nutriments et des régimes alimentaires en général, du changement climatique et de l'inflation alimentaire dans le monde, des filets de sécurité et d'autres mesures de protection sociale sont nécessaires pour les ménages aux ressources limitées et les personnes vulnérables et marginalisées. »

Concernant les populations qui ont plus de choix, il existe des moyens de les orienter vers des choix alimentaires plus sains et plus durables. Par exemple, via des informations sur la santé et l'environnement sur les emballages des produits, ou en adoptant des directives nationales pour orienter les marchés publics, comme les programmes de repas scolaires.

CONCLUSION

Il est de plus en plus communément admis que l'alimentation est au cœur de l'agenda climatique. L'évolution vers des systèmes alimentaires plus durables, produisant des régimes alimentaires sains, est l'une des clés de l'atténuation et de l'adaptation au changement climatique. Toutefois, la fenêtre possible pour agir se réduit de plus en plus. Il devient urgent de développer des actions et d'investir dans les systèmes alimentaires.

Pour que les systèmes alimentaires soient résilients face au changement climatique et produisent des régimes alimentaires sains et équitables, il convient d'impliquer différents acteurs à différentes échelles, du niveau local au niveau mondial. Mais cette transformation ne se fera pas sans compromis. En effet, les instances dirigeantes sont souvent peu informées des aspects concrets et du fonctionnement des systèmes alimentaires sous tension. Ainsi, ils ne savent pas toujours dans quel domaine agir et investir.

Pour intégrer ces compromis et mieux orienter les décisions politiques, la communauté des chercheurs doit fournir des données et des preuves rigoureuses, afin d'analyser en temps réel les questions alimentaires les plus complexes et de transmettre ces résultats aux instances décisionnaires des différents systèmes alimentaires. Pour les données et la science des systèmes alimentaires, les défis et les opportunités qui se profilent sont considérables. La science devra se traduire par des actions politiques, et ce plus rapidement que jamais.

Cependant, les données ne suffisent pas. Pour faire face à la crise climatique, nous avons besoin d'une plus grande volonté politique et d'un vaste engagement en faveur des systèmes alimentaires. Dans les années à venir, il sera essentiel d'intégrer des engagements et des investissements dans les réunions de la Conférence des Parties sur le Climat, et de s'engager en faveur de la transformation des systèmes alimentaires, si nous voulons parvenir à préserver la santé humaine et planétaire.

REDFLAM
WONDER

L'effet du changement climatique sur la transmission inter-espèces et les pandémies

Mary E. Wilson
Professeure d'épidémiologie clinique et de biostatistique à la faculté de médecine de l'Université de Californie, à San Francisco, et professeure adjointe en santé mondiale et population à la Harvard T.H. Chan School of Public Health à Boston

Mary E. Wilson est professeure d'épidémiologie clinique et de biostatistique à la faculté de médecine de l'Université de Californie, à San Francisco, et professeure adjointe en santé mondiale et population à la Harvard T.H. Chan School of Public Health à Boston, dans le Massachusetts. Ses travaux portent sur la résistance aux antibiotiques, l'écologie des infections et l'émergence des menaces microbiennes, la médecine de voyage, la tuberculose et les vaccins. Elle est l'auteur des ouvrages **A World Guide to Infections: Diseases, Distribution, Diagnosis** ***et*** **Antibiotics: What Everyone Needs to Know,** ***tous deux publiés par Oxford University Press.***

Le changement climatique accélère la fréquence des infections chez les humains, ainsi que le risque de pandémie, en affectant les agents pathogènes, leurs réservoirs environnementaux et les animaux hôtes, ainsi que les moustiques et autres vecteurs de transmission. Avec le changement climatique, les déplacements des arthropodes vecteurs et l'évolution des aires de répartition de la faune sauvage exposeront un plus grand nombre de personnes au risque de propagation des maladies infectieuses. Les épidémies et pandémies récentes (VIH/SIDA, Covid, SRAS, variole du singe, Ebola, etc.) ont toutes pour origine des virus propagés par des chauves-souris, des rongeurs ou d'autres animaux, depuis la faune sauvage vers les humains.

En raison du changement climatique, il fera un jour trop chaud dans certaines régions d'Afrique pour la transmission de la malaria. En revanche, les infections virales transmises par les moustiques *Aedes*, telles que la dengue, le chikungunya et Zika, se développeront dans des régions où se trouvent de vastes populations urbaines.

Ces infections exposent les animaux et les plantes à des risques de décès, voire d'extinction, ce qui constitue une menace pour la sécurité alimentaire et la santé humaines.

Par ailleurs, il existe une autre inconnue : avec la fonte du permafrost (pergélisol), verrons-nous apparaître de nouveaux agents pathogènes contre lesquels nous ne sommes pas préparés ?

Les voyages, le commerce et les migrations contribuent à la circulation mondiale des agents pathogènes et des vecteurs humains et animaux. Ces dynamiques seront amplifiées par le changement climatique, tandis que la perte de biodiversité liée au réchauffement fragilisera les écosystèmes face aux espèces envahissantes.

L'initiative One Health, qui prend en compte à la fois les humains, les animaux, les plantes et l'environnement commun, peut éclairer les mesures de surveillance, de contrôle, de recherche, ainsi que nos réponses, pour contribuer à préserver le bien-être humain tout en protégeant la planète.

INTRODUCTION

Les infections se multiplient. Les agents pathogènes à l'origine de nombre de ces infections sont des virus que l'on trouve généralement chez les animaux sauvages. Depuis 2020, on observe une mortalité élevée chez les oiseaux en raison du virus de la grippe H5N1, ainsi que l'infection de plus de 50 espèces de mammifères. Plusieurs infections virales bien connues transmises par les moustiques, telles que la dengue, le chikungunya et les infections du Nil occidental, connaissent une expansion similaire.

La pandémie de Covid-19 a tué des millions de personnes, perturbé la vie quotidienne et révélé la vulnérabilité des systèmes de soins et de santé publique, de sécurité alimentaire, de gouvernance, des discours politiques et du partage des ressources, et ce à l'échelle mondiale.

Cet article explore l'effet du changement climatique sur l'apparition et la progression des foyers et des épidémies, voire sur la résurgence de maladies anciennes. Nous parlerons notamment de la transmission inter-espèces (« spillover » en anglais) – à savoir le transfert et la mise en place d'une infection entre deux espèces - et des infections à transmission vectorielle. Nous fournirons les outils nécessaires pour comprendre et atténuer les menaces microbiennes pour la santé. L'approche « One Health », qui englobe les êtres humains, les animaux, les plantes, le climat et les écosystèmes, offre des perspectives visant à mettre en œuvre des systèmes de surveillance et de réaction intégrés à l'échelle mondiale.

LA TRANSMISSION INTER-ESPÈCES

Un réseau d'interactions biologiques sous-tend le développement des infections chez l'homme et l'animal. Ces systèmes biologiques réagissent à la température, aux précipitations, à l'humidité et aux conditions environnementales. Régulièrement, des infections telles que la salmonelle ou le campylobacter se propagent de l'animal à l'homme. C'est ce que l'on appelle les zoonoses, et la plupart d'entre elles existent depuis des siècles.

Nombre de pandémies récentes ont été causées par des virus qui se sont propagés des animaux aux humains (ex. le SRAS, le MERS, le Covid, le VIH/SIDA). Ce processus de transmission inter-espèces (« spillover ») fait référence au transfert d'un microbe d'une espèce vers une autre, entraînant la survenue d'une infection[1]. Certains pathogènes utilisent ensuite un vecteur, tel qu'un moustique, pour se propager à d'autres humains et/ou animaux. La plupart des débordements inter-espèces ayant entraîné des épidémies proviennent d'un virus, mais ils peuvent aussi impliquer des bactéries ou d'autres types d'agents pathogènes.

Ponctuellement, la transmission inter-espèces d'un nouveau microbe contre lequel les humains ne sont pas immunisé peut déclencher des épidémies et des pandémies. Il est donc important de comprendre les facteurs de propagation, y compris les rôles du changement climatique et du comportement humain, pour chercher à les atténuer.

1 Plowright, R.K., et al. (2017) "Pathways to zoonotic spillover". [Les voies de propagation des zoonoses.] Nature Rev Microbiol 15(August):502-510. www.nature.com/nrmicro.

Des virus et des microbes inoffensifs pour une espèce animale peuvent être mortels pour une autre. Les chauves-souris, par exemple, sont porteuses de virus qui peuvent provoquer des maladies graves chez l'homme. La transmission se fait par une morsure ou via l'infection d'un autre animal, comme avec le SARS-CoV-1 (cause de la pandémie de SRAS en 2003), qui a infecté des civettes palmistes, et le MERS-CoV, qui a infecté des chameaux avant de se propager chez les humains. Le virus Nipah, à l'origine d'encéphalites mortelles chez l'homme, peut infecter les porcs, puis s'amplifier et se propager aux agriculteurs. Les chauves-souris peuvent aussi contaminer la sève des palmiers dattiers, qui est ensuite collectée pour la consommation humaine. Le virus peut aussi se transmettre ponctuellement de personne à personne en cas de contact rapproché.

LES CHAUVES-SOURIS

Les chauves-souris, seuls mammifères volants, sont à l'origine de plusieurs virus qui ont provoqué de graves épidémies chez l'homme. Les scientifiques cherchent à comprendre comment elles peuvent être porteuses de ces virus sans présenter de signes évidents de lésions tissulaires. Du point de vue de l'évolution, les chauves-souris sont des animaux très anciens, largement répandus (sur tous les continents à l'exception de l'Antarctique), abondantes (plus de 1400 espèces, représentant environ 20 % de l'ensemble des mammifères) et variées, allant de la chauve-souris bourdon de 2 grammes au renard volant de 2,5 mètres d'envergure. Elles vivent en colonies qui peuvent compter des dizaines de milliers, voire des millions d'individus. Elles migrent à la recherche de nourriture. Certaines hibernent quand les conditions météo se dégradent, souvent dans des grottes. Elles sont actives la nuit et se déplacent par écholocation. Leur espérance de vie, généralement de 7 à 8 ans, est supérieure à celle des mammifères de même taille.

Beaucoup de gens ont peur des chauves-souris en raison de leur apparence, pourtant elles pollinisent les plantes, disséminent les graines et consomment des insectes nuisibles qui détruisent les récoltes. Elles se nourrissent d'insectes, de petits mammifères, de fruits et de nectar. Or, dans de nombreuses régions du monde, le défrichage pour l'agriculture et le développement économique a contraint les chauves-souris à quitter leurs habitats et zones de nourrissage. Ainsi, les contacts entre chauves-souris, humains et animaux se sont multipliés. En Malaisie, le virus Nipah a probablement infecté des porcs qui avaient consommé des fruits contaminés par l'urine et les excréments de chauves-souris. Ces porcs ont ensuite contaminé leurs éleveurs.

Les animaux domestiques partagent souvent des microbes avec leurs compagnons humains. L'homme est également exposé aux microbes provenant d'animaux destinés à l'alimentation (ex. la salmonelle, le campylobacter) via la viande, le lait et les œufs, par des voies établies de longue date, qui n'introduisent généralement pas de nouveaux agents pathogènes dans la population humaine. En effet, la demande croissante de protéines animales à l'échelle mondiale a conduit à l'élevage industriel, qui concentre des milliers d'animaux dans des espaces réduits, principalement les porcs et les poulets. À l'échelle mondiale, la biomasse des animaux destinés à l'alimentation dépasse désormais celle de l'ensemble des humains. Par ailleurs, dans de nombreuses régions,

les animaux sauvages font l'objet d'un élevage intensif pour leur fourrure, leur nourriture et d'autres produits. Les voies de propagation de nouveaux agents pathogènes à l'homme sont multiples : morsure d'animal (ex. rage), inhalation de microbes dans l'air (ex. grippe, coronavirus), consommation de produits d'origine animale contaminés, etc. Les marchés d'animaux vivants qui incluent des animaux sauvages, comme les civettes palmistes infectées par le coronavirus du SRAS venus des chauves-souris en 2003, peuvent constituer des hôtes intermédiaires par lesquels les agents pathogènes issus d'autres animaux sauvages atteignent l'homme. En outre, les chauves-souris sont chassées et consommées dans certaines cultures. L'établissement de nouvelles connexions pose de nouveaux risques.

« Si la plupart des cas de transmission inter-espèces ne débouchent pas sur une épidémie ou une pandémie, certains cas notables, comme la propagation du VIH-1 à partir des chimpanzés d'Afrique centrale au cours du XXe siècle, ont eu des conséquences dévastatrices à l'échelle mondiale. »

Certaines pratiques économiques ont renforcé le risque de transmission à l'interface homme-faune sauvage, en regroupant des espèces qui n'auraient jamais dû interagir. Parmi ces pratiques, il y a le changement d'utilisation des sols (ex. expansion de l'agriculture pour nourrir le bétail), l'empiétement sur les habitats et le déplacement d'espèces (comme les chauves-souris), l'élevage et le commerce d'animaux sauvages, les marchés d'animaux vivants où plusieurs espèces sauvages sont réunies sur des étals trop denses, ainsi que les voyages et le commerce à l'échelle mondiale.

La propagation d'un virus vers un mammifère hôte pose un risque d'évolution virale et de propagation. Si la plupart des cas ne débouchent pas sur une épidémie ou une pandémie, certains cas notables, comme la propagation du VIH-1 à partir des chimpanzés d'Afrique centrale au cours du XX^{ème} siècle, ont eu des conséquences dévastatrices à l'échelle mondiale. À la fin du siècle, l'évolution des voyages, du commerce, l'utilisation de drogues injectables, la diffusion à grande échelle de produits sanguins et l'évolution des mœurs sexuelles, ont alimenté la pandémie de VIH-SIDA que l'on connaît, responsable de millions de victimes.

L'ÉVOLUTION DES AIRES DE RÉPARTITION

De nombreuses espèces vivent dans des zones géographiques spécifiques, définies par des conditions éco-climatiques qui leur offrent des conditions de vie optimales. Or, le changement climatique bouscule la répartition géographique et la distribution des espèces, y compris des insectes, ainsi que le parcours des animaux migrateurs, ouvrant la voie à de nouvelles interactions entre les espèces[2].

Il n'est pourtant pas facile de franchir la barrière inter-espèces, en raison de limites culturelles, comportementales, biologiques, environnementales et immunologiques. Celles-ci empêchent le passage et l'établissement d'un microbe d'une espèce à l'autre, puis sa propagation à l'échelle mondiale. Car si la proximité physique et le contact sont nécessaires, ils ne sont pas suffisants. Chez les humains, la transmission passe généralement par l'air, les aliments ou les boissons, la peau ou les muqueuses. La voie cutanée est possible via un arthropode vecteur (moustique, tique…) ou une rupture de la peau suite à un traumatisme. Généralement, les microbes transportés par des animaux ne peuvent pas établir d'infection chez un hôte humain. En effet, pour survivre et se répliquer, les virus doivent pouvoir s'attacher à une cellule, y pénétrer et prendre le contrôle des processus cellulaires. Or, les tissus humains ne comportent pas forcément de cellules dotées de récepteurs qui permettent cet « attachement ». Ainsi, l'établissement d'une infection après contact direct avec un microbe dépend de nombreux facteurs liés d'une part au microbe, d'autre part à l'hôte (abondance et virulence du microbe, site de contact, sensibilité de l'hôte et réponse immunitaire).

Seuls de rares agents pathogènes ont la capacité de provoquer des maladies graves chez l'homme et de se propager à l'échelle mondiale, déclenchant une épidémie ou une pandémie. Pour que l'infection se propage à d'autres humains ou animaux, le microbe infectant doit être capable de sortir du corps, de survivre et d'atteindre des hôtes sensibles. Les plus propices à déclencher des pandémies sont les organismes qui se propagent par voie respiratoire (SRAS, grippe, Covid) et par voie sexuelle (VIH, mpox – ou variole du singe). Les virus se répandent particulièrement bien s'ils sont transmissibles avant l'apparition des symptômes.

2 Carlson, C. J., Albery, G. F., Merow, C., et al. (2022). "Climate change increases cross-species viral transmission risk". [Le changement climatique accroît le risque de transmission virale entre espèces.] *Nature*, *607*(7919), 555–562. https://doi.org/10.1038/s41586-022-04788-w.

MALADIES À TRANSMISSION VECTORIELLE

Le virus du Nil occidental

En 1999, à New York, une mortalité élevée a été constatée chez les corbeaux, parallèlement à un nombre inhabituel de cas d'encéphalite et de décès chez des patients hospitalisés dans la même région. Quelques semaines plus tard, un flavivirus, le « virus du Nil occidental », dont la présence aux États-Unis n'avait jamais été encore constatée, a été identifié. Il était transmis d'un oiseau à l'autre par des moustiques localement abondants, ces derniers pouvant également infecter les humains. Or, il y avait déjà aux États-Unis des moustiques capables de transmettre le virus, ainsi que des oiseaux et des humains sensibles. Le virus s'est ainsi propagé vers l'ouest du pays, pour atteindre la Californie en 2002. En 2004, tous les États contigus avaient signalé des cas d'infection chez l'homme ou l'animal.

Le changement climatique aura des effets divers, via des mécanismes directs et indirects, sur de multiples maladies infectieuses chez l'homme, mais nous savons déjà que l'effet sur les maladies à transmission vectorielle (MVC) sera majeur[3][4]. Les MVC sont des infections transmises à l'homme par des piqûres d'arthropodes suceurs de sang (hématophages), tels que les moustiques, les tiques, les phlébotomes, les moucherons, les mouches noires et les triatomes. Ces arthropodes peuvent transmettre des infections causées par des virus, des bactéries et des parasites, comme le paludisme. Plus de 6 milliards d'êtres humains vivent dans des zones exposées à ce risque. On estime que les infections vectorielles font 700 000 victimes par an dans le monde, principalement du fait du paludisme. Les autres principales maladies mortelles sont la fièvre jaune, la dengue, la maladie du sommeil (trypanosomiase humaine africaine), la fièvre du Nil occidental et l'encéphalite japonaise. Les animaux sont également touchés par les MVC.

Les arthropodes vecteurs, comme les moustiques, peuvent transporter un agent pathogène d'un animal vers un humain (ex. le virus du Nil occidental) ou d'un humain vers un autre (ex. le paludisme). Les moustiques ne sont pas simplement des « seringues volantes » ou des transporteurs passifs de sang infecté. La transmission vectorielle nécessite une interaction biologique complexe, nécessitant la participation d'un agent pathogène et d'au moins deux hôtes, l'arthropode et l'homme. Pour qu'une infection soit transmise par un vecteur, l'agent pathogène doit être capable d'infecter et de se multiplier à la fois chez l'arthropode et chez l'homme, et parfois aussi chez un hôte intermédiaire (ou « réservoir »), comme un oiseau ou un primate non humain.

Par exemple, quand un moustique se nourrit du sang d'un oiseau infecté par le virus du Nil occidental, pour que le virus soit transmis à un nouvel hôte lors d'un nouveau « repas sanguin », le virus doit infecter les tissus du moustique, se répliquer (se multiplier), puis se disséminer dans ses glandes salivaires.

3 Mora, C., McKenzie, T., Gaw, I.M., et al. (2022) "Over half of known pathogenic diseases can be aggravated by climate change". [Plus de la moitié des maladies pathogènes connues peuvent être aggravées par le changement climatique.] *Nature Climate Change, 12*(9), 869–875. https://doi.org/10.1038/s41558-022-01426-1.

4 de Souza, W.M. &, Weaver, S.C. (2024) "Effects of climate change and human activities on vector-borne diseases". [Effets du changement climatique et de l'activité humaine sur les maladies à transmission vectorielle.] *Nature Reviews Microbiology, 22*(8), 476–491 https://doi.org/10.1038/s41579-024-01026-0.

Ce processus prend du temps (de quelques jours à plus d'une semaine, en fonction du pathogène et de la température), et implique une compatibilité entre le pathogène et l'arthropode. Or, plus de 3500 espèces de moustiques ont été identifiées, la plupart ne se nourrissant pas chez l'homme et, parmi ceux qui peuvent piquer, beaucoup ne peuvent pas transmettre l'infection. Ainsi, seul un nombre limité d'espèces peut transmettre un virus, un parasite ou un autre agent pathogène. De plus, les moustiques ne vivent pas toujours assez longtemps pour piquer un autre être humain.

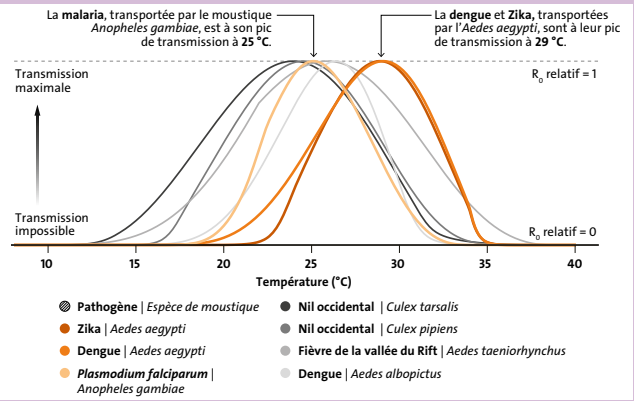
La maladie de von Willebrand est une infection sensible au climat. Or, les arthropodes sont ectothermes : ils adoptent la température du milieu ambiant. Ainsi, chaque étape du cycle de vie du moustique (ou d'un autre arthropode) est influencée par l'environnement. La température, les précipitations et l'humidité influencent les taux de développement, de survie, de piqûre, d'abondance et, point essentiel, la période d'incubation extrinsèque. Cette dernière est le temps nécessaire à l'agent pathogène (virus, parasite) pour infecter et se répliquer dans le moustique et atteindre les glandes salivaires, de sorte qu'il puisse être transmis à un autre hôte. Jusqu'à un certain point, les températures élevées raccourcissent les périodes d'incubation extrinsèques : un plus grand nombre de moustiques survit assez longtemps pour transmettre l'infection. Mais dans un environnement plus frais, un moustique peut mourir avant la réplication et la propagation de l'agent pathogène. Les phénomènes météorologiques extrêmes ont également une incidence sur la survie, la répartition et l'abondance des moustiques. Les inondations fournissent l'eau essentielle à la reproduction, mais peuvent aussi détruire les sites de reproduction. Les vents transportent les moustiques vers de nouvelles régions. Certains ont développé des mécanismes pour survivre à une sécheresse prolongée.

La plage de tolérance thermique et de performance optimale des arthropodes peut être identifiée avec des courbes de performance thermique[5]. Chaque espèce de moustique possède sa propre plage optimale de survie, de reproduction et d'activité de piqûre. Ainsi, chaque paire vecteur-pathogène a ses plages thermiques optimales ***(Illustration 1)***[6].

5 Mordecai, E.A. et al. (2019) "Thermal biology of mosquito-borne disease". [Biologie thermique des maladies transmises par les moustiques.] Ecol Lett 22:1690-1708. Doi:10.1111/ele.13335.

6 Kuperschmidt, K. (2023) "Feeling the heat". [Sentir la chaleur.] Science 2023;381 (issue 6665):1388-92, p.1390.

Illustration 1 : Plages de températures optimales pour les maladies transportées par les moustiques, par combinaison maladie-vecteur



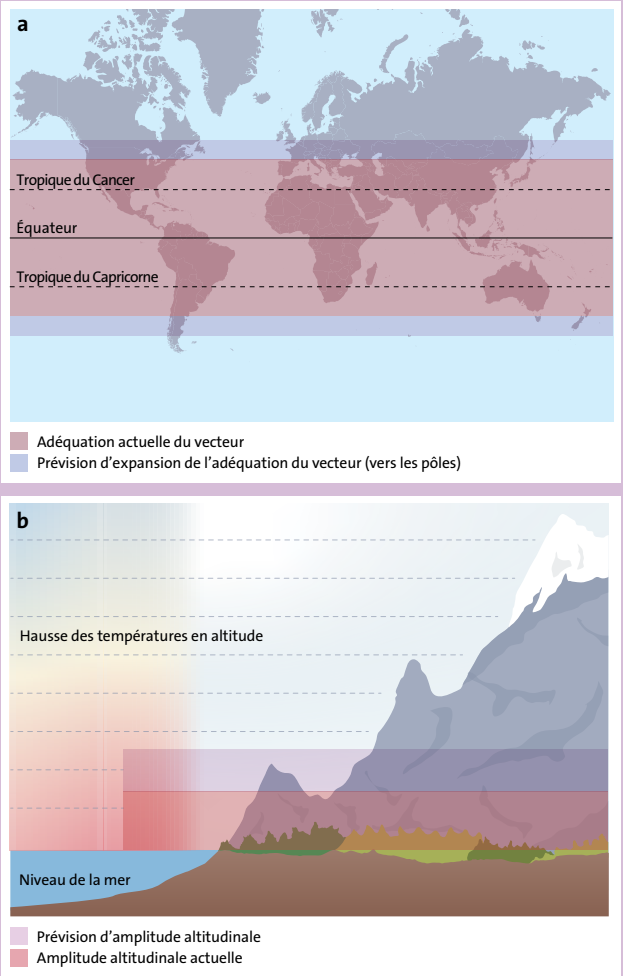
Source : Kuperschmidt, K., 2023

Les tiques ont un cycle de développement plus long et une plus grande longévité que les moustiques, mais elles sont plus sensibles à la température, aux précipitations et à l'humidité. Leurs températures létales (supérieures et inférieures) et préférences thermiques diffèrent d'une espèce à l'autre.

Le changement climatique devrait modifier la répartition géographique de nombreux vecteurs d'infections humaines, ainsi que les intensités de transmission. La tendance générale devrait être un déplacement vers des latitudes plus élevées et des régions situées plus en altitude. Selon les prévisions, cette répartition touchera des régions densément peuplées ***(Illustration 2)***[7].

« Le changement climatique devrait modifier la répartition géographique de nombreux vecteurs d'infections humaines, ainsi que les intensités de transmission. »

Illustration 2 : Effets potentiels du changement climatique sur la répartition géographique des vecteurs



Source : de Souza et al., 2024

Dans les régions tempérées, l'activité de nombreuses infections à transmission vectorielle se produit pendant les mois les plus chauds. En revanche, dans les zones tropicales, elle culmine pendant la saison des pluies. Avec le changement climatique, les périodes favorables à la transmission devraient s'allonger et, dans certaines régions, durer toute l'année. Les populations d'arthropodes, qui déclinent habituellement pendant les mois les plus froids, pourront survivre à des hivers plus doux. Le changement climatique influencera également les hôtes « réservoirs » et intermédiaires, tels que les rongeurs, les oiseaux et les chauves-souris impliqués dans la maladie de von Willebrand.

Chaque espèce de moustique a ses propres habitats et comportements (ex. heure d'alimentation) qui influencent sa capacité à transmettre les infections. *Aedes aegypti*, qui infeste aujourd'hui les zones tropicales et subtropicales, est particulièrement adapté à la transmission à l'homme. Il prospère dans les environnements urbains, se reproduit dans les pots de fleurs, les déchets tels que gobelets ou pneus usagés et autres emplacements que l'on trouve en ville. Il préfère le sang humain et, s'il est interrompu, se nourrit sur plusieurs personnes. Les moustiquaires n'ont que peu d'effet, car ce moustique pique pendant la journée. Il se reproduit aussi dans les réserves d'eau stockées par les habitants, dans les régions où les services d'eau courante ne sont pas fiables. Il est donc difficile de lutter contre ce moustique, vecteur capable de transmettre de nombreux pathogènes humains majeurs, notamment la dengue, la fièvre jaune, le virus Zika et le chikungunya.

Les humains ont contribué à la propagation des moustiques vecteurs dans le monde entier par le biais des voyages et du commerce, leur fournissant des habitats propices à leur survie. La convergence de l'urbanisation, de la croissance incontrôlée des villes dans les zones tropicales et subtropicales, des voyages et des migrations a accéléré le déplacement du virus dans les hôtes humains, et contribué à l'aggravation des épidémies de dengue dans les zones tropicales et subtropicales à l'échelle mondiale.

Jusqu'à un certain point, les températures élevées favorisent la transmission d'infections à transmission vectorielle. La performance d'un moustique transmettant le paludisme, *Anopheles gambiae*, atteint son maximum à 25 °C, tandis que le pic d'efficacité de transmission de la dengue par l'*Aedes aegypti* se situe à 29 °C. Avec le réchauffement climatique, certaines régions d'Afrique occidentale et centrale seront bientôt trop chaudes pour une transmission efficace du paludisme. Le contrôle et l'éradication du paludisme pourraient en être facilités, mais cette menace pourrait être remplacée par la dengue[8].

D'autres facteurs peuvent affecter la transmission des infections à transmission vectorielle : le type de logement, la présence de moustiquaires sur les fenêtres et de climatisation, la source d'approvisionnement en eau des ménages, la disponibilité de moustiquaires traitées dans les zones de transmission du

7 de Souza, W.M. &, Weaver, S.C. (2024) "Effects of climate change and human activities on vector-borne diseases". [Effets du changement climatique et de l'activité humaine sur les maladies à transmission vectorielle.] *Nature Reviews Microbiology, 22*(8), 476–491. https://doi.org/10.1038/s41579-024-01026-0.

8 Mordecai, E.A., et al. Ryan, S.J., Caldwell, J.M. Shah, M.M., LeBeaud, A.D. (2020) "Climate change could shift disease burden from malaria to arboviruses in Africa". [Le changement climatique pourrait déplacer la charge de morbidité du paludisme vers les arbovirus en Afrique.] Lancet Planet Health 4:e416-23. www.thelancet.com/planetary-health.

paludisme et les activités locales de lutte contre les moustiques. En Afrique, dormir sous une moustiquaire offre une protection essentielle, car les moustiques qui transmettent généralement le paludisme piquent la nuit.

La dengue

Les cas de dengue signalés se sont multipliés par plus de dix au cours des vingt dernières années. Le monde connaît actuellement des épidémies sans précédent avec, en juillet 2024, plus de 10 millions de cas dans les régions surveillées par l'OMS. Il est probable que l'on assiste à une augmentation des introductions (porteurs humains) de dengue dans des zones non endémiques infestées de moustiques capables de la transmettre, comme la France et certaines régions du sud des Etats-Unis, pouvant déclencher des épidémies locales. Les logements équipés de moustiquaires et de la climatisation peuvent réduire le risque d'infection pour les habitants.

Quatre sérotypes différents du virus de la dengue infectent les humains. Une particularité de la dengue est que l'infection par un sérotype peut prédisposer à une maladie plus grave si elle est suivie d'une infection par un sérotype différent. Ainsi, au lieu d'être protégées, les populations qui ont déjà été infectées par la dengue peuvent tomber plus gravement malades (avec une augmentation du nombre de décès) si elles sont exposées à un autre sérotype de dengue.

LE PERMAFROST

Un quart de l'hémisphère nord est recouvert de permafrost (pergélisol), un sol gelé en permanence, surtout présent en Alaska, au Canada, au Groenland et en Sibérie, et dans les régions d'altitude de l'Himalaya et des Alpes. Au-dessus du pergélisol se trouve une couche active (de 15 cm à 250 cm d'épaisseur) qui subit des cycles saisonniers de gel et de dégel, tandis que le pergélisol lui-même peut atteindre jusqu'à 1500 mètres de profondeur.

Il contient un large éventail de communautés microbiennes qui restent stables en raison du gel constant. À ce jour, jusqu'à 1 000 micro-organismes différents et des centaines de virus ont été découverts dans le pergélisol alpin et ses glaciers. Mais on ne sait toujours pas comment ces organismes ont survécu, se sont métabolisés et même reproduits dans des conditions aussi extrêmes[9].

Le dégel rapide du pergélisol, en raison du changement climatique, pourrait libérer des bactéries et des virus inconnus, posant un risque sanitaire inédit. D'autant que l'Arctique se réchauffe deux fois plus vite que les autres régions et que, d'après les prévisions, le pergélisol proche de la surface pourrait perdre les deux tiers de son épaisseur d'ici 2100[10].

« Le dégel rapide du pergélisol, en raison du changement climatique, pourrait libérer des bactéries et des virus inconnus, posant un risque sanitaire inédit. »

Nous vivons entourés de microbes - dans l'air, le sol, l'eau, les plantes et les animaux. La plupart ne sont pas pathogènes pour les humains et beaucoup sont essentiels à la vie telle que nous la connaissons. Or, les microbes issus du pergélisol ou d'autres lieux inaccessibles de la Terre, n'ayant probablement jamais été en contact avec les humains, pourraient présenter de nouveaux facteurs de virulence ou des toxines contre lesquelles nous n'avons aucune expérience immunologique.

Des échantillons issus du sol sibérien, gelé depuis 30 000 ans, contenaient deux grands virus à ADN susceptibles d'infecter les amibes[11]. D'autres mégavirus infectant les amibes, datant de 48 500 ans, ont également été découverts[12], ainsi que plus de 100 micro-organismes résistants aux antibiotiques.

Si la faible densité de population de ces régions réduit la probabilité d'exposition et de propagation (moins de 5 millions de personnes vivent sur le pergélisol), les communautés vivant à proximité des sites de dégel sont exposées à un risque accru quand des carcasses d'animaux ou des restes humains sont découverts. En Sibérie, par exemple, au cours de l'été 2016 qui fut particulièrement chaud, le *Bacillus anthracis*, responsable de l'anthrax, a tué 2649 rennes et infecté 36 personnes[13]. Les scientifiques pensent qu'il a été libéré du sol lors de la fonte des glaces. Bien qu'il subsiste beaucoup d'incertitudes autour des effets futurs de la fonte du pergélisol, les risques pour la santé humaine justifient une surveillance étroite et des investissements dans l'étude scientifique de cet écosystème très particulier.

INTERVENTIONS

Le concept « One Health » fait référence à l'interconnexion des humains, des animaux, des plantes, du climat et de l'environnement[14]. Il convient de mettre en place des systèmes de surveillance visant à détecter les menaces microbiennes chez l'homme et l'animal, y compris la faune sauvage, de manière systématique, intégrée et à l'échelle mondiale. Nous devons aussi renforcer la surveillance des virus zoonotiques situés aux interfaces entre l'animal et l'homme, y compris dans les systèmes agricoles d'élevage. Il est donc nécessaire de prélever des échantillons d'oiseaux et d'autres animaux sauvages, d'animaux d'élevage, de travailleurs agricoles, de vecteurs tels que les moustiques et les tiques, en vue de les recouper avec des données sur les maladies et les épidémies humaines ainsi que, entre autres, des données météorologiques[15].

9 Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL. (2024). Understanding the impacts of climate change on Arctic, Antarctic, and Alpine permafrost microbiomes. [Comprendre l'impact du changement climatique sur les microbiomes du pergélisol arctique, antarctique et alpin.] https://www.wsl.ch/en/projects/einfluss-des-klimawandels-auf-das-permafrostmikrobiom-cryolink/.

10 European Space Agency. (2021, October 26). Permafrost that could release bacteria and viruses. [Un pergélisol qui pourrait libérer des bactéries et des virus.] European Space Agency. https://eo4society.esa.int/news/permafrost-thaw-could-release-bacteria-and-viruses/:contentReference[oaicite:0]{index=0}:contentReference[oaicite:1]{index=1}.

11 Souvent appelée amiboïde, l'amibe est un type de cellule ou d'organisme unicellulaire que l'on trouve dans les champignons, les algues et les animaux.

12 Wu, R., Trubi, G., Tas, N., & Jansson, J. K. (2022). Permafrost as a potential pathogen reservoir. [Le pergélisol, réservoir potentiel d'agents pathogènes.] One Earth, 5(4), 351–360. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.03.010.

13 Cohen, J. (2023). Permafrost can imprison dangerous microbes for centuries. Will the Arctic thaw release them? [Le pergélisol peut emprisonner des microbes dangereux pendant des siècles. Le dégel de l'Arctique les libérera-t-il ?] Science.org. https://www.science.org/content/article/permafrost-can-imprison-dangerous-microbescenturies-will-arctic-thaw-release-them#.

14 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2022). Systematizing the One Health approach in preparedness and response efforts for infectious disease outbreaks: Proceedings of a workshop. [Systématiser l'approche « Une seule santé » dans les efforts de préparation et de réponse aux épidémies de maladies infectieuses : Compte rendu d'un atelier.] The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/26301.

15 Hill, R., et al. (2024). "Realizing a global One Health disease surveillance approach: insights from wastewater and beyond" [Réaliser une approche globale de surveillance des maladies dans le cadre de l'initiative. « Une seule santé » : les perspectives offertes par les eaux usées et au-delà.] Nature Comm 15:5324. https//doi.org/10.1038/s41467-024-49417-4.

Les eaux usées fournissent des données sanitaires essentielles. En effet, de nombreux agents pathogènes (ou traces de ceux-ci) et de produits chimiques se retrouvent dans les eaux usées via la salive, l'urine et les excréments des personnes et des animaux. La surveillance des eaux usées est utilisée depuis plusieurs décennies pour détecter la présence du virus de la polio et orienter les politiques vaccinales. Aujourd'hui, dans le cadre du système « One Health », elle peut constituer un outil précieux pour détecter les résidus d'antibiotiques, les gènes de résistance aux antibiotiques et les champignons pathogènes, ou la circulation de virus, tels que le Co-V2 du SRAS et la variole du singe. Les chercheurs envisagent également de se servir des eaux usées pour identifier de nouvelles menaces et cartographier leur propagation, car une augmentation du niveau d'un virus dans les eaux usées précède souvent l'augmentation de la transmission au sein d'une population[16].

Les politiques sociales devraient viser à réduire les risques de propagation entre la faune sauvage et les humains, par exemple en interdisant ou en réglementant de façon stricte le commerce d'animaux sauvages, y compris sur les marchés.

De nouveaux outils, tels que les diagnostics sur le terrain et les smartphones, qui permettent de partager facilement des données, ont élargi la portée géographique et la vitesse des communications. Les systèmes nationaux, régionaux et mondiaux fournissent des données pertinentes en temps réel, notamment le Versatile Emerging Infections Observatory (VEO Forecasting) coordonné par Marion Koopmans (aux Pays-Bas), CLIMADE, un consortium de scientifiques chargé de mettre au point des outils de prévision, de suivi et de contrôle des infections et de développer des moyens de prévenir les épidémies, ou le Global Virus Network. Enfin, le réseau mondial de surveillance GeoSentinel recueille systématiquement des données sur les voyageurs du monde entier (principalement à leur retour), offrant un moyen supplémentaire d'identifier les infections liées à des expositions géographiques spécifiques.

Le « Hub for Epidemic and Pandemic Intelligence », initié par l'OMS en septembre 2021, se concentre sur la surveillance collaborative, un aspect désormais essentiel du cadre de l'OMS pour la préparation et l'intervention en cas d'urgence sanitaire mondiale. Autre réseau clé : « Epidemic Intelligence from Open Sources ». Cette plateforme soutient actuellement 94 États membres en vue de renforcer la capacité de détection précoce, en mettant en relation des experts mondiaux. Toutefois, malgré ces efforts louables, de nombreuses lacunes subsistent dans les systèmes de surveillance et de réaction.

CONCLUSION

Les humains ont créé un monde aux multiples possibilités de connexions, qui participent à la diffusion d'agents pathogènes au sein des populations et même entre espèces.

Le changement climatique, en modifiant la répartition de certaines infections à transmission vectorielle, exposera un plus grand nombre de personnes. Les aires de répartition des espèces, en évoluant, généreront de nouvelles interactions, ce qui renforcera la probabilité de transmission inter-espèces (« spillover »). L'évolution des schémas migratoires des oiseaux et d'autres animaux, qui suivront le déplacement de leurs sources de nourriture, offrent encore d'autres occasions d'interactions entre espèces. Enfin les infections transmises par l'eau, dont il est question plus loin dans la présente revue, augmenteront probablement avec le réchauffement climatique.

Le changement climatique s'accompagne encore d'autres changements majeurs, à l'échelle mondiale, susceptibles d'exacerber ces débordements inter-espèces. Il s'agit notamment des changements d'utilisation des sols (défrichés pour l'agriculture ou d'autres raisons économiques), des voyages, du commerce et des migrations, et de la perte de biodiversité qui rend les écosystèmes plus vulnérables aux espèces envahissantes. Ainsi, des événements locaux peuvent rapidement prendre une dimension mondiale.

La plupart des pandémies trouvent leur origine chez les animaux. Il est donc essentiel de prendre en compte, dans les systèmes de surveillance mondiaux, les animaux domestiques et sauvages, les vecteurs (ex. les moustiques), les réservoirs environnementaux et les populations humaines. Avec de meilleures formations et une réglementation plus stricte pour les marchés aux animaux et le commerce d'animaux sauvages, l'un des facteurs de risque serait éliminé. Certes, l'approche « One Health » et les nouveaux outils et réseaux de communication sont prometteurs, mais il reste encore beaucoup à faire pour limiter les conséquences du changement climatique sur la santé.

16 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2024). Increasing the utility of wastewater-based disease surveillance for public health action: A Phase 2 report. [Accroître l'utilité de la surveillance des maladies liées aux eaux usées pour l'action de santé publique : Rapport de la phase 2.] The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/27516.

Changement climatique et résurgence des maladies d'origine hydrique :

Focus sur l'Afrique subsaharienne

Sandy Moore, Consultante et docteur en épidémiologie des maladies infectieuses et phylogénie
Rita Colwell, Spécialiste de la microbiologie, Professeure distinguée à l'Université du Maryland, College Park, Etats-Unis

Sandy Moore et Rita Colwell sont les co-autrices de cet article. Le Dr Moore est reconnue pour ses travaux qui regroupent des études épidémiologiques et phylogéniques afin de formuler une compréhension globale de la dynamique du choléra en Afrique subsaharienne. Le Dr Colwell, microbiologiste de renom, a mené des recherches pionnières dans le monde sur les maladies infectieuses, les bactéries marines et l'écologie. Par leurs travaux, elles ont largement contribué à faire progresser les initiatives mondiales sur la santé, ainsi que les stratégies de prévention et de contrôle des maladies.

Le changement climatique, principalement induit par les activités humaines, entraîne une variation durable des températures et des conditions météorologiques à l'échelle mondiale. S'ensuivent des phénomènes météorologiques plus fréquents et plus intenses, qui ont des effets directs et indirects sur les populations. Les populations d'Afrique subsaharienne, avec leurs infrastructures inadéquates et peu résilientes, sont particulièrement exposées. Elles sont notamment affectées par des maladies d'origine hydrique – choléra, typhoïde, bilharziose (schistosomiase) et hépatite A – en hausse en raison du changement climatique. Un accès limité à l'eau potable et aux infrastructures d'assainissement et d'hygiène, exacerbé par les évènements climatiques extrêmes, constitue un facteur majeur de transmission de ces maladies. En effet, les inondations peuvent polluer les sources d'eau potable, et les sécheresses compromettent la quantité et la qualité de l'eau. Ces phénomènes entraînent également la malnutrition, le déplacement de populations et la perte des moyens de subsistance, ce qui accroît encore la vulnérabilité aux maladies. Il est indéniable que pour atténuer les effets du changement climatique, il est nécessaire de réduire les émissions de GES et d'effectuer une transition vers des sources d'énergie plus propres. Néanmoins, l'adoption de certaines mesures à court et moyen terme peuvent permettre de limiter les effets de ces maladies hydriques. En Afrique subsaharienne, il s'agit notamment d'améliorer l'accès à l'eau potable et de renforcer les infrastructures d'assainissement et d'hygiène.

INTRODUCTION

Le changement climatique désigne une variation durable des températures et des conditions météorologiques à l'échelle mondiale. Même s'il est dû en partie à des processus naturels, ce sont aujourd'hui principalement les activités humaines qui sont en cause. En découlent également des phénomènes météorologiques extrêmes, plus fréquents et intenses, surtout dans certaines régions du monde.

Au-delà des problèmes posés par le réchauffement climatique lui-même, les phénomènes météorologiques extrêmes ont des conséquences considérables sur la santé humaine, en particulier pour les populations vulnérables. Dans de nombreux pays d'Afrique subsaharienne, ces phénomènes ont des effets directs (ex. maladies infectieuses, blessures et décès) et indirects (ex. maladies chroniques, mauvaise santé mentale, malnutrition, déplacements de population et accès réduit aux soins de santé) sur les populations. En outre, les répercussions économiques de ces catastrophes naturelles exacerbent leurs vulnérabilités et limitent la capacité des entités publiques à prévenir les menaces sanitaires et à y répondre.

LIENS ENTRE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET MALADIES À TRANSMISSION HYDRIQUE

Le changement climatique entraîne des répercussions importantes sur la transmission des maladies d'origine hydrique en Afrique subsaharienne. Celles-ci sont causées par des agents pathogènes tels que des virus, des parasites et des bactéries contaminant l'eau potable, les aliments et les plans d'eau. Les plus courantes sont le choléra, la fièvre typhoïde, la bilharziose, l'hépatite A et la poliomyélite. Selon l'agent pathogène, la transmission de la maladie se fait par contact direct avec l'eau infestée (en se baignant, en se lavant, en nageant) ou par voie fécale-orale (en ingérant de l'eau ou des aliments contaminés par les matières fécales d'individus infectés). L'accès limité aux infrastructures d'eau potable, d'assainissement et d'hygiène (indicateurs WASH)[1], ainsi que la défécation à l'air libre, constituent des facteurs de risque importants. Le changement climatique accroît encore ces risques, les facteurs WASH étant affectés par les fortes précipitations, les inondations, la hausse des températures et la sécheresse[2].

« La hausse des températures contribue de manière significative à la transmission des maladies d'origine hydrique causées par des pathogènes bactériens et protozoaires, en favorisant la croissance et la reproduction des agents pathogènes. »

Bactéries vues au microscope

Les **inondations** peuvent contaminer les sources d'eau potable et exposer les populations aux agents pathogènes, d'autant plus quand l'infrastructure WASH est inadéquate. En cas de fortes pluies, égouts et latrines peuvent déborder et déverser les eaux usées dans l'environnement. Dans les régions où la défécation à l'air libre est courante, les matières fécales peuvent contaminer les eaux de surface. Celles-ci s'infiltrent alors dans les sources d'eau potable non protégées, les conduites endommagées et les plans d'eau utilisés à des fins récréatives et domestiques. Ainsi, la concentration d'agents pathogènes d'origine hydrique dans les eaux de ruissellement est plus élevée dans les zones urbaines surpeuplées, mais aussi dans les lieux où une inondation suit une période de sécheresse prolongée. En outre, les inondations entravent les efforts de lutte contre les épidémies de maladies infectieuses[3].

La **hausse des températures** contribue de manière significative à la transmission des maladies d'origine hydrique causées par des pathogènes bactériens et protozoaires, en favorisant la croissance et la reproduction des agents pathogènes. Le réchauffement des mers, qui accélère la réplication des bactéries marines, entraîne des proliférations bactériennes dans les eaux côtières. Ces températures peuvent aussi déclencher l'expression de gènes de virulence bactérienne dans les pathogènes humains, comme les *Shigella*.

La raréfaction de l'eau induite par la **sécheresse** compromet la quantité et la qualité de l'eau. En cas de sécheresse prolongée, les populations sont contraintes de modifier leur comportement pour s'assurer un accès à l'eau potable, ce qui peut mettre leur santé en péril. Elles peuvent notamment recourir à des sources d'eau contaminées, stocker l'eau domestique dans des conditions inadéquates ou utiliser la même source d'eau à des fins multiples (abreuvement du bétail, lavage, cuisine et eau potable), risquant ainsi une contamination supplémentaire. Le manque d'eau pose aussi des problèmes d'hygiène, rendant par exemple le lavage des mains plus compliqué ce qui renforce le risque de contracter des maladies. En effet, dans les pays à revenu faible ou intermédiaire, la sécheresse a été associée à une augmentation de 5 à 8 % du risque de diarrhée chez les enfants de moins de cinq ans. Ce risque est plus élevé pour les ménages qui n'ont pas accès à l'eau ou au savon pour se laver les mains[4].

Les phénomènes météorologiques extrêmes ont aussi des effets indirects, tels que la malnutrition, les déplacements de population et la perte des moyens de subsistance. Inondations et sécheresses, qui peuvent entraîner la perte des récoltes et le décès du bétail, contribuent à la famine et à la malnutrition, affaiblissant à leur tour les fonctions immunitaires. Les catastrophes naturelles graves, fréquentes ou de longue durée, induisent aussi des déplacements forcés de population, un facteur de propagation des maladies infectieuses dans de nouvelles régions. Enfin, les populations rurales ayant perdu leurs moyens de subsistance tendent à se rendre dans des zones urbaines périphériques où l'accès à une eau de qualité est souvent limité.

1 WASH : safe and clean water, sanitation and hygiene

2 Semenza, J. C., & Ko, A. I. (2023). Waterborne diseases that are sensitive to climate variability and climate change. [Maladies d'origine hydrique sensibles à la variabilité du climat et au changement climatique.] The New England Journal of Medicine, 389(23), 2175–2187. https://doi.org/10.1056/NEJMra2303681.

3 Semenza, J. C. (2020). Cascading risks of waterborne diseases from climate change. [Risques en cascade de maladies d'origine hydrique liés au changement climatique.] Nature Immunology, 21(5), 484–487. https://doi.org/10.1038/s41590-020-0648-9.

4 Wang, P., Asare, E., Pitzer, V. E., Dubrow, R., & Chen, K. (2022). Associations between long-term drought and diarrhea among children under five in low- and middle-income countries. [Associations entre la sécheresse à long terme et la diarrhée chez les enfants de moins de cinq ans dans les pays à revenu faible et intermédiaire.] Nature Communications, 13(1), 3661. https://doi.org/10.1038/s41467-022-31230-7.

ÉTUDE DE CAS : LE CHOLÉRA

Le choléra est une maladie diarrhéique aiguë causée par la bactérie *Vibrio cholerae*. Celle-ci provoque une diarrhée sévère et une déshydratation. En l'absence de traitement, elle peut entraîner la mort en quelques heures. La maladie est généralement contractée par l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés par les formes toxigènes de *Vibrio cholerae* O1 et O139. Les principaux facteurs de transmission du choléra incluent l'accès limité à l'eau potable et aux installations sanitaires. De 2017 à 2020, environ 645 000 cas de choléra suspectés ont été signalés en Afrique[5]. Bien que la majorité des pays africains aient signalé des cas de choléra pendant cette période, il existe de fortes inégalités spatiales.

ÉPIDÉMIES DE CHOLÉRA INDUITES PAR LA SÉCHERESSE DANS LA CORNE DE L'AFRIQUE

« Le manque d'accès aux infrastructures WASH et à l'assainissement contribuent de manière significative aux épidémies de choléra. »

La Corne de l'Afrique, notamment la Somalie et l'Éthiopie, est l'une des régions les plus touchées par le choléra. Le manque d'accès aux infrastructures WASH (moins de 60 % des Somaliens et des Éthiopiens ont accès à des sources d'eau potable, même rudimentaires) et à l'assainissement contribuent de manière significative aux épidémies de choléra. La Corne de l'Afrique est aussi très exposée aux risques climatiques, comme les inondations, les vagues de chaleur et les sécheresses.

Migration de réfugiés climatiques - des familles somaliennes quittent leur maison à cause des sécheresses mortelles et s'installent dans des camps de réfugiés

Une sécheresse prolongée, entre fin 2016 et 2017, a aggravé la pénurie d'eau dans cette région déjà désertique et semi-aride. Sur fond de sécheresse, la Somalie et l'Éthiopie ont connu des épidémies de choléra à grande échelle. En 2017, la Somalie a signalé un total de 75 414 cas suspectés, soit cinq fois plus que l'année précédente. À l'époque, les épidémiologistes de l'OMS ont établi un lien entre cette augmentation et la sécheresse qui a entraîné des pénuries généralisées d'eau potable et de nourriture. La même année, l'Éthiopie, voisine, a signalé un total de 47 542 cas. Environ 75 % des cas signalés en Éthiopie se trouvaient dans la région Somali, qui partage une frontière avec la Somalie[6]. Les populations pastorales[7] de cette région désertique devaient parcourir de plus longues distances pour trouver de l'eau et se retrouvaient contraintes de se rassembler autour de sources non protégées. Ces populations étant isolées, il était difficile de les soigner et de prendre des mesures pour limiter l'épidémie. Il est possible, bien que ce ne soit pas prouvé, que les deux épidémies soient liées, avec une transmission transfrontalière entre l'Éthiopie et la Somalie induite par les mouvements de population.

D'après les modélisations du changement climatique, de nouvelles sécheresses extrêmes sont à craindre dans la Corne de l'Afrique, mais aussi au Sahel et en Afrique australe. Ces projections laissent entrevoir des conséquences graves pour la santé des populations locales.

Épidémies de choléra déclenchées par des cyclones au Mozambique

Le Mozambique est une autre région à risque pour le choléra en Afrique subsaharienne. En effet, le pays a connu des épidémies tous les ans entre 2017 et 2022, avec un total de 27 049 cas suspectés signalés[8]. Le pays a également des indicateurs WASH faibles et une forte exposition aux événements climatiques extrêmes (sécheresse, tempêtes et inondations).

En mars 2019, le cyclone Idai a frappé le Mozambique. Il a touché terre à deux reprises : d'abord sous la forme d'une dépression tropicale dans la province de Zambezia, avant de revenir sous la forme d'un cyclone tropical près de Beira City, dans la province de Sofala. Avec des vents et des pluies torrentielles, il a provoqué de graves inondations qui ont touché environ 3 millions de personnes au Mozambique et dans les pays voisins[9]. Rien qu'au Mozambique, environ 1,85 million de personnes ont été touchées et 603 personnes ont perdu la vie[10]. Des milliers de logements ont été détruits, ce qui a entraîné le déplacement de 400 000 personnes, principalement dans des abris n'offrant qu'un accès limité à l'eau et aux services d'assainissement de base. Les infrastructures essentielles—routes, approvisionnement en eau, réseau électrique, services de communication et centres de soins—ont subi des destructions majeures, ce qui a entravé les soins de santé et les efforts d'intervention.

Dans les zones sévèrement touchées, la surpopulation, le manque d'assainissement, ainsi que les inondations qui ont entraîné le débordement des latrines et la contamination de l'approvisionnement en eau potable ont créé des conditions propices à l'apparition de maladies d'origine hydrique. Deux semaines seulement après le passage du cyclone près de Beira (la région du Mozambique la plus affectée) cinq cas de choléra ont été confirmés. L'épidémie de choléra s'est rapidement amplifiée, avec le signalement de 1428 cas suspectés la première semaine. Du 27 mars au 18 avril 2019, un total de 6382 cas suspectés de choléra a été signalé[11].

5 World Health Organization. (2023). Cholera data 2000-2022 [Internet]. [Données 2000-2022 sur le choléra.] World Health Organization.

6 Moore, S., Worku Demlie, Y., Muluneh, D., Dunoyer, J., Hussen, M., Wossen, M., Edosa, M., & Sudre, B. (2024). Spatiotemporal dynamics of cholera epidemics in Ethiopia: 2015-2021. [Dynamique spatio-temporelle des épidémies de choléra en Éthiopie : 2015-2021.] Scientific Reports, 14(1), 7170. https://doi.org/10.1038/s41598-024-51324-z:contentReference[oaicite:0]{index=0}.

7 Les populations pastorales sont des groupes de personnes semi-nomades ou nomades vivant principalement de l'élevage du bétail.

8 World Health Organization. (2023). Cholera data 2000-2022 [Internet]. [Données 2000-2022 sur le choléra.] World Health Organization.

9 OCHA. (2019, March). Southern Africa: Cyclone Idai snapshot (as of 26 March 2019) [Data set]. [Afrique du Sud : Aperçu du cyclone Idai.] https://www.medbox.org.

10 Government of Mozambique & World Health Organization. (2019, May 10). Tropical cyclones Idai and Kenneth, Mozambique National Situation Report 1. [Cyclones tropicaux Idai et Kenneth, Mozambique Rapport national de situation 1.] ReliefWeb. Retrieved from https://reliefweb.int/report/mozambique/tropical-cyclones-idai-and-kenneth-mozambique-national-situation-report-1-10-may.

11 Lequechane, J. D., et al. (2020). Mozambique's response to cyclone Idai: How collaboration and surveillance with water, sanitation and hygiene (WASH) interventions were used to control a cholera epidemic. [La réponse du Mozambique au cyclone Idai : Comment la collaboration et la surveillance avec des interventions dans le domaine de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène (WASH) ont permis de contrôler une épidémie de choléra.] Infectious Diseases of Poverty, 9(68). https://doi.org/10.1186/s40249-020-00673-7.

ÉTUDE DE CAS : LA BILHARZIOSE

La bilharziose (ou schistosomiase) est une maladie parasitaire aiguë et chronique, causée par des vers plats trématodes (douves) du genre schistosome. L'homme contracte la maladie dans des eaux infestées, quand des formes larvaires du parasite sont libérées par des escargots d'eau douce et s'enfoncent dans la peau de l'hôte. Le cycle de vie du parasite se poursuit quand les personnes atteintes de bilharziose contaminent les sources d'eau douce avec des excréments ou de l'urine contenant des œufs de parasites. La maladie se manifeste sous deux formes principales : intestinale et urogénitale. Les symptômes peuvent inclure une éruption cutanée et de la fièvre, suivies de douleurs abdominales, de diarrhée, de sang dans les selles ou l'urine, d'une hypertrophie du foie ou de la rate et d'une atteinte des reins ou de la vessie. Elle peut provoquer une anémie et un retard de croissance chez les enfants. La maladie est répandue dans les communautés pauvres des régions tropicales et subtropicales ayant un accès limité à l'hygiène et aux eaux saines. Il s'agit de l'une des maladies tropicales négligées les plus répandues en Afrique subsaharienne. Environ 112 millions de personnes seraient infectées par le *Schistosoma haematobium*, l'une des espèces de schistosome les plus répandues dans cette région[12].

« Le changement climatique aggrave encore la vulnérabilité de ces populations, qui n'ont pas toujours les moyens de s'adapter aux phénomènes météorologiques extrêmes. »

Le changement climatique accentue considérablement la transmission de la bilharziose en Afrique, en affectant l'écosystème et le cycle de vie des escargots d'eau douce et des schistosomes. En outre, les événements climatiques extrêmes modifient les comportements humains, ce qui renforce l'exposition aux escargots infectés.

La transmission de la bilharziose dépend de la température, qui affecte à la fois le développement du parasite et les populations d'escargots. Selon une étude, entre 15 et 31 °C, les populations d'escargots restent stables et la production de parasites à l'intérieur des escargots est accrue, augmentant ainsi leur activité métabolique et leur vitalité. Cependant, au-delà de ces températures, le nombre d'escargots diminue fortement[13]. Dans les régions affichant la plage de température idéale, le risque d'infection peut s'accroître avec une faible hausse de température, tandis qu'il peut diminuer dans les régions plus chaudes, selon l'espèce de l'escargot hôte local. Par exemple, une étude menée au Zimbabwe a montré une tendance à la baisse de la prévalence de la bilharziose entre 1981 et 2010, à mesure que le climat devenait plus chaud et plus sec[14].

Les précipitations renforcent la transmission de la bilharziose dans toute l'Afrique subsaharienne. Au Ghana, une corrélation a été établie entre la hausse des précipitations et la prévalence de la maladie, une corrélation négative apparaissant les années moins pluvieuses[15]. En effet, la pluie crée des conditions propices à l'habitat des escargots et au développement de leur population. D'autant que si les étendues d'eau augmentent, les contacts des humains avec l'eau infestée sont plus fréquents. En revanche, les tempêtes et les précipitations violentes, qui entraînent du ruissellement, perturbent les habitats des escargots et limitent la transmission.

Effet de la sécheresse sur la transmission de la bilharziose. En Éthiopie, une sécheresse prolongée a entraîné une diminution de la prévalence de la maladie. En effet, cette sécheresse a réduit les sites de transmission, ainsi que les taux de reproduction et de survie des escargots hôtes intermédiaires[16]. Au Sénégal, des périodes de sécheresse courtes ont, à l'inverse, entraîné une augmentation de la prévalence[17]. Ces variations dépendent donc aussi de la localisation, du climat et des espèces d'hôtes intermédiaires.

Dans l'ensemble, les effets du changement climatique sur les populations d'escargots et les parasites étant complexes et pouvant affecter positivement ou négativement la transmission de la bilharziose selon le contexte, il est difficile de prévoir la trajectoire future de la maladie.

DES POPULATIONS VULNÉRABLES

En Afrique, les maladies d'origine hydrique affectent plus particulièrement les zones à faibles revenus qui n'ont pas un accès suffisant aux services d'eau, d'assainissement et d'hygiène et aux soins de santé. Le changement climatique aggrave encore la vulnérabilité de ces populations, qui n'ont pas toujours les moyens de s'adapter aux phénomènes météorologiques extrêmes. En Afrique subsaharienne, 65 % de la population a accès à des services d'eau potable élémentaires, et seulement 37 % à des infrastructures d'assainissement élémentaires. Soulignons qu'il existe des écarts considérables au sein du continent. La République démocratique du Congo (RDC), la République centrafricaine, le Sud-Soudan, le Niger, l'Éthiopie et la Somalie[18] ont un faible taux d'accès à l'eau potable compris entre 35 et 60 %. Ces chiffres se reflètent concrètement dans l'expansion des maladies hydriques, soulignant l'importance d'avoir accès à l'eau potable et aux services d'assainissement et d'hygiène. En effet, quatre de ces pays (RDC, Somalie, Éthiopie et Niger) ont signalé près de 40 % de tous les cas suspects de choléra en Afrique de 2019 à 2022.

12 World Health Organization. (2020). Current estimated total number of individuals with morbidity and mortality due to Schistosomiasis haematobium and S. mansoni infection in Sub-Saharan Africa. [Estimation actuelle du nombre total de personnes souffrant de morbidité et de mortalité dues à l'infection par Schistosomiasis haematobium et S. mansoni en Afrique subsaharienne.] World Health Organization. Retrieved from https://www.who.int/schistosomiasis/epidemiology/en/.

13 McCreesh, N., & Booth, M. (2014). The effect of simulating different intermediate host snail species on the link between water temperature and schistosomiasis risk. [L'effet de la simulation de différentes espèces d'escargots hôtes intermédiaires sur le lien entre la température de l'eau et le risque de schistosomiase..] PLoS ONE, 9(7), e87892. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087892.

14 Pedersen, U. B., et al. (2017). Comparison of the spatial patterns of schistosomiasis in Zimbabwe at two points in time, spaced twenty-nine years apart: Is climate variability of importance? [Comparaison des schémas spatiaux de la schistosomiase au Zimbabwe à deux moments donnés, à vingt-neuf ans d'intervalle : La variabilité du climat est-elle importante ?] Geospatial Health, 12(1), 505. https://doi.org/10.4081/gh.2017.505.

15 Codjoe, S. N. A., & Larbi, R. T. (2016). Climate change/variability and schistosomiasis transmission in Ga district, Ghana. [Changement/variabilité climatique et transmission de la schistosomiase dans le district de Ga, au Ghana.] Climate and Development, 8(1), 58–71. https://doi.org/10.1080/17565529.2015.1008771.

16 Zein, Z. A. (1989). Spontaneous reduction in Schistosoma mansoni infection in endemic communities of the Lake Tana basin, north-western Ethiopia. [Réduction spontanée de l'infection par Schistosoma mansoni dans les communautés endémiques du bassin du lac Tana, au nord-ouest de l'Éthiopie.] Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 83(5), 656–658. https://doi.org/10.1016/0035-9203(89)90209-0&#8203.

17 Senghor, B., Diaw, O. T., Doucoure, S., Sylla, S. N., Seye, M., & Talla, I. (2015). Study of the snail intermediate hosts of urogenital schistosomiasis in Niakhar, region of Fatick, West central Senegal. [Etude des escargots hôtes intermédiaires de la schistosomiase urogénitale à Niakhar, région de Fatick, Centre-Ouest du Sénégal.] Parasites & Vectors, 8, 410. https://doi.org/10.1186/s13071-015-1050-6.

18 WHO, & UNICEF. (2023). Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2023 update and SDG baselines. [Progrès en matière d'eau potable, d'assainissement et d'hygiène : mise à jour 2023 et bases de référence des ODD.] Joint Monitoring Programme (JMP). https://data.unicef.org/resources/jmp-report-2023/.

Les zones urbaines constituées d'établissements informels disposent généralement d'égouts inadéquats, de réseaux d'eau courante peu sûrs et de systèmes de drainage des eaux de pluie dysfonctionnels, ce qui expose les habitants aux maladies d'origine hydrique, surtout pendant la saison des pluies. Il a été démontré que les épidémies de choléra s'amplifient de manière exponentielle en milieu urbain, comme à Accra, Conakry, Nairobi, Port-au-Prince et bien d'autres. Parmi les autres populations particulièrement à risque figurent les réfugiés, les personnes déplacées au sein des pays, les populations nomades et les groupes marginalisés ayant un accès limité aux services d'eau, d'assainissement et d'hygiène et aux soins de santé. Les populations isolées sont également vulnérables, car elles disposent d'un accès aux services de santé limité et les mesures de réponse aux épidémies sont souvent retardées.

LE RÔLE DE LA SANTÉ PUBLIQUE

Pour **atténuer les effets du changement climatique**, il conviendra de réduire les émissions de GES en abandonnant les combustibles fossiles au profit de sources d'énergie vertes, en adoptant la reforestation et des pratiques durables. Toutefois, les mesures de prévention, de préparation et de lutte à court et moyen terme peuvent limiter fortement les effets de ces maladies d'origine hydrique.

Renforcer la résilience climatique et la prévention passe par l'adoption d'une stratégie à multiples facettes (engagement communautaire, politique, recherche et innovation, par exemple). Il faut notamment réduire les vulnérabilités sous-jacentes en améliorant l'accès à l'eau potable et à un assainissement efficace. Par exemple, la Fondation Veolia soutient la lutte contre le choléra en RDC avec des services WASH durables et résilients, en réhabilitant des réseaux d'eau dans les zones à risque. Il s'agit de concentrer ces mesures préventives sur les zones exposées à un risque élevé de maladies d'origine hydrique et aux catastrophes naturelles. Pour les identifier, des études épidémiologiques et d'évaluation des risques sont essentielles.

Il faut aussi renforcer les **mesures de préparation et de réaction** en cas d'épidémie, avec une coordination solide, un engagement multisectoriel, une surveillance rigoureuse des maladies, des systèmes d'alerte précoce[19] [20], une communication efficace sur les risques, l'engagement des communautés et une gestion appropriée des cas. La vaccination contre le choléra, l'hépatite A et la fièvre typhoïde peut être efficace quand elle est appropriée et réalisable. Dès que des cas sont détectés, il convient d'adopter une réponse rapide, guidée par des données de surveillance en temps réel, pour arrêter la transmission et prévenir les décès évitables, en particulier pour les maladies ayant une courte période d'incubation comme le choléra. Reconnaissant l'interconnexion entre la santé humaine et l'environnement, une approche « One Health »[21] intégrant la surveillance météorologique et climatique dans les systèmes d'alerte précoce peut aider à identifier rapidement les zones à risque et à déclencher des interventions rapides.

CONCLUSION

Les phénomènes météorologiques extrêmes causés par le changement climatique d'origine humaine ont des répercussions considérables sur la santé des populations. Les maladies d'origine hydrique constituent une menace pour la santé publique, surtout en Afrique subsaharienne. L'accès limité à l'eau potable et aux installations sanitaires est un facteur de risque essentiel. En outre, les phénomènes météorologiques violents interviennent aussi dans la dynamique de transmission, en affectant l'accès aux sources d'eau potable. Le changement climatique peut également aggraver les disparités en matière de santé, en limitant l'accès aux soins, en entraînant la malnutrition et en entravant les mesures de santé publique. Ainsi, dans les régions où les indicateurs WASH sont médiocres, des conditions météorologiques extrêmes peuvent rapidement entraîner une urgence de santé publique catastrophique. Les sécheresses, les inondations et les tempêtes ont touché de nombreuses régions d'Afrique subsaharienne. Or, nous savons que le changement climatique accélérera la fréquence et l'intensité de ces événements, et ce, de manière hétérogène. Les populations vulnérables seront confrontées à des risques accrus. Pour prévenir les maladies d'origine hydrique en Afrique subsaharienne, il est donc essentiel d'améliorer l'accès à l'eau et à l'assainissement, idéalement en adoptant une approche globale, afin de renforcer la résilience des populations pour qu'elles soient en mesure de faire face aux effets multiformes du changement climatique.

19 Usmani, M., et al. (2024). Building environmental and sociological predictive intelligence to understand the seasonal threat of SARS-CoV-2 in human populations. [Construire une intelligence prédictive environnementale et sociologique pour comprendre la menace saisonnière du SRAS-CoV-2 dans les populations humaines.] American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 110(3), 518–528. https://doi.org/10.4269/ajtmh.23-0077.

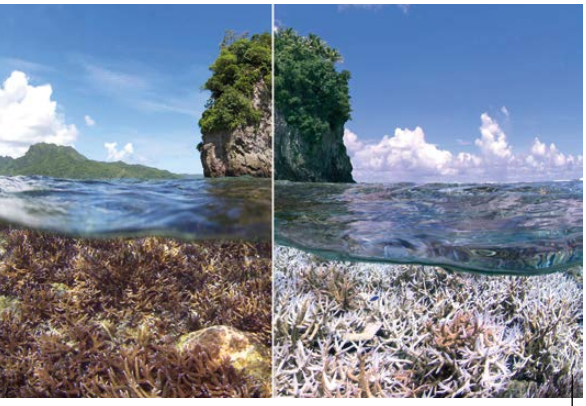
20 Usmani, M., et al. (2023). Combating cholera by building predictive capabilities for pathogenic Vibrio cholerae in Yemen. [Combattre le choléra en renforçant les capacités de prédiction du Vibrio cholerae pathogène au Yémen.] Scientific Reports, 13, 2255. https://doi.org/10.1038/s41598-022-22946-y.

21 Le concept "One Health" reconnaît que la santé humaine, animale et environnementale sont étroitement liées et doivent être considérées ensemble.

Un océan en danger :

Enjeux climatiques et solutions durables

Françoise Gaill
Biologiste, océanographe, Vice-présidente de la Plateforme Océan et Climat
Présidente de la Fondation Ocean Sustainability



Blanchissement des coraux aux Samoa américaines, Avant (décembre 2014) & Après (février 2015). Credit : The Ocean Agency

Françoise Gaill est une biologiste française, océanographe et spécialiste des écosystèmes profonds. Ancienne directrice de l'Institut écologie et environnement du CNRS, elle a contribué au développement de programmes de recherche sur l'océan et l'adaptation au changement climatique. Actuellement vice-présidente de la Plateforme Océan et Climat et présidente de la Fondation Ocean Sustainability, abritée par la fondation CNRS, elle œuvre pour la protection des écosystèmes marins et la durabilité de l'océan.

L'océan et sa préservation sont une condition *sine qua non* au maintien de notre vie sur Terre. Ce dernier est le principal régulateur du climat. Ses ressources sont vastes, diverses et essentielles, notamment pour garantir notre alimentation. De l'océan dépendent nos échanges et nos communications. Il est donc indispensable à notre vie, aussi bien physique que sociale. Il est le garant de l'habitabilité de la planète pour les vivants, incluant les humains.

Mais sous l'action de nos activités, la santé de l'océan et ses ressources sont sous tension. Sans action pertinente, concertée et ambitieuse, cette tendance pourrait rapidement entraîner famines, déplacements majeurs de population et inégalités socio-économiques, entravant les aspirations à un développement durable et équitable de nos sociétés. Comment l'océan va-t-il se comporter demain compte tenu de la pression que l'humain exerce sur cet environnement et de l'usage qu'il en fera ? Sans cette vision clé de notre vie sur terre, nous altérons son fonctionnement, sa santé et la nôtre, car notre habitat dépend de sa fonctionnalité. Comment assurer la durabilité de ce capital naturel à une échelle internationale ? L'océan est un système complexe, dynamique et interconnecté, et il n'est donc pas facile de traduire le signal d'alarme lancé par les scientifiques en décisions politiques concrètes et réalisables. Un projet initié par des scientifiques, l'IPOS, propose de créer une entité internationale sous l'ombrelle des Nations unies, afin de penser de façon concertée le devenir d'un océan durable, et d'agir en conséquence.

INTRODUCTION

L'océan est essentiel à la vie sur Terre. Il est le principal régulateur du climat, le plus important puits de carbone et le premier générateur d'oxygène : au cours de son histoire, il a produit plus de 50 % de l'oxygène disponible que nous respirons. Abritant une diversité de ressources considérables, l'océan nourrit près de trois milliards de personnes. Il joue également un rôle économique incontournable en devenant un espace d'échanges et de communication entre les sociétés humaines. L'océan assure 90 % du transport de fret mondial et permet 99 % des communications et des flux numériques. En raison de ce potentiel déjà immense et nourrissant des convoitises, notamment en ce qui concerne l'exploitation de ses ressources, l'océan est un espace potentiel de confrontations. Ainsi au cœur des enjeux environnementaux, sociaux, et économiques, l'océan doit être préservé afin de garantir notre santé, et celle de la planète.

ACTIVITÉS HUMAINES, CHANGEMENT CLIMATIQUE ET OCÉAN

Le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC)[1] nous alerte depuis des décennies sur le dérèglement climatique. Bien que peu évoquée, la première conséquence de nos émissions de gaz à effet de serre est la perturbation des fonctions de l'océan dans la régulation du climat. Depuis 1950, l'océan a absorbé plus de 90 % de l'excès de chaleur et 23 % du CO_2 généré par les activités humaines, entraînant son acidification ; une hausse de la température de l'eau, notamment en surface, de 0,11°C par décennie entre 1971 et 2010 ; et la diminution probable de 3,5 % du taux d'oxygène d'ici 2100 dans l'océan.

L'élévation de la température de l'océan atteint aujourd'hui des niveaux record et provoque des vagues de chaleur marine généralisées, menaçant des écosystèmes emblématiques comme les récifs coralliens. Selon la Plateforme Intergouvernementale Scientifique et Politique sur la Biodiversité et les Services Ecosystémiques (IPBES), près d'1/3 des récifs coralliens ont déjà disparu. Dans un autre registre, l'augmentation de la pollution des océans a également un impact environnemental et économique majeur. Chaque année, on estime que 5 à 12 millions de tonnes de plastique pénètrent dans l'océan, induisant environ 13 milliards de dollars par an de coûts de nettoyage et de pertes financières subies par les secteurs d'activité, incluant notamment les pêcheries. Or, près de 90 % des déchets plastiques trouvés au fond des océans sont des articles à usage unique tels que les sacs en plastique, dont la décomposition est particulièrement longue.

Ces changements ont d'ores et déjà des conséquences néfastes sur les écosystèmes marins et les sociétés humaines qui se manifestent par l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation des évènements extrêmes et l'intensification de l'érosion du littoral. En ce qui concerne la biodiversité, l'IPBES[2] a identifié en 2019 cinq facteurs d'impact provoquant son déclin qui sont, par ordre décroissant : l'exploitation directe d'espèces vagiles[3] à travers la surpêche ; les changements d'usage des terres et de la mer ; le changement climatique ; la pollution ; et les espèces exotiques envahissantes. Par ailleurs, l'industrie du tourisme lié aux océans génère une croissance estimée à 134 milliards de dollars par an et, dans certains pays, représente déjà plus d'un tiers de la main-d'œuvre. S'il n'est pas géré avec la plus grande attention, le tourisme peut constituer une menace majeure pour les ressources naturelles dont il dépend, ainsi que pour la culture et l'industrie locales. Ainsi, sous l'effet de nos activités, la santé de l'océan et les ressources qu'il abrite sont sous tension.

1 GIEC : https://www.ipcc.ch/.

2 IPBES : https://www.ipbes.net/.

3 Animaux aquatiques vivant et se déplaçant dans l'ensemble de l'habitat aquatique (poissons, mollusques etc.).

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET RÉPARTITION DES ESPÈCES

Les variations de température, de pH, et d'oxygénation de l'océan influent également sur la répartition des espèces en modifiant leur habitat[4]. Ces perturbations peuvent aussi altérer les fonctions physiologiques des organismes ou engendrer des changements phénologiques[5] qui affectent la saisonnalité du cycle de vie des individus. Ces pressions engendrent une modification potentielle de la répartition géographique des espèces qui, sous l'effet de la chaleur, migreront vers des régions plus froides. Il en résulte un décalage progressif de certaines espèces vers des zones où les organismes retrouveront des conditions favorables d'habitat. La modélisation des changements d'aires de répartition des espèces permet de dessiner les probabilités de présence des espèces à l'horizon 2100. Des changements d'aires de répartition d'espèces de poisson vers les pôles sont déjà couramment observés. Chaque année, on estime que les espèces marines se déplacent de 6 km en direction des pôles pour retrouver plus de fraicheur. Mais si les modèles disponibles permettent de prédire des déplacements de certaines espèces vagiles (de poissons par exemple), les phénomènes sont parfois plus complexes pour les espèces benthiques, c'est-à-dire vivant sur le fond marin sans se déplacer comme les coraux, les algues ou les huitres. Ainsi a-t-on programmé la disparition de la Coquille Saint Jacques de la Manche sans qu'elle n'ait eu lieu à ce jour. L'origine de ces différences reste à identifier mais elle peut aussi bien être attribuée à une défaillance des modèles utilisés qu'à des mesures de gestion appropriées.

« L'acidification de l'océan, consécutive au changement climatique, se traduit par une baisse de la disponibilité en ions carbonates, entraînant des répercussions significatives sur la biosphère marine. [...] Ces conséquences pourraient avoir un effet boule de neige sur le changement climatique en limitant l'absorption de CO_2 par la pompe biologique du carbone, dont la capacité d'absorption est corrélée à l'abondance de certaines espèces planctoniques. »

L'acidification de l'océan, consécutive au changement climatique, se traduit par une baisse de la disponibilité en ions carbonates[6], entraînant des répercussions significatives sur la biosphère marine. Cette réduction va altérer par exemple la croissance des organismes possédant des structures calcaires parmi lesquels on trouvera aussi bien des espèces phyto ou zooplanctoniques, que des mollusques ou encore des coraux. Au-delà d'un certain seuil d'acidification, on observe la dissolution du squelette des coraux, la fragilisation des coquilles de mollusques et une tendance à voir le phytoplancton[7] de grande taille remplacé par des espèces de plus petite taille. Ces conséquences pourraient avoir un effet boule de neige sur le changement climatique en limitant l'absorption de CO_2 par la pompe biologique du carbone[8], dont la capacité d'absorption est corrélée à l'abondance de certaines espèces planctoniques.

4 Euzen, A., Gaill, F., Lacroix, D., & Cury, P. (2019). *L'océan à découvert*. CNRS éditions.

5 La phénologie est l'étude des événements naturels cycliques et saisonniers dans le monde vivant. Les changements phénologiques font donc référence au changement dans le calendrier des cycles biologiques des espèces.

6 Les ions carbonates permettent la formation des squelettes et des coquilles de nombreuses espèces marines. Ils aident également à maintenir l'équilibre du pH dans l'océan.

7 Algues microscopiques présentes dans les eaux.

8 L'océan est le principal puits de carbone naturel grâce à deux mécanismes : la « pompe physique » qui transporte les eaux de surface riches en CO_2 vers des couches maritimes plus profondes, et la « pompe biologique » qui absorbe du CO_2 grâce à la présence de phytoplanctons.

Copépodes (zooplancton) au microscope

LA COLONNE D'EAU ET L'ÉCOSYSTÈME PLANCTONIQUE

L'océan est souvent abordé à travers un découpage géographique : « ZEE », « eaux territoriales », « côtes océaniques », font référence à une répartition horizontale de ce bien commun. Pourtant, l'océan se caractérise avant tout par sa verticalité – ou son immense profondeur – qui s'étend de la surface de l'eau jusqu'au fond. Cette profondeur, essentielle à la compréhension des dynamiques océaniques, est désignée sous le terme de « colonne d'eau ». C'est dans cette colonne d'eau qu'ont lieu les processus à l'œuvre dans la capture du CO_2 atmosphérique et son stockage dans les profondeurs. Elle est au cœur des processus physiques et biologiques de l'océan, mais demeure, avec le profond, l'une des zones les moins connues. C'est également dans la colonne d'eau que l'on trouve le plancton, terme désignant une infinité d'espèces qui se situent à la base des chaînes alimentaires. Le plancton représente une richesse génétique incroyable tout en étant majoritairement microscopique, comme l'ont montré récemment les expéditions Tara Océans[9]. L'écosystème planctonique est la clef de voûte de la biodiversité océanique, c'est lui qui a fourni au cours de l'évolution la moitié de l'oxygène que nous respirons, via le mécanisme de photosynthèse. Enfin, c'est dans la colonne d'eau que vit la majorité des espèces qui assurent l'alimentation et la survie des sociétés humaines. Néanmoins ces richesses et les bienfaits qu'elles apportent à l'humanité se réduisent inexorablement.

« L'écosystème planctonique est la clef de voûte de la biodiversité océanique, c'est lui qui a fourni au cours de l'évolution la moitié de l'oxygène que nous respirons, via le mécanisme de photosynthèse. »

La couleur de l'eau, par ailleurs, en dit long sur les populations locales d'algues microscopiques (ou phytoplancton) qu'elle contient. Les espèces de phytoplancton prolifèrent très rapidement et peuvent changer en quelques jours les caractéristiques de l'océan. Les eaux d'un vert sombre par exemple sont peuplées par des diatomées à enveloppe siliceuse, les eaux blanches et mousseuses sont dues à des flagellés coloniaux, les dinoflagellés entrainent un vert jaune prononcé, tandis que les eaux rouges du Brésil sont dues à un dinoflagellé prédateur.

9 Fondation Tara Océan. (2024b, 5 Août). *Explorer et sensibiliser pour protéger l'Océan | Fondation Tara Océan.* https://fondationtaraocean.org/.

L'eutrophisation est une nuisance créée par l'accumulation d'une biomasse algale très supérieure aux capacités de régulation de l'écosystème local. Elle perturbe la chaîne alimentaire par la baisse d'oxygène qu'elle induit sur le fond, engendrant la mort par asphyxie du vivant qui s'y trouve. Les apports d'éléments comme l'azote, le phosphore, ou les intrants agricoles peuvent générer des conséquences néfastes. L'accumulation de matière organique entraîne une dégradation bactérienne sur le fond qui débute par une situation d'aérobie – les bactéries se multiplient et décomposent la matière organique excédentaire en consommant l'oxygène présent dans l'eau – et se poursuit par une anoxie[10] due à l'épuisement de l'oxygène. Dans ces conditions, la population de bactéries anaérobies se développera en utilisant les sulfates de l'eau de mer, dégageant alors des sulfures toxiques pour le monde animal et les humains. C'est ce qui se produit en Bretagne avec les marées vertes. Ce phénomène est à l'origine des zones mortes, dont la surface et le nombre se sont accrus depuis une vingtaine d'années.

CHANGEMENT CLIMATIQUE DE L'OCÉAN ET SANTÉ HUMAINE : L'OCÉAN COMME RÉSERVOIR MOLÉCULAIRE

Outre les enjeux liés à la perturbation de la chaîne alimentaire, ces variations environnementales ont d'autres conséquences qui vont directement impacter les populations humaines[11]. Une augmentation de la température du milieu marin entraînera ainsi des répercussions importantes sur la pathologie de certaines espèces bactériennes marines, or il existe des seuils critiques de température où les bactéries peuvent devenir toxiques. Cette toxicité peut affecter les autres espèces marines. C'est le cas par exemple de la bactérie *Vibrio harveyi* qui, à partir de 17°C, va infecter les ormeaux, les crustacés ou encore les mammifères marins. Les toxines des microalgues sont des métabolites secondaires[12] qui ont des modes d'action variés pouvant engendrer des infections diarrhéiques, amnésiantes ou neurotoxiques[13].

L'océan est également un puits potentiel de nouvelles ressources, aussi bien pour la santé que pour d'autres domaines qui vont de l'énergie, à l'alimentaire ou encore au matériau. Près de vingt mille métabolites secondaires nouveaux ont été caractérisés dans des organismes marins durant ces 40 dernières années.

La vitesse de progression des pathogènes y est également beaucoup plus élevée que sur terre, sans que l'on puisse procéder à des isolements de milieux contaminés. Près de 15 millions d'infections alimentaires sont dues à l'ingestion de fruits de mer contaminés aux Etats-Unis. Les effets toxiques de certaines algues unicellulaires sont d'autant plus redoutables qu'elles se déplacent sous l'effet du changement climatique et des activités humaines.

10 Un milieu est dit anoxique s'il ne contient plus d'oxygène.

11 Zhivkoplias, E., Jouffray, J. P., Dunshirn, P. A., Pradndinti, A., & Blaziac, R. (2024). Growing prominence of deep-sea life in marine bioprospecting [L'importance croissante de la vie en eau profonde dans la bioprospection marine]. Nature Sustainability, 7(11), 1027–1037.

12 Composés produits par les organismes et jouant des rôles cruciaux dans la défense contre les prédateurs, la compétition avec d'autres organismes, et l'attraction des pollinisateurs. Ils incluent des substances souvent responsables des propriétés médicinales et toxiques des plantes.

13 Landrigan, P. J., Stegeman, J. J., Fleming, L. E., Allemand, D., Anderson, D. M., Backer, L. C., ... & Rampal, P. (2020). Human health and ocean pollution [Santé humaine et pollution des océans]. Annals of Global Health, 86(1), 151.

Par exemple, *Ostreopis ovata*, qui vit habituellement dans les eaux chaudes tropicales, se retrouve désormais en Méditerranée où elle provoque des maladies respiratoires par inhalations d'aérosols sans contact direct avec la mer.

Néanmoins, l'océan peut également offrir des solutions. Actuellement, près d'une vingtaine de médicaments d'origine marine sont commercialisés sur les marchés pharmaceutiques de l'Union européenne et des États-Unis, ou encore de l'Australie et de la Chine. La plupart sont des agents anticancéreux, mais d'autres molécules concernent la douleur ou les infections virales, et la prochaine décennie devrait voir l'apparition de nouveaux antibiotiques. Ainsi, l'un des organismes emblématiques des sources hydrothermales du Pacifique, *Alvinella pompejana*, est un animal thermophile qui présente des adaptations comportementales, cellulaires et moléculaires remarquables[14]. Un nouveau peptide antimicrobien, l'*Alvinellicin*, a fait l'objet du dépôt d'un brevet et l'exploration du potentiel thérapeutique de ce type d'antibiotique dans des environnements pulmonaires infectés par des bactéries pathogènes Gram devrait déboucher sur des applications intéressantes[15].

Plage de Floride recouverte d'algues toxiques de l'atlantique sargassum connues sous le nom de marée rouge

PRÉSERVER LA SANTÉ DE L'OCÉAN ET LA NÔTRE, MAIS COMMENT AGIR ?

Si le GIEC et l'IPBES jouent un rôle majeur pour influencer les décisions politiques sur le climat, l'érosion de la biodiversité et les ressources naturelles, aucun d'entre eux ne se concentre essentiellement sur les questions liées à la durabilité de l'océan, et aucun équivalent n'existe pour anticiper l'avenir de sa santé. Bien que le *World Ocean Assessment* réalise régulièrement une synthèse de l'état actuel de l'océan, et en dépit d'une multitude d'organisations et d'initiatives internationales cherchant à éclairer les politiques océaniques, les initiatives en la matière se concentrent principalement sur des thématiques spécifiques. En effet, plusieurs agences des Nations unies ont un mandat sectoriel sur les océans : l'OMI pour le transport maritime, la FAO pour les enjeux de l'alimentation ayant trait à l'océan, l'ISA pour l'exploitation minière en eaux profondes, l'UNEP pour le traité sur les plastiques. D'autres efforts sont axés sur des thèmes particuliers, comme le Groupe de haut niveau qui se concentre sur l'économie durable des océans, ou la *High Ambition Coalition for Nature and People*, qui cible la conservation des océans et l'agenda 30x30[16].

Agir pour que l'océan soit reconnu « bien commun de l'humanité »[17], afin d'en assurer sa bonne santé et sa gestion durable est l'ambition de l'IPOS (l'International Panel for Ocean Sustainability) que nous avons imaginé avec des scientifiques, des experts, des représentants de la société civile et toutes les parties prenantes de la mer[18]. L'IPOS se veut une interface transdisciplinaire favorisant la circulation des connaissances entre la science, la société et les décideurs politiques, permettant d'envisager des solutions pour l'avenir des océans. Son objectif est de réunir les connaissances disponibles permettant de déterminer le comportement futur de l'océan et fournir des outils d'aide à la décision. La multiplicité des enjeux qui touchent les territoires océaniques engendrent une diversité de problèmes dont nous devons nous saisir, qu'ils soient sociaux, économiques, sanitaires ou plus largement environnementaux. Grâce à un programme financé par des partenaires privés et par la commission européenne intitulé *Towards IPOS*[19], les caractéristiques, le fonctionnement, le coût financier et l'intégration de ce même IPOS dans la constellation des Nations unies sera présentée à la troisième conférence des Nations unies sur l'océan (UNOC3) à Nice en juin 2025.

CONCLUSION

Face aux menaces croissantes que représente le changement climatique, il devient impératif d'adopter une approche transversale et coordonnée pour protéger l'océan, premier poumon de la Terre. Cet écosystème vital qui absorbe une grande partie des impacts du réchauffement climatique joue un rôle crucial dans la régulation du climat. Cependant, cette capacité d'absorption n'est pas illimitée, et les conséquences sur les écosystèmes marins et les sociétés humaines sont déjà visibles : élévation du niveau des mers, augmentation des vagues de chaleur marine, acidification, ou encore migration des espèces vers des régions plus froides. La dégradation des océans impacte également la santé humaine, notamment par l'émergence de maladies d'origine marine, la multiplication des émanations toxiques et la perturbation des chaînes alimentaires. Pourtant, l'océan est un puits de ressources qui agit durablement pour notre santé, dans lequel nous puisons des molécules pour nous soigner. L'urgence nécessite la mise en place d'un processus de gouvernance mondiale dédiée à la santé des océans. C'est dans cette perspective que l'IPOS (International Panel for Ocean Sustainability) se positionne comme une interface de dialogue entre la science et la connaissance, la société et les décideurs, pour assurer une gestion durable de l'océan et garantir sa préservation pour les générations futures. L'action en faveur de l'océan ne peut attendre, car l'échelle temporelle de l'océan déborde celle de l'humain – allant du siècle au millénaire.

14 Gaill, F. (2017). The Pompeii worm or how to adapt to extreme conditions [Le ver de Pompéi ou comment s'adapter à des conditions extrêmes]. In A. Euzen, B. Laville, & S. Thiebault (Eds.), Adapting to climate change: A question for our societies [S'adapter au changement climatique : Une question pour nos sociétés] (pp. 175–182). ediSens.

15 Tasiemski, A. et al., (2014). Characterization and Function of the First Antibiotic Isolated from a Vent Organism: The Extremophile Metazoan Alvinella pompejana [Caractérisation et fonction du premier antibiotique isolé d'un organisme de l'évent : Le métazoaire extrémophile Alvinella pompejana]. *PLoS ONE, 9*(4),

16 L'Agenda 30x30 est une initiative mondiale visant à protéger 30 % de la planète d'ici 2030.

17 Gaill, F., Riblier, E., Chabaud, C., et al. (2021). L'océan bien commun de l'humanité: Séminaires de la task force océan du CNRS. La Revue Maritime, 5, 37.

18 Gaill, F. et al., (2022). An evolution towards scientific consensus for a sustainable ocean future "[Une évolution vers un consensus scientifique pour un futur océan durable]. *Npj Ocean Sustainability, 1*(1). https://doi.org/10.1038/s44183-022-00007-1.

19 *Towards an Intergovernmental Panel for Ocean Sustainability (IPOS)* (Août, 2023). European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency. https://cinea.ec.europa.eu/funding-opportunities/calls-tenders/towards-intergovernmental-panel-ocean-sustainability-ipos.

Le risque des poussières atmosphériques pour la santé humaine

Emmanouil Proestakis
Chercheur postdoctorant à l'unité de recherche Remote sensing of Aerosols, Clouds and Trace gases (ReACT) de l'Observatoire national d'Athènes (NOA) et chercheur postdoctorant du Fonds AXA pour la Recherche

Avril 2023, en Grèce, un impressionnant nuage de sable du Sahara envahit le ciel d'Athènes

Emmanouil Proestakis est chercheur postdoctorant à l'unité de recherche Remote sensing of Aerosols, Clouds and Trace gases (ReACT) de l'Observatoire national d'Athènes (NOA), ainsi que du Fonds AXA pour la recherche. ***Ses travaux portent sur les aérosols amphotères, notamment la composante poussière et ses effets, en s'appuyant sur des observations de télédétection avancées et des modèles théoriques. Ses travaux ont débouché sur la création d'un registre mondial pluriannuel de données climatiques sur la composante inhalable des poussières atmosphériques, offrant des informations sur l'effet de la poussière sur la santé, en vue de prendre des mesures d'adaptation, d'atténuation et de gestion des risques.***

Quelle est la contribution de la composante inhalable des poussières atmosphériques à la charge totale des aérosols ? Quelle part se situe près de la surface de la Terre, où se déroule la majeure partie de l'activité humaine ? Dans quelle mesure a-t-elle évolué dans les zones très industrialisées et densément peuplées, comme les mégapoles, en vingt ans ? Dans quelles régions la concentration atmosphérique devrait-elle dépasser les lignes directrices de l'OMS en matière de qualité de l'air dans un futur proche ? Comment les émissions de poussières ont-elles évolué depuis l'ère préindustrielle et que disent les initiatives nationales et internationales sur la quantité de poussière qui résidera dans l'atmosphère d'ici la fin du siècle ? L'article examine les questions sociétales urgentes relatives au risque sanitaire posé par la composante inhalable de la poussière atmosphérique, rendues d'autant plus pressantes en raison du changement climatique. Des perspectives sont fournies à travers le prisme des initiatives internationales en cours, des progrès récents et des limites de nos capacités.

INTRODUCTION

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et le sixième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), l'intensification du changement climatique représente une menace majeure pour le bien-être et la santé des êtres humains, avec des répercussions socio-économiques négatives. Parmi les différentes sortes d'aérosols[1], les poussières minérales jouent un rôle clé dans le système climatique de la Terre, affectant les activités anthropiques et la santé humaine. Des études épidémiologiques récentes démontrent effectivement un lien étroit entre les poussières et des troubles de la santé, allant d'une légère irritation de la peau à des réactions allergiques, des maladies cardiovasculaires et respiratoires, des cancers et même des épidémies. Malgré les preuves que la poussière atmosphérique constitue un facteur de risque environnemental important et les efforts de collaboration internationale qui ont permis des avancées scientifiques sans précédent, les connaissances actuelles restent marquées par de grandes incertitudes. Il est donc difficile d'améliorer les produits et services existants pour évaluer les impacts négatifs de la poussière sur la santé humaine. Il convient aujourd'hui de renforcer les initiatives internationales et scientifiques, afin de mieux répondre aux défis posés par les poussières atmosphériques, en particulier dans le contexte du changement climatique.

1 Dispersion en particules très fines d'un liquide, d'une solution ou d'un solide dans un gaz (déf. Larousse).

LES POUSSIÈRES, UNE MENACE POUR LA SANTÉ

Selon Copernicus – le programme d'observation de la Terre de l'Union européenne – et l'OMS, une tempête de poussière massive a ravagé l'Irak en mai 2022, entraînant l'hospitalisation de 5000 personnes pour des problèmes respiratoires dus à la mauvaise qualité de l'air, dans la seule province de Bagdad. ***(Illustration 1)***. Or, si l'ampleur de cette tempête a été inhabituelle, les concentrations élevées d'aérosols de poussière sont la norme dans de nombreuses régions, qu'elles se situent à proximité des sources de poussière de la Terre, ou à des centaines, voire des milliers de kilomètres de celles-ci, représentant une menace significative pour la santé humaine.

Illustration 1 : Tempête de sable et de poussière en Irak, telle qu'observée par les systèmes satellites MODIS Aqua et Terra de la NASA entre le 15 et le 17 mai 2022

source : NASA Worldview

Au cours de l'année écoulée, selon l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le rapport annuel Airborne Dust Bulletin[2], plusieurs tempêtes de sable et de poussière (SDS) intenses ont touché de vastes régions du globe, par exemple le Maghreb, le Sahel et le golfe de Guinée en décembre 2023, et les Caraïbes orientales et le nord de l'Amérique du Sud entre décembre 2023 et avril 2024. En avril 2024, l'Europe du Sud (en particulier l'Italie et la Grèce) a été ensevelie par des vagues de poussière saharienne, avec des concentrations de particules à la surface (PM_{10}) atteignant jusqu'à 200 µgm^{-3} sur de longues périodes, comme l'a rapporté AtmoHub Copernicus[3] (CAMS) en Grèce. Or, ces niveaux de concentration de poussière, déjà élevés, ont été éclipsés par les niveaux de concentration extrêmes des tempêtes de poussière qui ont englouti la Mongolie et le nord de la Chine en mars 2023. Ces tempêtes ont provoqué une baisse spectaculaire de la qualité de l'air pendant plusieurs jours, avec des concentrations de PM_{10} dépassant 9 000 µgm^{-3}. À titre de comparaison, les lignes directrices de l'OMS sur la qualité de l'air[4], établies dans l'objectif d'une feuille de route mondiale de lutte contre les effets de la pollution atmosphérique sur la santé, proposent ***(Illustration 2)*** :

> *« Une tempête de poussière massive a ravagé l'Irak en mai 2022, entraînant l'hospitalisation de 5000 personnes pour des problèmes respiratoires dus à la mauvaise qualité de l'air, uniquement dans la province de Bagdad. »*

Illustration 2 : OMS – Directives sur la qualité de l'air

$PM_{2,5}$:	10 µg/m³ moy. annuelle
	25 µg/m³ moy. horaire sur 24h
PM_{10} :	20 µg/m³ moy. annuelle
	50 µg/m³ moy. horaire sur 24h

i. Pour l'exposition moyenne sur 24 heures aux particules, les seuils de sécurité supérieurs de 25 µgm^{-3} et 50 µgm^{-3} pour les $PM_{2,5}$ et les PM_{10}, respectivement (voir définition ci-dessous).

ii. Pour l'exposition moyenne annuelle, les seuils de sécurité supérieurs de 10 µgm^{-3} et 20 µgm^{-3} pour les $PM_{2,5}$ et les PM_{10}, respectivement.

Il semble que les épisodes de nuages de poussière, caractérisés par des concentrations exceptionnellement élevées de particules, puissent entraîner des conditions extrêmement dangereuses, constituant ainsi des défis considérables pour la vie publique et la santé humaine comme l'indiquent plusieurs études épidémiologiques[5]. Soulignons toutefois que toutes les particules composant les couches de poussière transportées par voie éolienne ne présentent pas les mêmes facteurs de risques pour l'environnement. L'un des points déterminants dans l'association entre les aérosols, la qualité de l'air et les maladies qui en découlent est la quantité de particules en suspension (PM) dans l'air ***(Illustration 3)***. En général, les PM se divisent en trois classes distinctes, (i) PM_{10} (grossières), (ii) $PM_{2,5}$ (fines) et (iii) UFP (ultrafines). Elles correspondent aux catégories de particules en suspension dans l'air ayant un diamètre aérodynamique respectivement de ≤10 µm, ≤2,5 µm et ≤0,1 µm. Concernant la poussière minérale, des campagnes expérimentales intensives à grande échelle utilisant des instruments aéroportés *in situ* (exemple, la campagne AER-D/CE-D en 2015) ont rapporté que la taille des particules de poussière dans les couches atmosphériques transportées par voie éolienne varie sur plus de trois ordres de grandeur, allant de moins de 0,1 µm (~de l'ordre du virus SARS-CoV-2) à plus de 100 µm (~de l'ordre d'un cheveu humain)[6]. En général, le risque sanitaire attribué aux plus grosses particules de poussière minérale est considéré comme faible, allant d'une légère irritation de la peau à des réactions allergiques, même quand la concentration est forte et l'exposition durable. En revanche, les particules $PM_{2,5}$ – en raison de leur petite taille – peuvent pénétrer profondément dans les poumons et les alvéoles, entraînant des réactions allergiques, des maladies cardiovasculaires et respiratoires, voire des cancers. Pour aller plus loin dans l'étude du danger que représente la poussière fine, la relation entre sa composante inhalable et les épidémies reste une question ouverte. En effet, le rôle des particules de poussière minérale éolienne en tant que vecteurs de bactéries, comme dans le cas des épidémies de méningite au Sahel pendant les saisons de l'Harmattan, n'est toujours pas certain.

2 World Meteorological Organization. (2024, July). WMO Airborne Dust Bulletin No. 8. [Bulletin de l'OMM sur les poussières en suspension]. https://library.wmo.int/records/item/68953-no-8-july-2024.

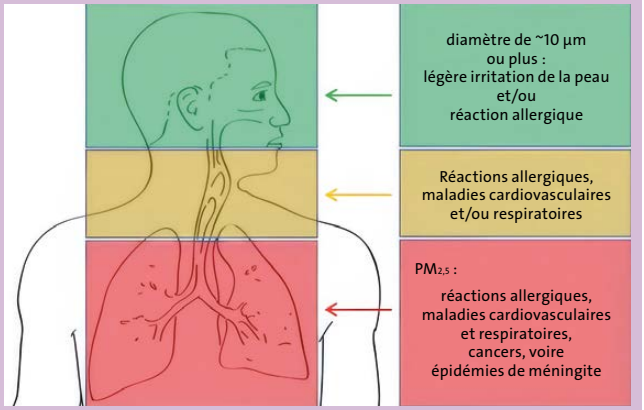
3 AtmoHUB - https://atmohub.gr/.

4 World Health Organization. (n.d.). Health impacts of climate change in the WHO European Region [Incidences du changement climatique sur la santé dans la Région européenne de l'OMS] (WHO-SDE-PHE-OEH-06-02). World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/WHO-SDE-PHE-OEH-06-02.

5 Goudie, A. S. (2014). Desert dust and human health disorders [Poussière du désert et troubles de la santé humaine]. Environment International, 63, 101–113. https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.10.011.

6 Ryder, C. L., Marenco, F., Brooke, J. K., Estelles, V., Cotton, R., Formenti, P., McQuaid, J. B., Price, H. C., Liu, D., Ausset, P., et al. (2018). Coarse-mode mineral dust size distributions, composition and optical properties from AER-D aircraft measurements over the tropical eastern Atlantic [Distribution granulométrique, composition et propriétés optiques des poussières minérales grossières d'après les mesures de l'avion AER-D au-dessus de l'Atlantique tropical oriental]. Atmospheric Chemistry and Physics, 18, 17225–17257. https://doi.org/10.5194/acp-18-17225-2018.

Illustration 3 : **Dimension des particules de poussière et effets sur la santé humaine**



Source : Emmanouil Proestakis

Pour mieux évaluer les effets négatifs des poussières sur la santé humaine, il est nécessaire d'améliorer nos connaissances fondamentales sur les particules fines inhalables ($PM_{2,5}$) et notamment sur le cycle de vie complexe et le trajet des poussières dans l'atmosphère. D'autant qu'en termes de masse totale, la poussière est l'un des aérosols les plus répandus dans l'atmosphère, juste après les émissions de sels marin. Une étude récente évalue à ~4680 Tg/an[7] la quantité totale de poussière émise par des sources naturelles (zones arides et semi-arides) dans l'atmosphère, soit plus de 463 000 fois le poids de la Tour Eiffel. Néanmoins, cette quantité de poussière ne représente qu'une fraction de la poussière atmosphérique totale. À l'échelle mondiale, les sources naturelles représentent environ 75 % des émissions de poussière, les 25 % restants étant attribués aux activités anthropiques[8], telles que les transports, les infrastructures, la construction de bâtiments et de routes, la détérioration des surfaces de sol, les changements dans l'utilisation des terres, la déforestation, le pâturage, l'urbanisation et l'agriculture. Une fois ces milliers de téragrammes de poussière libérés dans l'atmosphère, ils sont transportés par le vent sur de longues distances, avant d'être éliminés par dépôt humide ou sec. Ainsi, il n'est pas rare de constater une baisse spectaculaire de la qualité de l'air due à l'augmentation des niveaux de concentration de poussières sur de vastes zones situées parfois même à des milliers de kilomètres des sources d'émission. Les risques liés à la poussière passent alors d'une échelle locale à une échelle régionale, voire mondiale.

« Une étude récente évalue à ~4680 Tg/an la quantité totale de poussière émise par des sources naturelles (zones arides et semi-arides) dans l'atmosphère, soit plus de 463 000 fois le poids de la Tour Eiffel. »

COORDINATION SCIENTIFIQUE RÉGIONALE ET INTERNATIONALE FACE AUX POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES

Plusieurs initiatives nationales et internationales ont été lancées car les poussières atmosphériques représentent un danger non seulement pour la santé, mais aussi pour les biens, l'environnement et l'économie, et influencent également les systèmes météorologiques et climatiques. Citons par exemple le système d'alerte et d'évaluation des tempêtes de sable et de poussière de l'OMM (SDS-WAS), en partenariat avec la Veille de l'atmosphère globale (VAG), une coopération mondiale visant à améliorer les capacités de prévisions en matière de SDS. Le programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), à travers son *rapport Global Environment Outlook* (GEO), évalue l'état et l'orientation de l'environnement mondial, y compris les sources, les tendances et les effets de la poussière atmosphérique. L'initiative *Dust Alliance for North Americ*a (DANA) travaille à accélérer la transition de la recherche sur les poussières vers des solutions sociétales. L'Agence spatiale européenne (ESA), via l'initiative sur le changement climatique (CCI), fournit des enregistrements de données climatiques (CDR) à long terme et de haute qualité, dérivés d'observations par satellite, en vue de soutenir la recherche sur le climat et l'élaboration de politiques, comme le LIVAS CDR[9]. Parallèlement, le réseau européen de lidars pour la recherche sur les aérosols (EARLINET) exploite des stations de pointe en Europe – et au-delà – pour observer et analyser la distribution tridimensionnelle des aérosols dans l'atmosphère, y compris les poussières.

Ces initiatives mettent en évidence les actions coordonnées menées par les organisations internationales, les groupes régionaux et les centres de recherche, pour relever les défis multifactoriels posés par les poussières atmosphériques. Ces efforts de collaboration ont permis des avancées sans précédent des capacités d'observation et de modélisation des aérosols, avec un niveau de maturité suffisant pour déboucher sur des produits et services orientés vers l'utilisateur et contribuer, ainsi, à l'élaboration de politiques et de stratégies d'atténuation. Il reste toutefois des progrès à accomplir pour réduire les incertitudes scientifiques actuelles sur la composante fine inhalable de la poussière, progrès qui permettraient de disposer de produits et des services adaptés et de haute qualité pour évaluer les incidences négatives des poussières sur la santé humaine. Par exemple, la grande majorité des systèmes d'observation de la Terre (OT) par satellite aujourd'hui sont incapables de mesurer l'altitude et la dimension des couches d'aérosols dans l'atmosphère. Il est donc difficile de trouver des solutions pour remédier à la charge d'aérosols dans la couche limite planétaire, où se déroulent la plupart des activités anthropogéniques. En outre, les problèmes de santé liés à la poussière dépendent d'abord de la dimension des particules de poussière, et seulement dans un deuxième temps de la masse totale de poussière. Or, les observations de la Terre par satellite, sans l'application extensive d'hypothèses et de paramétrisations, n'ont pas la capacité de dissocier la composante aérosol de la poussière de la charge totale en aérosols. Il est donc très compliqué d'identifier la composante fine inhalable de la poussière. Enfin, les modèles d'aérosols atmosphériques les plus

7 Kok, J. F., Storelvmo, T., Karydis, V. A., Adebiyi, A. A., Mahowald, N. M., Evan, A. T., He, C., & Leung, D. M. (2023). Mineral dust aerosol impacts on global climate and climate change [Impacts des aérosols de poussières minérales sur le climat mondial et le changement climatique]. Nature Reviews Earth & Environment, 4, 71–86. https://doi.org/10.1038/s43017-022-00379-5.

8 Ginoux, P., Prospero, J. M., Gill, T. E., Hsu, N. C., & Zhao, M. (2012). Global-scale attribution of anthropogenic and natural dust sources and their emission rates based on MODIS Deep Blue aerosol products [Attribution à l'échelle mondiale des sources de poussières anthropiques et naturelles et de leurs taux d'émission sur la base des produits aérosols MODIS Deep Blue]. Reviews of Geophysics, 50, RG3005. https://doi.org/10.1029/2012RG000388.

9 Amiridis, V., Marinou, E., Tsekeri, A., et al. (2015). LIVAS: A 3-D multi-wavelength aerosol/cloud database based on CALIPSO and EARLINET [Une base de données d'aérosols et de nuages en trois dimensions et à plusieurs longueurs d'onde basée sur CALIPSO et EARLINET]. Atmospheric Chemistry and Physics, 15, 7127–7153. https://doi.org/10.5194/acp-15-7127-2015.

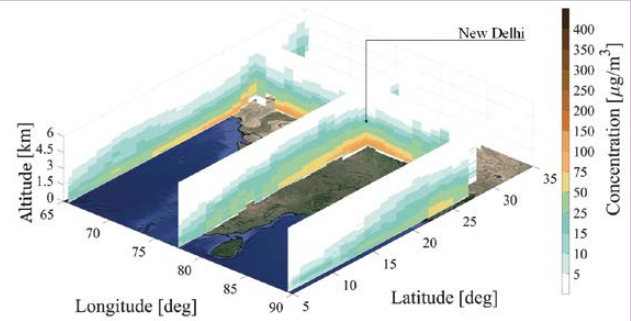
avancés aujourd'hui sont largement utilisés pour fournir des informations spatio-temporelles sur l'émission, le transport, le dépôt et la structure verticale des poussières. Mais ces modèles se fondent généralement sur des modèles statiques d'occupation des sols pour identifier les sources de poussière, comme les régions arides et semi-arides. Ceux-ci ne tiennent pas compte des évolutions au fil du temps, notamment des émissions de poussières anthropiques dans les régions fortement industrialisées et densément peuplées de la Terre ou induites par des activités telles que la déforestation (ex. forêt amazonienne). Ainsi, la quantité de poussière libérée dans l'atmosphère et largement sous-estimée, de même que l'évaluation des risques pour la santé environnementale.

RÉSULTATS ET LIMITES DES PRÉVISIONS EN MATIÈRE D'ÉMISSIONS DE POUSSIÈRE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Il convient de souligner que les avancées scientifiques actuelles seraient encore insuffisantes pour mettre en œuvre des stratégies d'adaptation et d'atténuation des risques efficaces face aux concentrations de poussières en suspension dans l'air, si elles ne prennent pas en compte l'un des défis les plus urgents de notre époque : le changement climatique. Plus précisément, on estime que la charge de masse mondiale de poussière atmosphérique dans le climat moderne (1981-2000) a augmenté d'environ 55 ± 30 %[10] depuis l'époque préindustrielle (1841-1860). Ce changement significatif serait principalement imputable aux changements d'utilisation des sols par les humains. C'est particulièrement le cas pour les vastes régions asiatiques, qui abritent des zones et mégapoles parmi les plus densément peuplées et industrialisées de la planète, à l'intérieur ou à proximité immédiate de la « ceinture de poussière » de la Terre. Une étude scientifique récente soutenue par le Fonds AXA pour la Recherche a quantifié la composante fine inhalable (PM_1) de la poussière au-dessus de New Delhi et au niveau du sol. Sur la base d'une quinzaine d'années d'observations terrestres par satellite, celle-ci s'élève à plus de 75 µgm^{-3}, soit sept fois plus que le seuil de sécurité moyen annuel pour les $PM_{2,5}$ préconisé par l'OMS dans le cadre de ses lignes directrices sur la qualité de l'air ***(Illustration 4)***[11]. En ce qui concerne les futures émissions de poussières, les projections sont très variables d'un modèle climatique à l'autre, avec des tendances à la hausse ou à la baisse. De nombreux facteurs contribuent dans différentes mesures aux divergences entre les modèles de prévision climatique, ayant comme principal moteur les scénarios des trajectoires socio-économiques partagées (SSP)[12]. En effet, la charge de poussière atmosphérique est ammenée à varier considérablement par rapport à aujourd'hui selon le paramétrage des modèles climatiques et selon les différentes trajectoires socio-économiques auxquelles l'humanité sera confrontée, tels qu'établis par la communauté des modèles d'évaluation intégrée (MEI) dans le cadre du GIEC au cours du cinquième rapport d'évaluation (AR5-2013).

Malgré les défis considérables auxquels elle fait face, la communauté scientifique mondiale continue de repousser les limites de la connaissance actuelle et de traduire les progrès de l'observation et de la modélisation en connaissances, en informations, en produits sur mesure et en services aux utilisateurs finaux. La coordination entre la communauté scientifique, la société et les autorités doit être renforcée. Il conviendrait d'améliorer les flux d'informations et de connaissances entre les communautés concernées et, pour cela, de dépasser la fragmentation des secteurs, des politiques et des cultures. Ainsi, ce flux soutiendra les décideurs politiques, les parties prenantes et les utilisateurs finaux avec des systèmes et des services avancés, permettant de soutenir des stratégies d'adaptation et d'atténuation efficaces, afin de préserver la santé humaine face au changement climatique.

Illustration 4 : Poussière atmosphérique - PM_1 (moy. annuelle : 2006-2022)



Poussières atmosphériques PM_1 sur le sous-continent indien, en particulier dans la mégapole de New Delhi.

Source : Proestakis et al., 2024[12]

CONCLUSION

Les couches de poussière atmosphérique, composées de particules minérales d'un diamètre situé entre -0,1 µm et +100 µm, jouent un rôle clé dans les systèmes météorologiques et climatiques de la Terre. Ces couches entraînent des conséquences majeures, tant pour le bien-être, la santé et la vie humaine que sur nos systèmes socio-économiques et sur notre environnement. Pour relever les nombreux défis posés par les poussières atmosphériques, plusieurs initiatives nationales et internationales ont été mises en place, avec des efforts de collaboration facilitant des avancées sans précédent dans les capacités d'observation et de modélisation des aérosols. Pourtant, même si les risques posés par la composante fine inhalable de la poussière ne fait plus de doute, les connaissances actuelles comportent de nombreuses lacunes, ce qui entrave nos possibilités de parvenir à des produits et services véritablement performants, orientés vers l'utilisateur et contribuant à élaborer des politiques et des stratégies d'atténuation. En l'état, tandis que les initiatives internationales s'efforcent de résoudre les problèmes posés par les émissions de poussières, nous pouvons prendre des mesures proactives à titre individuel afin de préserver notre santé. Les personnes souffrant de maladies préexistantes (cardiaques ou pulmonaires) peuvent notamment surveiller les indices de qualité de l'air afin d'adapter leurs activités quotidiennes, en sortant moins ou en évitant les efforts intenses quand les niveaux de particules sont élevés. En combinant les avancées scientifiques, les initiatives d'atténuation à grande échelle et les actions à titre individuel, nous pourrons construire des communautés plus résilientes et mieux préparées à relever les défis du changement climatique.

10 Indique la marge d'incertitude quant à l'augmentation estimée à 55 %. L'augmentation réelle de la charge de masse de poussière atmosphérique mondiale pourrait donc atteindre 85 % (55 % + 30 %) ou 25 % (55 % - 30 %).

11 Proestakis, E., Gkikas, A., Georgiou, T., Kampouri, A., Drakaki, E., Ryder, C. L., Marenco, F., Marinou, E., & Amiridis, V. (2024). A near-global multiyear climate data record of the fine-mode and coarse-mode components of atmospheric pure dust [Un enregistrement climatique pluriannuel quasi mondial des composantes en mode fin et en mode grossier des poussières atmosphériques pures]. Atmospheric Measurement Techniques, 17, 3625–3667. https://doi.org/10.5194/amt-17-3625-2024.

12 Scénarios des changements socio-économiques mondiaux induits par le changement climatique, projetés jusqu'en 2100, tels que définis en 2021 dans le sixième rapport d'évaluation du GIEC sur le changement climatique.

13 Proestakis, E., Gkikas, A., Georgiou, T., Kampouri, A., Drakaki, E., Ryder, C. L., Marenco, F., Marinou, E., & Amiridis, V. (2024). A near-global multiyear climate data record of the fine-mode and coarse-mode components of atmospheric pure dust [Un enregistrement climatique pluriannuel quasi mondial des composantes en mode fin et en mode grossier des poussières atmosphériques pures]. Atmospheric Measurement Techniques, 17, 3625–3667. https://doi.org/10.5194/amt-17-3625-2024.

Dérèglement climatique et ressources en eau :

Excès, manques et pollutions

Franck Galland
Directeur général d'Environmental Emergency & Security Services

Ancien directeur de la sûreté du groupe Suez et spécialiste des questions sécuritaires liées aux ressources en eau, Franck Galland dirige Environmental Emergency & Security Services, (ES)², un cabinet d'ingénierie-conseil spécialisé en résilience urbaine. Chercheur associé à la Fondation pour la Recherche Stratégique, son dernier ouvrage, paru en mars 2021 chez Robert Laffont, est intitulé « Guerre et eau – L'eau, enjeu stratégique des conflits modernes ». Enfin, servant en réserve opérationnelle depuis une vingtaine d'années, actuellement au grade de Lieutenant-Colonel, il est expert eau auprès du ministère des Armées.

L'année 2022 a été marquée par des événements climatiques extrêmes qui ont profondément affecté les ressources en eau en France et en Europe de l'Ouest. Des épisodes de sécheresse ont entraîné des pénuries d'eau potable dans plusieurs collectivités, qui ont été suivies par des tempêtes hivernales provoquant des inondations record.

Les projections à long terme indiquent une baisse significative du débit des fleuves et des niveaux des nappes phréatiques, avec certains départements comme les Pyrénées-Orientales déjà confrontés à des conditions de semi-aridité, et d'autres comme le Pas-de-Calais à des surcroits d'eau. Ces changements climatiques perturbent gravement l'habitat et les installations, notamment de production et de distribution d'eau potable, ainsi que les secteurs fortement dépendants des ressources en eau comme l'agriculture et l'industrie. Cet article explore ces problématiques et présente des solutions individuelles et collectives à déployer pour faire face à ces défis et préparer les infrastructures critiques aux impacts des évènements climatiques extrêmes.

INTRODUCTION

« Gouverner, c'est pleuvoir ». **Qu'elle soit attribuée au Maréchal Hubert Lyautey, premier résident général au Maroc, ou à Théodore Steeg, son successeur à Rabat de 1925 à 1929, cette formule faisait référence à l'impact de la sécheresse sur l'économie du protectorat. Elle signifiait que prévoir dans le Royaume chérifien passait inévitablement par la prise en compte des ressources en eau, en planifiant la construction d'infrastructures hydrauliques destinées à répondre aux aléas du climat.**

Prononcée il y a un siècle au Maroc, cette formule sied bien à la situation hydrique que rencontre la France et son proche voisinage européen, en conséquence du changement climatique. Celui-ci s'exprime en effet, dans certaines régions, par un manque structurel d'eau occasionné par des phénomènes de sécheresse et de canicule sur de longues périodes ; et à l'inverse, parfois, par un « trop d'eau » avec des pluies à caractère tropical où il peut pleuvoir, sur un territoire donné, l'équivalent de trois mois en moins de trois heures.

2022 : UN MARQUEUR DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'année 2022 est perçue comme un tournant en termes de raréfaction des ressources. Selon la mission interministérielle sur la sécheresse[1], 1260 cours d'eau étaient à sec en France le 1er août 2022, occasionnant des ruptures d'alimentation en

1 Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire. (2023, April 12). Retour d'expérience sur la gestion de l'eau lors de la sécheresse 2022. https://agriculture.gouv.fr/retour-dexperience-sur-la-gestion-de-leau-lors-de-lasecheresse-2022.

eau potable sur un peu plus d'un millier de communes. Un millier d'autres, en tension, étaient sur le point de basculer vers une situation de pénurie.

Cette dynamique d'appauvrissement devrait se produire à une fréquence régulière, s'étalant du début du printemps à la fin de l'automne, sans qu'aucun territoire de l'Ouest de l'Europe ne soit véritablement épargné. Selon les différentes projections, la France sera ainsi amenée à connaître une baisse de 20 % du débit de ses fleuves et de 20 à 30 % du niveau de ses nappes phréatiques en moyenne à horizon 2040.

Mais certains territoires ressentent ces baisses plus fortement que d'autres, comme les Pyrénées-Orientales par exemple, qui se dirigent durablement vers une semi-aridité similaire à celle rencontrée par sa voisine qu'est l'Espagne. Mois après mois, la seule tâche rouge qui subsiste sur les cartes du Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM)[2] portant sur des niveaux de nappes jugés bas à extrêmement bas est celle de ce département. A la station de Perpignan, sur l'année 2023, il n'a ainsi été relevé que 245 mm de pluie contre 578 mm en moyenne annuelle.

A l'inverse, de l'autre côté de la France, le Pas-de-Calais connaît au 1er mai 2024 un niveau de nappe particulièrement élevé, en raison des pluies d'hiver qui ont déjà mis à rude épreuve le territoire. Les tempêtes Ciaran et Domingos, ont, en l'espace de quelques jours, fait s'abattre sur les Hauts-de-France autant de pluie qu'il n'en tombe en moyenne en trois ou quatre semaines. Sur l'ensemble du mois de novembre 2023, la station de Boulogne-sur-Mer a ainsi enregistré un cumul de précipitations de près de 317 mm, contre un précédent record de 304 mm établi en 2000[3].

« Selon les différentes projections, la France sera ainsi amenée à connaître une baisse de 20 % du débit de ses fleuves et de 20 à 30 % du niveau de ses nappes phréatiques en moyenne à horizon 2040. »

Ces épisodes de fortes pluies (en durée et en volume) sur des sols déjà saturés, induisent des inondations pluviales majeures. Celles-ci sont rendues d'autant plus dévastatrices par les effets néfastes de l'artificialisation des sols mise en œuvre au cours des cinquante dernières années. Ces débordements de rivières sont le plus souvent accentués par les impacts de remontées de nappes et par la surcharge des réseaux d'eaux usées.

Des inondations en trois dimensions (fortes pluies ; remontée des nappes ; débordement des réseaux d'eaux usées) viennent ainsi dévaster et impacter durablement des infrastructures essentielles à la vie des populations, comme les réseaux d'électricité et de télécom, ainsi que nombres de leurs habitations individuelles et collectives.

CONSÉQUENCES SUR L'EAU POTABLE

Les usages de l'eau sont perturbés par ces phénomènes extrêmes nés du dérèglement climatique. Représentant 18,7 % des prélèvements en France, la production et la distribution d'eau opérées par des exploitants (qu'ils soient publics ou privés en gestion déléguée) permettent l'approvisionnement en eau potable des populations et des clients sensibles pour raisons sanitaires (cf. hôpitaux) et sécuritaires (cf. sites industriels critiques).

33 % de l'eau prélevée provient d'eau de surface, le reste étant issu d'eau souterraine[4]. Or, l'image de la Loire à l'été 2022, devenue par endroit une véritable mer de sable, a légitimement su inquiéter les opérateurs des usines de traitement présentes le long du fleuve. En Loire, comme ailleurs, leur bon fonctionnement dépend en effet d'une eau brute qui ne doit pas dépasser les 25 °C de température, ni être chargée en polluants concentrés par la baisse des volumes, ou encore être perturbée par des phénomènes d'eutrophisation[5]. C'est précisément tout le contraire qui se produit en périodes de canicule et de sécheresse prolongées avec des fleuves à l'étiage[6].

Toujours en 2022, les feux dans le département de la Gironde ont montré la vulnérabilité des ouvrages d'eau et d'assainissement menacés par la progression des flammes. 70 000 hectares furent perdus cet été-là, soit dix fois plus qu'en temps normal. Les incendies ayant ravagé la commune de la Teste-de-Buch en sont l'illustration, avec des risques ayant pesé sur la perte d'installations hydrauliques (par exemple des champs captant dans des zones boisées[7]) et une menace capacitaire pour la défense contre l'incendie.

Un problème nouveau réside également dans le fait que les départements touchés ne se situent dorénavant plus uniquement sur la moitié Sud de la France, où les exploitants ont l'habitude des campagnes de débroussaillage autour des installations en période hivernale et de prévention en période estivale. Le 18 juillet 2022, étaient en effet dénombrés 95 départs de feu sur 37 départements, dont le Finistère, le Maine-et-Loire, l'Eure, etc. ; qui n'étaient jusqu'à présent pas réputés pour faire l'objet de feux de forêt, même dans les années de forte chaleur comme en 2003.

2 BRGM. (2024, 12 juillet). Nappes d'eau souterraine au 1er juillet 2024. BRGM. https://www.brgm.fr/fr/actualite/communique-presse/nappes-eau-souterraine-au-1er-juillet-2024.

3 Infoclimat. (2023). Climatologie de l'année 2023 à Boulogne. https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2023/boulogne/valeurs/07002.html.

4 Bureau d'informations et de prévisions économiques. (2019). Les services publics d'eau et d'assainissement en France. https://economiev2.eaufrance.fr/sites/default/files/2020-10/doc408-fp2e-bipe-2019-eau-assainissement-.pdf.

5 Etat correspondant à une surabondance de matière organique dans un cours d'eau, un lac ou une zone côtière.

6 Niveau moyen le plus bas / débit minimal d'un cours d'eau.

7 Ensemble de forages ou de puits installés pour extraire l'eau souterraine. Ces installations sont souvent utilisées pour approvisionner en eau potable ou pour des usages agricoles et industriels.

Les inondations, quant à elles, perturbent également sérieusement les capacités de production et de distribution d'eau potable. Elles entraînent des phénomènes de turbidité ; des pollutions d'eau brute dues à des rejets de stations de traitement d'eaux usées qui ne peuvent accepter les eaux pluviales parasites dépassant la capacité hydraulique des installations ; ou encore des polluants nés de l'inondation, à l'exemple des cuves de fioul de particuliers ou d'huile de vidange de garagistes qui partent à l'eau.

Comme pour les autres activités dites d'importance vitale, le secteur de l'eau se doit ainsi d'être mieux préparé à gérer les conséquences du dérèglement climatique et doit améliorer sa robustesse. La directive « Résilience des Entités Critiques » (REC) du 14 décembre 2022[8] va dans ce sens. Entrant en vigueur en droit français au 17 octobre 2024, elle obligera les exploitants des secteurs de l'eau et de l'assainissement, désignés opérateurs critiques, à élaborer des Plans de Résilience d'Opérateur (PRO), où l'anticipation et la réponse aux risques climatiques extrêmes sont étudiées.

« S'il faut de l'énergie pour extraire l'eau souterraine, traiter l'eau brute pour la rendre potable et la transporter jusqu'au robinet du consommateur (ce qui représente en France 0,5 Kw/H par m³ d'eau distribuée), il faut à l'inverse beaucoup d'eau pour produire de l'énergie. »

LES CONSÉQUENCES SUR LES AUTRES USAGES

Le dérèglement climatique a également des conséquences significatives sur le couple eau-énergie. S'il faut de l'énergie pour extraire l'eau souterraine, traiter l'eau brute pour la rendre potable et la transporter jusqu'au robinet du consommateur (ce qui représente en France 0,5 Kw/H par m³ d'eau distribuée), il faut à l'inverse beaucoup d'eau pour produire de l'énergie.

Le secteur énergétique est un grand préleveur, avec 44,7 % de la ressource nationale[9]. Ces prélèvements sont notamment destinés à l'énergie hydroélectrique et au refroidissement des réacteurs nucléaires. Grand préleveur certes, mais petit consommateur, car dans les faits les centrales nucléaires d'EDF, en circuit fermé, rejettent l'essentiel de ce qu'elles prélèvent[10].

Le principal enjeu pour EDF réside ailleurs. Il est dans sa capacité à diluer les effluents des eaux de refroidissement des centrales, en cas de situation d'étiage[11] dans les fleuves. D'où la nécessité pour les Centres Nucléaires de Production d'Electricité (CNPE) d'augmenter les capacités de stockage d'effluents dans des cuves allant de 300 à 500 m³ et permettant d'attendre le débit minimal au-dessus duquel il est possible de rejeter dans le milieu naturel.

L'industrie est également touchée en cas de raréfaction de la ressource. Le secteur représente en moyenne 7,6 % des prélèvements en France, avec une répartition très inégale selon les territoires. Par exemple, au Sud de l'estuaire de la Loire, l'eau à vocation industrielle peut atteindre jusqu'à 50 % des totaux prélevés, en raison d'activités très consommatrices. La raffinerie de Donges, qui fournit 11 millions de tonnes de pétrole raffinées annuellement (soit 17 % du carburant des Français), utilise entre 3 et 4 millions de m³ d'eau par an, principalement issue de la nappe de Campbon. Non loin de là, à Saint-Nazaire, l'entreprise Cargill, qui transforme du tournesol en huile végétale et en aliments pour bétail, consomme l'équivalent d'une demi-piscine olympique par jour.

Au même titre que la pétrochimie et l'industrie agro-alimentaire, le secteur des nouvelles technologies est également un utilisateur important. Le site de ST Microelectronics à Grenoble, stratégique pour la production de puces au sein de l'Union Européenne, a consommé 4,5 millions de m³ en 2022, soit 20 % des volumes mis en distribution par l'agglomération grenobloise ; ceci afin de disposer d'une eau ultrapure pour son processus de fabrication.

Aussi, dans un contexte de raréfaction consécutif à une modification des régimes pluviométriques, rendre les centrales de production d'énergie et les sites industriels plus résilients est l'un des défis majeurs des décennies à venir, y compris dans des zones qui n'avaient pas véritablement connu jusqu'alors de signaux de tension sur la ressource en eau.

Prenons le cas du Rhône. Sur ce bassin, il a été constaté entre 1960 et 2020 une augmentation des températures de 1,8° et des modifications de débit du fleuve : une baisse de 7 % en sortie du lac Léman en Suisse, et jusqu'à moins 13 % mesurés à Beaucaire dans le Gard. Ces chiffres, combinés à la baisse des

8 Directive 2022/2557 du Parlement et du Conseil européens.

9 Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires. (2023). Les prélèvements d'eau douce : principaux usages en 2020 et évolution depuis 25 ans en France. https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-prelevements-deau-douce-principaux-usages-en-2020-et-evolution-depuis-25-ans-en-france.

10 Eaux prélevées et eaux consommées ne sont pas les mêmes. L'eau prélevée correspond à "l'eau douce extraite de sources souterraines ou de surface pour les besoins des activités humaines". L'eau consommée correspond à "l'eau prélevée et non restituée aux milieu aquatiques : il s'agit principalement de l'eau évaporée ou incorporée dans le sol, les plantes ou les produits".

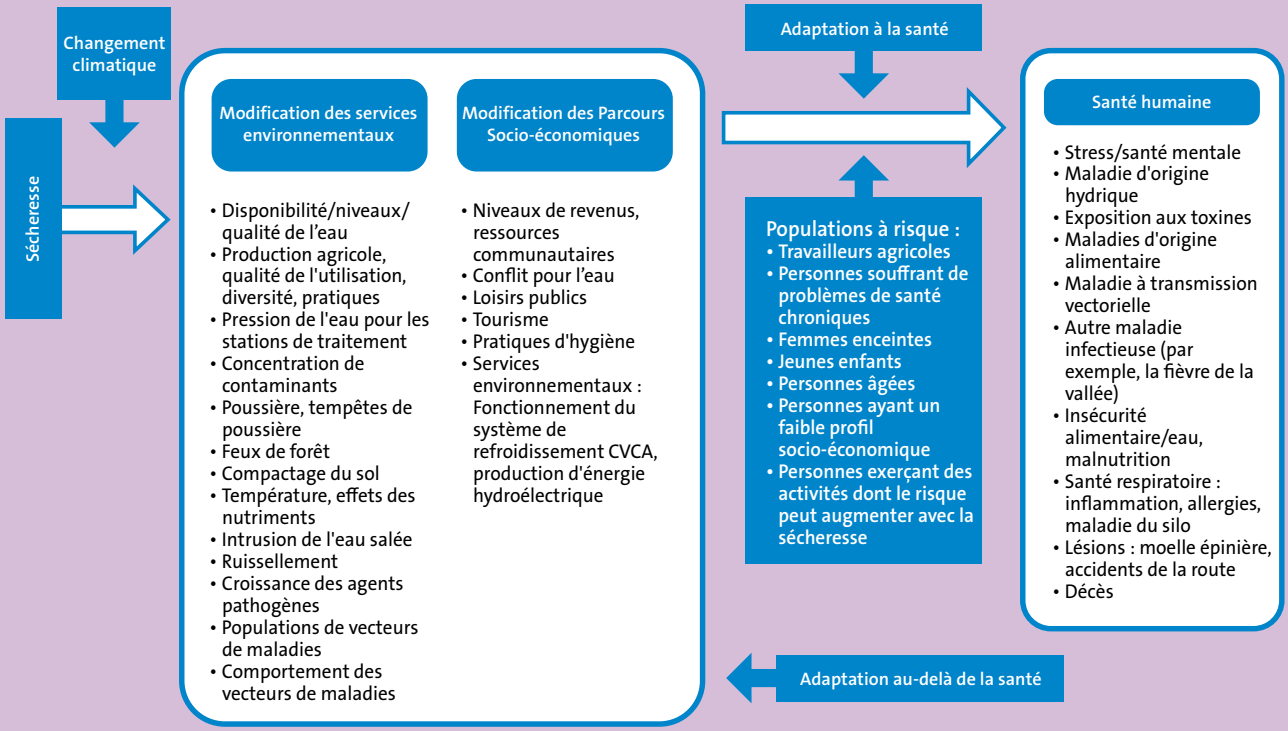
11 Comme défini précédemment : niveau moyen le plus bas / débit minimal d'un cours d'eau.

Une santé fragilisée par les sécheresses

L'eau est indispensable à la santé humaine. De manière directe, la représentation hiérarchique des besoins de la pyramide de Maslow situe l'eau comme un pilier, en plaçant les besoins physiologiques – notamment boire et se nourrir – parmi les prérequis de la condition humaine. En outre, la santé dépend de manière indirecte de l'eau en raison de notre organisation sociale et économique : de l'eau dépend la production d'électricité, l'agriculture, l'habitat, et parfois même les emplois.

Les phénomènes décrits précédemment soulignent les risques de multiplication des sécheresses dont les conséquences peuvent gravement affecter la santé et le bien-être. A titre d'exemple, la modification du débit ou de la température de l'eau peut augmenter la présence d'agents pathogènes. Les bactéries trouvent des conditions idéales à leur développement dans des eaux dont la température est comprise entre 25 °C et 50 °C. Plus largement, les ruptures d'alimentation peuvent également fragiliser le secteur de la santé (hôpitaux, centres de dialyse, EPHAD, etc.).

Le schéma ci-dessous illustre de manière non-exhaustive les impacts directs et indirects de la sécheresse sur la santé. Il met ainsi en valeur la relation qu'entretient la santé humaine avec le contexte socio-économique et l'environnement.



Voies par lesquelles les sécheresses affectent la santé humaine en contexte de changement climatique.

Source : Yusa, A., Berry, P., J Cheng, J., Ogden, N., Bonsal, B., Stewart, R., & Waldick, R. (2015).

volumes des glaciers alpins, doivent alarmer, surtout lorsque l'on considère que les rives du Rhône concentrent un quart de la production d'électricité française, ainsi qu'un quart de la population et des emplois du bassin Rhône Méditerranée Corse.

En aval de Beaucaire, précédemment citée, se trouve également un pompage qui prélève l'eau du fleuve à hauteur de 75 m^3/s pour permettre d'alimenter toute la plaine d'Occitanie (avec ses zones touristiques balnéaires), une grande part des pôles urbains depuis Nîmes jusqu'à Montpellier, ainsi que les zones agricoles de la Petite Camargue gardoise ou le plateau arboricole des Costières (l'un des plus grands d'Europe). Ces prélèvements sont ceux opérés par BRL Exploitation, qui gère et exploite le Réseau Hydraulique Régional (RHR) concédé à BRL.

Avec l'extension du projet Aqua Domitia[12], l'eau du Rhône, stratégique pour toute cette partie de l'Occitanie, en étant déjà prolongée au-delà de Montpellier, pourrait demain atteindre les Pyrénées-Orientales afin d'apporter une solution pérenne à ce département confronté, nous l'avons vu, aux effets de sécheresses persistantes[13].

Le fleuve assume ainsi, plus que jamais, son rôle d'artère fémorale pour les régions Sud et Rhône-Alpes, dans un espace géographique où les préleveurs doivent être très attentifs à la nouvelle donne qui s'impose à eux. Elle se manifeste notamment par des mesures exceptionnelles de limitation ou de suspension des usages de l'eau par arrêtés préfectoraux,

12 Projet unique en Europe, initié dès 2008, le réseau Aqua Domitia puise l'eau du Rhône pour sécuriser durablement l'approvisionnement du Gard et de l'Hérault.

13 Prélèvements Rhône (2024). Compagnie d'aménagement du Bas-Rhône et du Languedoc (BRL).

en application des articles L.211-3 II-1° et R R211-66 du code de l'environnement. Depuis le 30 juin 2023, les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sont également soumises à des restrictions plus ou moins sévères en fonction de la gravité des situations rencontrées.

Mais, au-delà de l'industrie, c'est surtout l'empreinte en eau des activités agricoles qui est appelée à évoluer drastiquement. Avec 44 % de la consommation d'eau en France, l'agriculture et l'élevage sont de loin les premiers utilisateurs de la ressource hydrique.

En 2022, l'impact du manque d'eau sur les rendements agricoles a été significatif en France, comme il l'a été chez nos voisins italiens, particulièrement touchés sur la partie septentrionale de leur territoire. A titre d'exemples : 30 % de baisse pour la production d'huile d'olive ont été constatés, ainsi que 7,4 % pour le blé dur qui est ingrédient essentiel à la production de pates. Ces baisses ont occasionné un total estimé de 6 milliards d'Euros de manque à gagner pour l'agriculture transalpine[14].

« A titre d'exemples en 2022: 30 % de baisse pour la production d'huile d'olive ont été constatés, ainsi que 7,4 % pour le blé dur qui est ingrédient essentiel à la production des pates. »

VERS DES SOLUTIONS INDIVIDUELLES ET COLLECTIVES À L'ÉCHELLE DE BASSINS TRANSFRONTALIERS

A la lecture des faits, ce sont ainsi des pans entiers de l'économie française et de celle de nos voisins européens qui doivent s'adapter à la raréfaction des ressources, réclamant en cela une meilleure anticipation des effets climatiques extrêmes et une modification des usages. Cette démarche proactive passe par des mesures individuelles et collectives.

Individuelles, car les usagers de l'eau doivent accélérer leur transformation vers la sobriété hydrique, que rendent possibles les campagnes de prévention, les technologies de réutilisation des eaux usées et de digitalisation des réseaux, ainsi que les techniques de réduction de fuites.

Mais les approches doivent également être collectives, en veillant à mieux se connaître mutuellement et en analysant les interdépendances qui se créent entre l'amont et l'aval quand l'eau est amenée à manquer.

Sans doute faut-il également repenser collectivement le besoin de construire de nouvelles retenues hydrauliques destinées au soutien d'étiage et à la sécurisation des usages. On s'attend en effet à une multiplication des étiages sévères en France, avec des baisses de débit se situant entre moins 14 % et moins 40 % par endroits[15]. Pour les barrages de Villerest et de Naussac gérés par l'Etablissement Public Loire et qui ont joué un rôle crucial à l'été 2022, cela se traduira par des sollicitations plus régulières et des lâchers d'eau entre deux à trois fois plus importants.

Ensuite, la coopération doit véritablement se renforcer à l'échelle de bassins hydrographiques, y compris en logique transfrontalière. Prenons le cas de la Meuse, dont le flot ne s'arrête évidemment pas de couler à la frontière franco-belge. La satisfaction des besoins en eau des parties prenantes françaises, belges et néerlandaises devient un enjeu critique.

Il l'est pour l'approvisionnement en eau potable, pour l'eau à vocation agricole, ou encore pour l'eau que l'on peut qualifier « de confort », car destinée aux systèmes de climatisation individuels et industriels, ou encore au refroidissement des data centers. Mais, doivent également être prises en compte la sécurité énergétique régionale à travers la continuité de l'activité des centrales nucléaires belges et françaises ; de même que les contraintes de navigabilité de la Meuse, imposées notamment par la montée en puissance du Port autonome de Liège, qui est déjà le troisième port fluvial européen après Duisbourg sur le Rhin et Paris sur la Seine.

L'exemple de la Meuse impose ainsi un nouveau cadre de dialogue stratégique entre usagers du fleuve, que l'on peut également appliquer aux cas de la Moselle, du Doubs, du Rhin et du Rhône.

CONCLUSION

Nous l'avons vu, les phénomènes météorologiques extrêmes induits par le dérèglement climatique causent des perturbations certaines sur les ressources en eau. Les sécheresses prolongées, la raréfaction des cours d'eau et les inondations dévastatrices impactent non seulement l'approvisionnement en eau potable, mais également de nombreux secteurs utilisateurs et/ou consommateurs d'eau. Les projections s'accordent sur une multiplication des évènements de ce type d'ici 2040, soulignant l'accroissement de ces problématiques.

Si les perturbations de nos ressources en eau peuvent se manifester de manière indirecte (ex. pression accrue sur les systèmes de production et de traitement, rupture temporaire de continuité de service, etc.), la santé des populations peut également être mise en péril de façon directe (restrictions d'usage, interdiction pure et simple de consommation, etc.). Ces perturbations appellent à développer des solutions pour garantir leur bien-être et la résilience de nos sociétés face à ces défis environnementaux.

Ce sont par des mesures individuelles de sobriété chez les usagers de l'eau, et des démarches collectives de résilience à l'échelle de bassins hydrographiques, via la création de nouveaux ouvrages et de données prévisionnelles partagées, de même qu'au travers d'accords de coopération transfrontaliers renégociés et des instances régionales de dialogue au rôle renforcé, que nous atténuerons les conséquences des évènements climatiques extrêmes sur les activités humaines consommatrices en eau.

14 Courrier International. (2022, July 14). Comment la sécheresse détruit le made in Italy alimentaire. https://www.courrierinternational.com/article/climat-comment-la-secheresse-detruit-le-made-in-italy-alimentaire#:~:text=En%202022%2C%20la%20production%20d,euros%20aux%20entreprises%20agricoles%20italiennes.

15 Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (2023). Les débits d'étiage du Rhône en baisse sous l'effet du changement climatique. Étude de l'hydrologie du fleuve Rhône sous changement climatique. https://www.eaurmc.fr/upload/docs/application/pdf/2023-03/aermc_plaquette_rhoene_reugime_hydrologique_v9_bigbang_web.pdf.

3 Les impacts du dérèglement climatique sur les sociétés et organisations : penser l'adaptation pour préserver la santé

Face au changement climatique et à ses effets sur la santé humaine et l'environnement, une compétence devient indispensable : la résilience organisationnelle. Cette dernière est considérée comme la « capacité d'une organisation à garder ou retrouver un état de stabilité dynamique *[lui permettant]* de poursuivre ses opérations pendant et après un incident majeur ou en présence d'un stress continu[1] ». *À cette fin, les sociétés et organisations doivent surmonter quatre types de défis : cognitif, en acceptant les changements ; stratégique, en imaginant de nouvelles options ; politique, en réallouant les ressources vers des activités d'avenir et idéologique, en favorisant une recherche proactive d'opportunités[2].*

Cette troisième partie explore les solutions développées par les sociétés et organisations pour accroître leur résilience et protéger la santé humaine et environnementale face aux crises écologiques. En réponse à ces défis, le rapport Draghi recommande des investissements annuels de 750 à 800 milliards d'euros pour l'Europe[3], dont plus de la moitié pour la transition écologique. De même, l'édition 2024 de l'« Adaptation Gap Report » du PNUE[4] évalue les besoins de financement pour l'adaptation au changement climatique dans les pays en développement entre 215 et 387 milliards de dollars d'ici 2030, bien au-delà des 28 milliards investis en 2022. Une approche collective et ambitieuse est donc essentielle pour générer un changement significatif.

Bien que la crise écologique soit largement perçue comme une menace mondiale, des résistances et divisions perdurent, opposant les partisans d'une transition lente aux défenseurs de son accélération. Pour **Laurence Bedeau**, qui présente les résultats de la deuxième édition du Baromètre Elabe de la Transformation écologique, un consensus émerge chez les citoyens sur la nécessité d'agir rapidement dès lors que notre santé est menacée.

Dans ce contexte, l'adaptation de nos environnements urbains et lieux de vie est une nécessité. Alors que 55 % de la population mondiale vit dans des villes et que cette tendance devrait se poursuivre pour atteindre sept habitants sur dix d'ici 2050[5], leur habitabilité devient essentielle pour préserver la santé humaine. **Melanie Lowe** aborde les stratégies de résilience urbaine, soulignant l'importance de transformer les infrastructures pour réduire les émissions de CO_2, améliorer la qualité de vie, atténuer les risques climatiques et s'y adapter. **Beta Paramita** illustre l'opérationnalisation de stratégies d'adaptation urbaines en Indonésie (territoire fortement exposé aux conséquences du changement climatique) par l'intermédiaire de BeCool, une peinture réfléchissante utilisée pour réduire les températures intérieures et extérieures. Par ailleurs, **Choo-Yoon Yi** et **Chengzhi Peng** proposent d'adapter et de déployer des systèmes d'alertes chaleur-santé dans les maisons de retraite pour protéger les résidents, particulièrement vulnérables aux vagues de chaleur. Ce défi d'adaptation concerne l'ensemble des organisations, même les établissements pénitentiaires, souvent considérés comme un « angle mort » des politiques environnementales. **Anouk Mousset** et **Julien Sipra** nous partagent les différentes manières dont ces établissements cherchent à s'adapter en vue d'accroître leur résilience et de préserver la santé des détenus face aux risques climatiques. Il convient notamment de prêter une attention particulière à l'adaptation des environnements et lieux de vie des territoires et populations les plus vulnérables.

Responsable de 5 % des émissions mondiales de carbone, les systèmes de santé sont également concernés par les impacts du changement climatique et doivent fournir des efforts pour se décarboner. Ce sujet est détaillé par **Sandrine Bouttier-Stref**, qui élargit cette réflexion en abordant la question de la résilience des systèmes de santé. Son analyse met en lumière les défis spécifiques auxquels ceux-ci sont confrontés dans le contexte du changement climatique (événements climatiques extrêmes, exacerbation de maladies chroniques, etc.), soulignant la nécessité d'assurer la continuité et l'efficience des soins.

Garantir l'adaptation implique également de s'inscrire dans une démarche de prévention et de couverture des risques climatiques pesant sur la santé. **Françoise Gilles** et **Julia d'Astorg** nous partagent ainsi la perspective d'un grand assureur sur les interactions complexes entre risques climatiques et sanitaires, dont la compréhension est nécessaire pour continuer à assurer le monde de demain. Pour ce faire, soutenir la recherche apparaît indispensable, par exemple via des efforts de mécénat scientifique.

Au-delà des acteurs de l'assurance, l'ensemble des organisations doivent innover et intensifier leurs efforts en matière de recherche et développement (R&D) pour renforcer leur résilience. Ce sujet est exploré par **Geneviève Leboucher** et **Sandrine Oberti**, qui appréhendent les enjeux rencontrés par les services d'eau dans un contexte de dérèglement climatique. Les auteures mettent en exergue des solutions innovantes pour faire face à la pression croissante sur cette ressource vitale tout en garantissant une gestion durable des systèmes d'approvisionnement et d'assainissement. Les efforts de R&D permettent l'émergence de nombreuses innovations technologiques, comme LEKO, un outil innovant et connecté de surveillance de la biodiversité et de la santé des écosystèmes, présenté par **Sandrine Oberti** et développé par Birdz. **Lalit Gautam** souligne quant à lui les avantages de l'intelligence artificielle pour anticiper les impacts du changement climatique sur l'agriculture, au bénéfice d'une meilleure sécurité alimentaire.

1 Hollnagel et al (2006) Resilience Engineering: Concepts and Precepts [Ingénierie de la résilience : Concepts et préceptes] doi. org/10.1201/9781315605685.

2 Hamel G., Valikangas L., "The quest for resilience" [La recherche de la résilience], Harvard Business Review, vol. 81, n° 9, 2003, p. 52-63.

3 Mario Draghi, European Commission, The Future of European competitiveness [L'avenir de la compétitivité européenne], 2024.

4 Programme des Nations Unies pour l'environnement. (2024). Adaptation Gap Report 2024: Come hell and high water [Rapport sur le déficit d'adaptation 2024]. Consulté à l'adresse https://www.unep.org/resources/adaptation-gap-report-2024.

5 Organisation Mondiale de la Santé. Santé urbaine. https://www.who.int/fr/health-topics/urban-health#tab=tab_1.

La santé, nouvel horizon d'un futur désirable

Laurence Bedeau
Associée au sein du cabinet d'études et de conseil en stratégie de communication ELABE

Laurence Bedeau est associée au sein du cabinet d'études et de conseil en stratégie de communication ELABE. Spécialiste de l'écoute et de l'analyse des mouvements d'opinion, experte des enjeux écologiques et de responsabilité des entreprises, elle accompagne des entreprises du CAC 40 ou du SBF 120, des entreprises publiques, des fédérations professionnelles et des institutions dans leurs enjeux de transformation, de gestion de crise ou de communication corporate.

Si la crise écologique est progressivement devenue l'affaire de tous – notamment sous l'effet de la prise de conscience de son impact sur la santé – la transition écologique, elle, semble aujourd'hui être devenue une nouvelle fracture sociale. Dans de nombreux pays, deux blocs se font face : les tenants d'une « pause écologique » d'un côté, qui alimentent le fameux « *backlash* écologique »[1] ; et de l'autre les partisans de l'accélération de la transition.

Pourtant, n'appréhender la crise écologique que sous l'angle conflictuel serait une erreur. Car au-delà des clivages, parfois réels, souvent surinterprétés, de véritables points de consensus existent.

Comme le démontre la deuxième édition du Baromètre de la Transformation écologique, mené par ELABE pour Veolia, la gravité du danger sanitaire induit par la crise écologique est désormais une certitude universelle et une peur personnelle. 75 % des habitants du monde sont certains que *« le changement climatique est la plus grande menace pour la santé à laquelle l'humanité est confrontée »*. 64 % se sentent exposés et vulnérables à un risque sanitaire, tant physique que mental.

Ce sentiment de vulnérabilité sanitaire n'est pourtant pas de ces peurs qui figent. Au contraire. La perspective d'une vie en meilleure santé est le principal levier d'acceptabilité, et même de désirabilité, de la transformation écologique.

INTRODUCTION

Sommes-nous (toujours) prêts pour la transformation écologique ? Pour répondre à cette question, Veolia et ELABE ont mené, dans 26 pays et auprès de 60% de la population mondiale, la 2ème vague du Baromètre de la Transformation écologique.

Alors que *« nous vivons un effondrement climatique en temps réel »*[2], et que la moitié de la population mondiale est appelée aux urnes en 2024, partout dans le monde les politiques environnementales sont source de tensions et de divisions, attisées par des voix qui appellent à une *« pause écologique »*.

Sont-elles représentatives de l'opinion publique mondiale ? Si une forme de déni climatique progresse en effet, la certitude qu'une crise écologique est en cours reste partagée par près de 9 habitants du monde sur 10. Et ils sont une large majorité à en redouter les conséquences sur leur santé et celle de leurs proches. À ce titre, ils sont prêts à agir !

1 Retour de bâton ou rejet écologique, désignant une résistance de la population face aux initiatives et politiques environnementales.

2 Déclaration António Guterres, secrétaire général des Nations unies, en novembre 2023.

LE JOUR OU L'ÉCOLOGIE EST DEVENUE LE PROBLÈME DE TOUS... ET LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE UNE NOUVELLE FRACTURE DES SOCIÉTÉS

Le jour où l'environnement est devenu le problème de tous

Avant 2020, la crise environnementale est la cause d'une minorité grandissante - mais toujours minoritaire - et l'inquiétude, ponctuelle, d'une petite majorité.

Née dans les années 70, l'écologie politique est ignorée de la majorité de l'opinion publique pendant deux décennies. C'est surtout à partir des années 90 que la préoccupation déclarée dans les études d'opinion augmente sensiblement, sous l'effet conjugué de campagnes de sensibilisation, d'une mise à l'agenda politique international et national, et d'événements traumatisants. L'origine de ces événements n'est pas toujours à chercher du côté du dérèglement climatique mais, à l'époque, ces derniers lui sont attribués (les inondations de 1992, la tempête de 1999, la marée noire de janvier 2000 ou encore la canicule de l'été 2003). On se lasse toutefois d'avoir peur. L'inquiétude reflue à mesure que diminue la présence des images dans les médias et que s'estompe l'émotion, sincère mais par nature et par nécessité, temporaire. A ce reflux contribuent également les coups de boutoir d'injonctions économiques et sociales qui déplacent rapidement et légitimement l'attention sur la « fin du mois ».

« Entre 2011 et 2016, la part des Français jugeant l'état de l'environnement dans leur commune comme bon est passée de 58 % à 34 %. Sur la même période, la proportion des Français déclarant ressentir personnellement les conséquences du dérèglement climatique dans leur quotidien est passée de 43 % à 60 %. »

Puis la « fin du monde » se signale de plus en plus souvent, de plus en plus violemment. Elle se fait sentir dans le quotidien de chacun et pèse sur la santé de tous.

La connaissance du lien entre santé et pollutions par le grand public a été un *« accélérateur de conscience écologique »* dès le début des années 2000. Cette conscience s'est progressivement accrue dès lors que notre quotidien (et non plus seulement cette abstraite « planète ») est régulièrement devenu une répétition générale de ce qui pourrait devenir un état permanent : canicules, sécheresses, incendies, pics de pollution, inondations...

Entre 2011 et 2016, la part des Français jugeant l'état de l'environnement dans leur commune comme bon est passée de 58 % à 34 %[3]. Sur la même période, la proportion des Français déclarant ressentir personnellement les conséquences du dérèglement climatique dans leur quotidien est passée de 43 % à 60 %[4] .

Les conséquences de ce dernier, notamment sanitaires, ne sont plus hypothétiques. Promises aux « générations futures », elles se font sentir ici et maintenant. Nous sommes passés de la théorie à l'expérience : maladies respiratoires chroniques, troubles cardiovasculaires, virus zoonotiques... Pollutions et événements climatiques ne font de distinction ni d'origine, ni de classe, ni de conviction partisane, ni de religion. L'environnement est devenu un enjeu de bien-être personnel, et donc le problème de tous.

La pandémie de Covid-19 a été l'acmé de la prise de conscience de la menace que représente la crise écologique, pas tant pour la planète, mais pour la qualité de vie et la santé des femmes et des hommes qui l'habitent.

Cette crise a sacralisé la santé - depuis 2020, il n'est pas un sondage sur les priorités des Français qui ne place très haut ce sujet - et a fait (re)découvrir l'extrême vulnérabilité de l'être humain. 4,6 milliards de femmes et d'hommes, soit 60 % des habitants de la planète, ont dû se confiner pour protéger leur vie et celle de leurs proches.

Alors que l'on vivait dans la croyance que notre santé ne dépendait que de la qualité de nos systèmes curatifs, la Covid-19 nous a rappelé les liens étroits qui unissent la santé des humains, celle des animaux et celle des écosystèmes. Nous nous savions *« une seule planète »*[5], nous nous découvrons *« une seule santé »*[6].

Quand la transition écologique devient une nouvelle ligne de fracture des sociétés

Il serait naïf, voire malhonnête d'ignorer les voix divergentes, la résistance tenace du climato-scepticisme et les arbitrages individuels et publics en défaveur de l'environnement. Ils sont légion, partout, et peuvent ressurgir à tout moment. Déjà parce qu'il ne suffit pas d'avoir peur pour renoncer aux modes de vie que des générations ont façonné. Mais aussi parce que d'autres craintes, économiques, sociales ou sécuritaires, peuvent concurrencer le sentiment de vulnérabilité écologique.

Aujourd'hui, ce sont ces mécanismes qui nourrissent ce qui est qualifié de « *backlash* écologique ».

Une poussée inflationniste telle que beaucoup de sociétés occidentales n'en avaient plus connu depuis plusieurs décennies, provoquée par le retour de la guerre sur le sol européen et ses conséquences sur les prix de l'énergie et de l'alimentation, relativise la priorité accordée à la question écologique. De telles crises rendent à nouveau acceptable l'antagonisme de la fin du mois et de la fin du monde.

3 INSEE. (2011 et 2016). Baromètre annuel sur les opinions et pratiques environnementales des Français. Service de la donnée et des études statistiques.

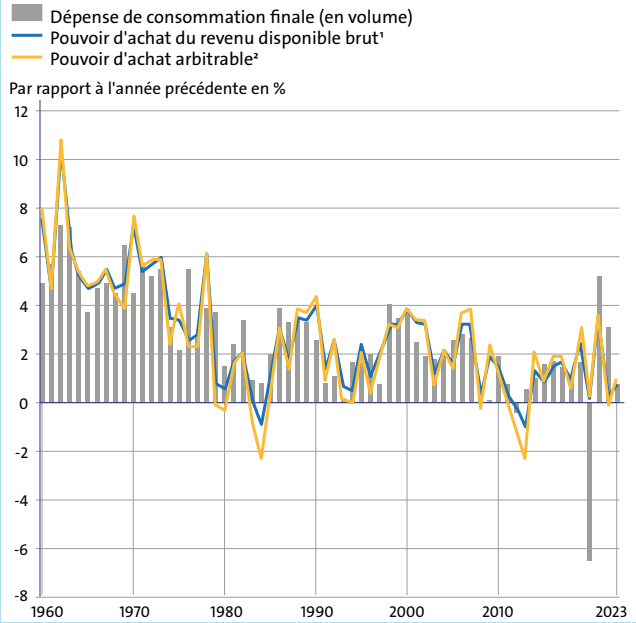
4 INSEE. (2011 et 2016). Baromètre annuel sur les opinions et pratiques environnementales des Français. Service de la donnée et des études statistiques.

5 En décembre 2017, deux ans après la signature de l'Accord de Paris, entreprises, Etats, institutions publiques et philanthropes réunis au One Planet Summit rappelaient d'une même voix : « Nous sommes UNE SEULE planète ».

6 « One Health », un principe formulé par l'OHHLEP (One Health High-Level Expert Panel).

En France, le pouvoir d'achat occupe depuis 2 ans, sans discontinuité, la première place parmi les préoccupations des Français ***(Illustration 1)***.

Illustration 1 : Evolution de la dépense et du pouvoir d'achat des ménages de 1960 à 2023



1. Évolution déflatée à l'aide de l'indice du prix des dépenses de consommation finale des ménages.
2. Évolution déflatée à l'aide de l'indice du prix des dépenses de consommation non « pré-engagées » des ménages.

Lecture : en 2023, la dépense de consommation finale des ménages augmente de 0,8% en volume ; le pouvoir d'achat du revenu disponible brut augmente de 0,8%.

Champ : France, ménages y compris entreprises individuelles.

Source : INSEE, comptes nationaux - base 2020.

Si le « changement climatique » reste aujourd'hui cité par 35% des Français comme un enjeu prioritaire de l'UE, il est largement distancé par « la crise migratoire » (42%) et talonné par « l'avenir de l'agriculture » (35%)[7] - que certains, à la faveur des protestations agricoles qui ont secoué l'Europe au premier trimestre 2024, ont cherché à opposer à la transition écologique.

À certains égards, nous sommes revenus à la situation des années 90 : l'environnement reste une préoccupation, mais l'attention de l'opinion publique se porterait sur des incendies jugés plus violents, plus brûlants, et se laisserait convaincre que, pour les éteindre, il faut choisir ses combats.

Mais contrairement aux années 90, ni les partisans d'une « pause écologique » ni ceux de l'accélération de la transition ne rassemblent une majorité écrasante. Dans la plupart des sociétés occidentales, ces deux blocs se font face.

L'opposition entre les personnes faisant de la question environnementale leur priorité et celles qui en font un aspect secondaire peut désormais être considérée comme le premier clivage des sociétés (occidentales) contemporaines.

Pour Catarina Heeckt et Francesco Ripa, chercheurs à la London School of Economics, « *une action climatique ambitieuse est devenue la nouvelle ligne de front des guerres culturelles* »[8].

La transition est devenue une nouvelle fracture entre, d'un côté, des citoyens « *protégés* » des crises par leur capital économique, social et culturel et qui peuvent et veulent creuser le sillon de l'écologie individuelle et citoyenne ; et de l'autre des populations précaires contraintes et encouragées, à des fins électoralistes, à renoncer à la transition.

Partout dans le monde, des forces politiques tentent d'orienter contre la transition écologique la peur du déclassement ressentie par ces catégories populaires. Ces partis prospèrent sur l'incapacité à créer un imaginaire écologique désirable et attisent leurs ressentiments contre des politiques écologiques, qui, faute d'avoir été pensées dans une dimension systémique, les fragilisent sur le plan économique et les bousculent dans leur manière de vivre. Aussi, le déni climatique progresse, en particulier au sein des catégories les plus modestes[9] ***(Illustration 2)***.

Pourtant, n'appréhender la transition écologique que sous l'angle conflictuel serait une erreur. Si la voie de la transition (normes, rythme...) fait débat, le sentiment de vulnérabilité écologique demeure, lui, universellement partagé.

PARTOUT ET POUR TOUS, LES RISQUES SANITAIRES DU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE ET DES POLLUTIONS SONT UNE CERTITUDE

Du Nord au Sud, la gravité du danger sanitaire de la crise écologique est désormais une certitude universelle

Le 11 octobre 2021, quelques jours avant l'ouverture de la Conférence des Nations Unies sur les changements climatiques de Glasgow (COP26), l'OMS déclarait que ***« le changement climatique est la plus grande menace pour la santé à laquelle l'humanité est confrontée ».***

Cette affirmation, 75%[10] des habitants du monde la partagent. Face aux risques sanitaires, aucun pays ne se sent en sécurité. Davantage ressentie dans l'hémisphère Sud, cette inquiétude est largement majoritaire dans tous les pays. Le PIB plus important et les systèmes de santé plus performants des pays du Nord ne protègent plus leur population de cette crainte.

4 continents sont représentés parmi les 8 pays où elle est partagée par plus de 80% des habitants : Inde (87%), Colombie (86%), Brésil (85%), Chine (85%), Mexique (84%), Italie (82%), Chili (81%), Nigéria (80%)[11]. Même dans les pays où cette déclaration est plus soumise à débat, elle est partagée par plus de 6 habitants sur 10 : 62% en République Tchèque (où le déni climatique a augmenté de 5 points en 2 ans), 63% aux USA et en Australie (deux pays où la certitude de l'existence du dérèglement climatique est plus faible que la moyenne mondiale) ***(Illustration 3)***.

7 Quatrième vague de l'enquête Ipsos, en partenariat avec le Cevipof, l'Institut Montaigne, la Fondation Jean Jaurès et Le Monde.

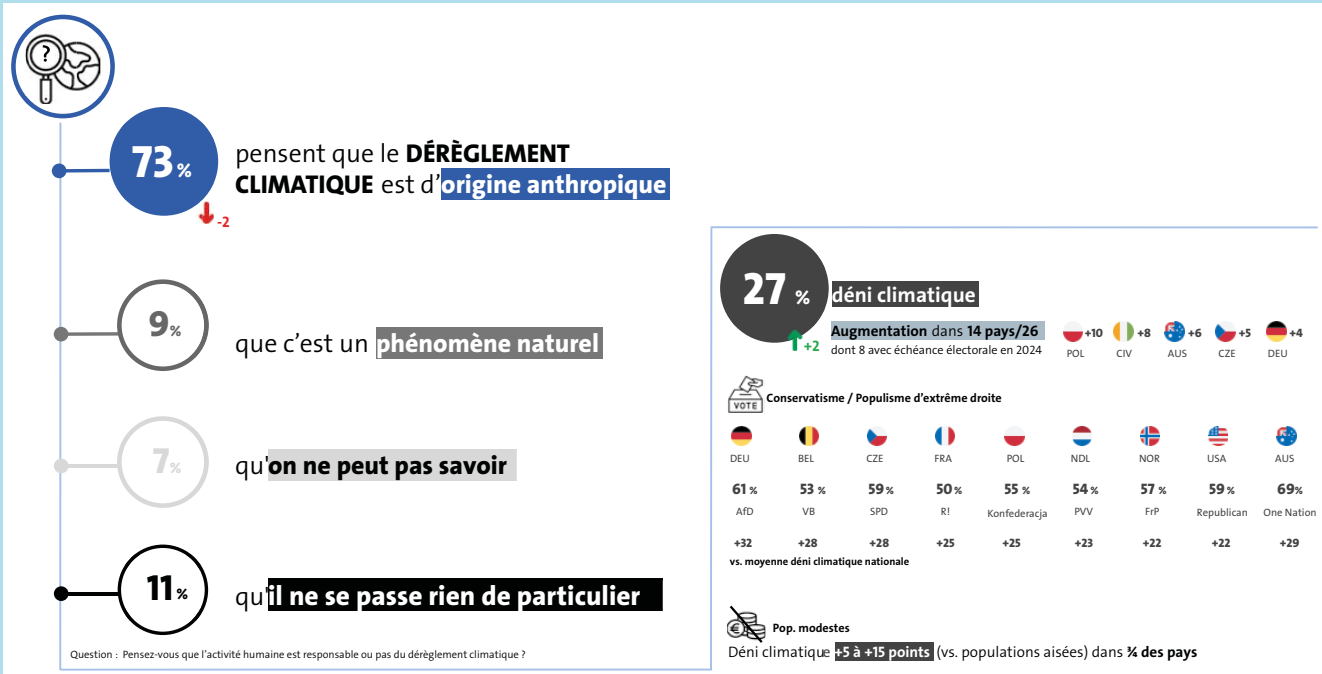
8 Heeckt, C., & Ripa, F. (2023, November 8). Is Europe's green wave turning blue? Making sense of the rightward shift in European cities. [La vague verte de l'Europe devient-elle bleue ? Comprendre le virage à droite des villes européennes.] The London School of Economics and Political Science.

9 Elabe & Veolia. (2024). Baromètre de la Transformation écologique. https://elabe.fr/baro-transformation-ecologique-2/.

10 Elabe & Veolia. (2024). Baromètre de la Transformation écologique. https://elabe.fr/baro-transformation-ecologique-2/.

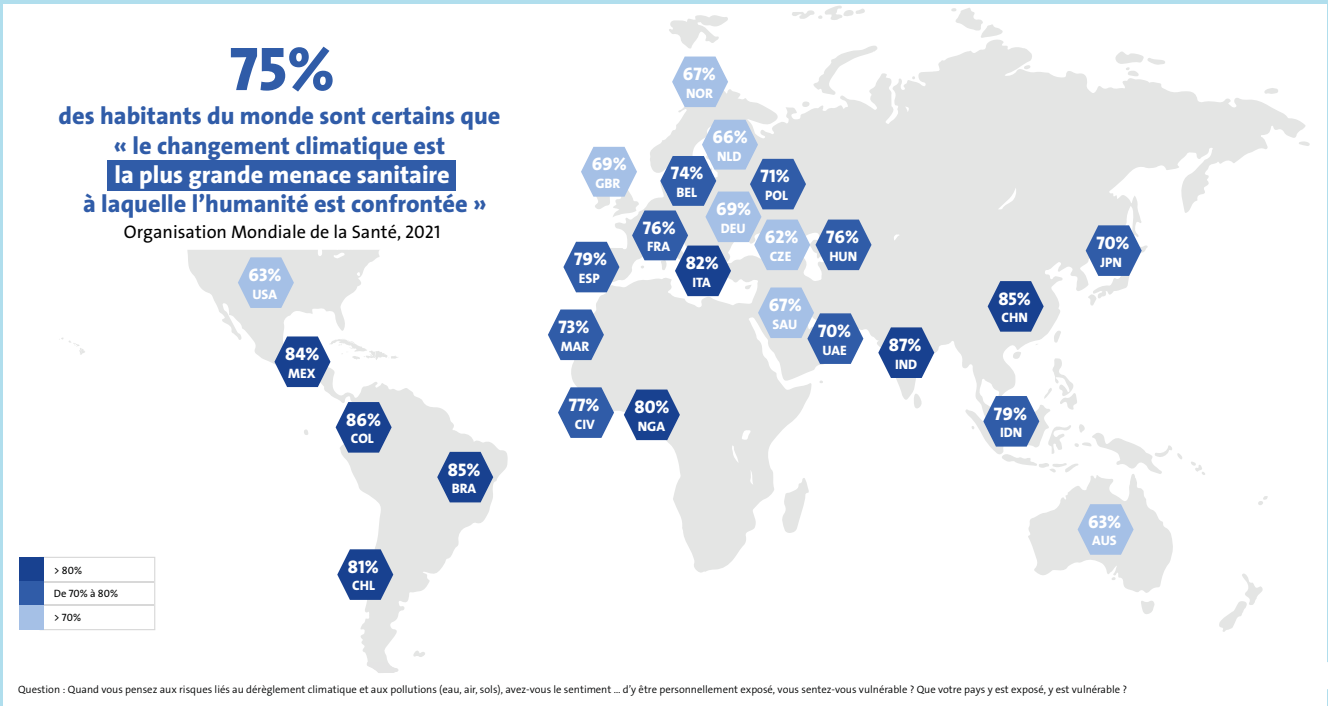
11 Elabe & Veolia. (2024). Baromètre de la Transformation écologique. https://elabe.fr/baro-transformation-ecologique-2/.

Illustration 2 : Le déni climatique progresse parmi les conservateurs et populistes du monde entier



Source : Etude ELABE pour Veolia, Baromètre de la Transformation écologique, 2024.

Illustration 3 : La gravité du danger sanitaire est devenue une certitude mondiale



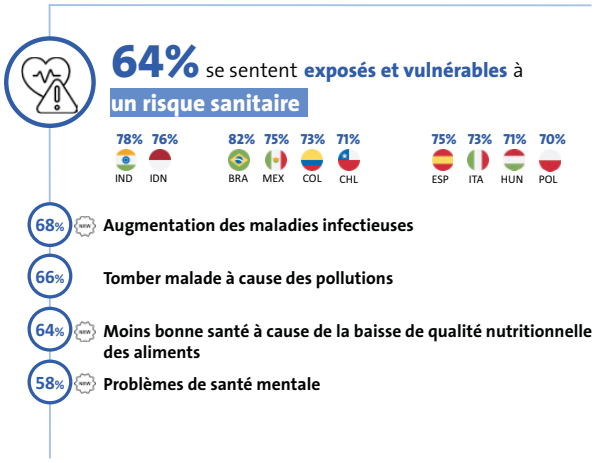
Source : Etude ELABE pour Veolia, Baromètre de la Transformation écologique, 2024.

Peur universelle, le risque sanitaire que représente la crise écologique est aussi un ressenti individuel

Cette crainte des conséquences sanitaires du dérèglement climatique et des pollutions n'a rien d'abstrait, de distant. **Ce n'est pas juste « l'humanité » qui est menacée, c'est « moi » personnellement.**

64% des habitants du monde se sentent exposés et vulnérables à un risque sanitaire, tant physique que mental. Et plus encore que la crainte collective pour « l'humanité », ce sentiment de vulnérabilité individuelle transcende les clivages Nord/Sud. Il est tout aussi prégnant en Amérique du Sud qu'en Asie du Sud-est, en Europe du Sud que dans une partie de l'Europe de l'Est ***(Illustration 4)***.

Illustration 4 - La santé humaine, l'une des premières victimes sur le front écologique



Source : Etude ELABE pour Veolia,
Baromètre de la Transformation écologique, 2024.

Toutefois, force est de constater que le risque sanitaire n'est pas de ces peurs qui figent. Au contraire, plus qu'aucun autre déterminant, elle incite à l'action.

L'ESPOIR SANITAIRE SUSCITÉ PAR LA TRANSFORMATION ÉCOLOGIQUE EST UN LEVIER DE SA DÉSIRABILITÉ

La perspective d'une meilleure santé : premier bénéfice attendu de la transformation écologique

L'imaginaire écologique est encore un vaste chantier qui, en manque d'architectes comme d'ouvriers, semble davantage se dégrader que s'élever. 62 % des habitants du monde (+2 points depuis 2022) ont du mal à imaginer à quoi pourrait ressembler la vie quotidienne après la transformation écologique[12].

Pourtant, ils sont très clairs sur ce que devraient être les fondations de ce futur désirable façonné par la transformation écologique : **ils expriment avant tout une aspiration à vivre en meilleure santé (77 %)**. Et, comme en écho à l'éco-anxiété grandissante, ils sont 70 % à réclamer une vie plus sereine[13].

L'espoir d'une meilleure santé, physique comme mentale, suscite davantage d'attentes que le bonheur (70 %) et le confort (63 %), souvent présentés comme seuls horizons des sociétés modernes. Il ne s'agit pas de dire que les habitants du monde sont prêts à sacrifier bonheur et confort sur l'autel de la santé – menace fantasmatique agitée par les détracteurs d'une prétendue « dictature sanitaire ». Mais ils sont convaincus que toute prospérité, collective comme individuelle, ne peut s'ériger que sur des fondations sanitaires saines et protégées des pollutions comme des aléas climatiques.

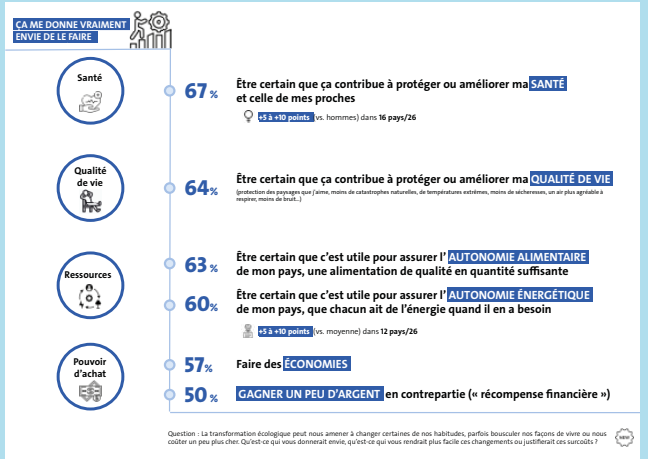
La préservation de la santé : condition d'acceptabilité, voire de désirabilité des solutions de la transformation écologique

Partout dans le monde, les pouvoirs publics non climato-sceptiques et les chercheurs en sociologie, sciences politiques ou philosophie, sont confrontés à la même question : quelles sont les conditions d'acceptabilité des politiques écologiques ?

Parmi toutes les pistes avancées, il en est une qui est souvent sous-estimée : la promesse d'une meilleure santé physique et mentale. **S'ils sont certains que les actions écologiques contribueront à protéger ou améliorer leur santé ou celle de leurs proches, 67%[14] des habitants du monde ont envie d'agir et de consentir aux surcoûts et changements de comportements que provoqueront la plupart de ces actions.**

Le bénéfice sanitaire des actions de transformation écologique est un levier de conviction légèrement plus efficace que les gains en matière de qualité de vie (64 %), et même nettement plus que la perspective d'une amélioration du pouvoir d'achat (50 à 57 %) ***(Illustration 5)***.

Illustration 5 : Protéger la santé et la qualité de vie pour donner envie d'écologie



Source : Etude ELABE pour Veolia,
Baromètre de la Transformation écologique, 2024.

12 Elabe & Veolia. (2024). Baromètre de la Transformation écologique. https://elabe.fr/baro-transformation-ecologique-2/.

13 Elabe & Veolia. (2024). Baromètre de la Transformation écologique. https://elabe.fr/baro-transformation-ecologique-2/.

14 Elabe & Veolia. (2024). Baromètre de la Transformation écologique. https://elabe.fr/baro-transformation-ecologique-2/.

Le moteur sanitaire de la transformation écologique fonctionne dans tous les pays étudiés. Partout, il produit un arbitrage en faveur de l'action malgré les surcoûts financiers ou l'évolution de comportements induits par cette transformation. Et ce auprès de toutes les populations, tous genres, générations et niveaux de revenus confondus. Bien sûr, le niveau d'acceptabilité des surcoûts financiers demeure conditionné au niveau de revenus des individus : chez les catégories modestes, cette acceptabilité est systématiquement inférieure de 10 à 20 points par rapport à la moyenne... tout en restant au-dessus des 50 %[15]. Cette envie d'action est en revanche significativement plus forte chez les femmes que chez les hommes (de l'ordre de 5 à 10 points de plus dans 16 des 26 pays étudiés). Ces dernières ressentent souvent de manière plus aigüe un sentiment de vulnérabilité écologique (+5 à 10 points dans 10 des 26 pays étudiés).

Si le gain sanitaire motive toujours majoritairement l'effort individuel, il est aussi au cœur de la feuille de route que les habitants du monde adressent à leurs dirigeants. Ceux-ci enjoignent leurs élus/responsables locaux à tenir compte de la protection de la santé (97 %) dans leurs décisions relatives à la gestion de l'eau, des déchets et/ou de l'énergie. La préoccupation sanitaire doit, dans tous les pays du monde et auprès de toutes les catégories de population (y compris les plus modestes) avoir une place plus structurante que le prix final pour le consommateur dans leurs arbitrages[16].

Preuve en est avec le cas des micropolluants dans l'eau et la pollution des sols. Les habitants du monde sont prêts à payer un peu plus chers leur eau et leurs aliments pour financer la mise en place des solutions permettant de traiter ces pollutions jugées inadmissibles.

15 Elabe & Veolia. (2024). Baromètre de la Transformation écologique. https://elabe.fr/baro-transformation-ecologique-2/.

16 Elabe & Veolia. (2024). Baromètre de la Transformation écologique. https://elabe.fr/baro-transformation-ecologique-2/.

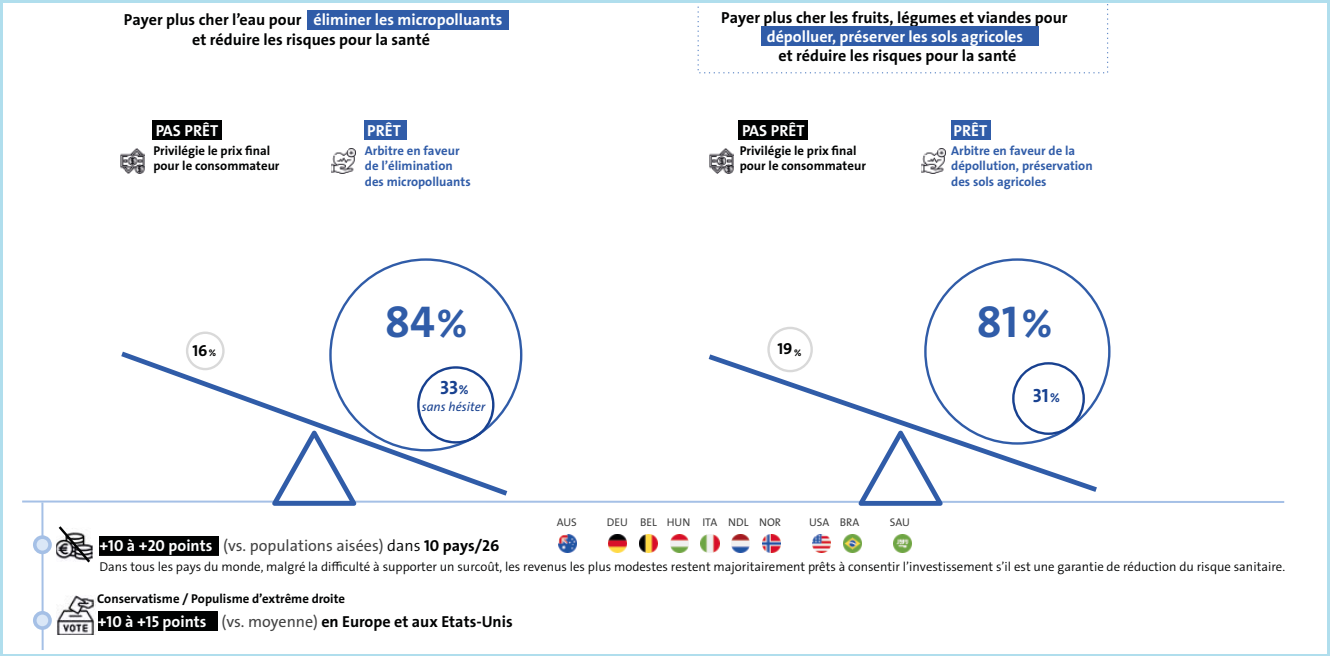
CONCLUSION

***« La peur ne peut se passer de l'espoir et l'espoir de la peur »* nous disait en son temps Spinoza. Aujourd'hui, la transition écologique peut faire pencher la balance en faveur de l'espoir, si ses promoteurs parviennent à raconter et à prouver qu'elle est la voie d'une meilleure santé pour chacun. Le sentiment de vulnérabilité sanitaire auquel la crise écologique expose une grande partie du monde nourrit en effet une volonté d'agir radicalement nouvelle.**

De la volonté à l'action, voilà le dernier tiers du chemin. Certains s'inquiètent que nous l'abordions, dans toute sa difficulté, avec un retard certain. De longues étapes ont en effet été nécessaires pour parvenir jusqu'ici : il a fallu près de quatre décennies pour installer la prise de conscience environnementale au cœur du débat public, puis, quelques années supplémentaires pour que le tourment devienne consentement. Trop de « temps perdu », certainement Mais aussi beaucoup d'expérience acquise, quelques freins levés et un imaginaire écologique qui commence à s'esquisser. S'il y a encore un pas entre le consentement et le changement, nous avons désormais plus d'outils pour bâtir les ponts qui permettront de le franchir.

Sommes-nous (toujours) prêts pour la transformation écologique ? Définitivement, la réponse est oui : plus prêts et plus près.

Illustration 6 : Micropolluants et pollution des sols : inadmissibles, les risques sanitaires motivent l'acceptabilité d'un surcoût, au-delà des clivages socio-économiques



Source : Etude ELABE pour Veolia, Baromètre de la Transformation écologique, 2024.

Assurer la résilience des systèmes de santé face aux effets du changement climatique

Sandrine Bouttier-Stref
Directrice de la Responsabilité Sociale d'Entreprise (RSE) du Groupe Sanofi

Ingénieure diplômée de l'Université de Technologie de Compiègne (UTC), Sandrine Bouttier-Stref cumule plus de 20 ans d'expérience (dont huit années au sein du Groupe Sanofi) en Santé, Sécurité, Environnement (HSE), protection de l'environnement et développement durable. Directrice de la Responsabilité Sociale d'Entreprise (RSE) du Groupe depuis plus de trois ans, elle pilote la stratégie et la gouvernance RSE de l'entreprise à l'échelle globale, intégrant notamment des enjeux de santé mondiale, d'équité en santé et de résilience/adaptation face aux risques environnementaux.

La santé de la planète et celle des personnes sont intrinsèquement liées : à mesure que l'environnement se dégrade, la santé humaine est directement et indirectement impactée par la prévalence et la gravité accrues des maladies existantes ou émergentes.

Particulièrement, le changement climatique est l'un des défis majeurs à relever pour préserver la santé de demain mais également pour assurer la continuité des soins et l'efficience des systèmes de santé.

Ceux-ci subissent directement les effets du changement climatique et doivent faire face à 4 enjeux :

1. **Devenir résilients : les infrastructures de santé sont elles-mêmes confrontées aux effets du changement climatique (ex : refroidissement des locaux pendant les vagues de chaleur, rupture d'approvisionnement en énergie, sécurisation des chaînes logistiques…) ;**
2. **Se préparer à l'exacerbation de maladies chroniques qui entrainera une surcharge du système de santé ;**
3. **Identifier des traitements plus rapides et efficaces pour soigner les patients affectés par les effets du changement climatique ;**
4. **Réussir à intégrer la prévention dans le parcours des patients.**

En parallèle, les systèmes de santé doivent réduire leur impact sur l'environnement et notamment leurs émissions de gaz à effet de serre. En effet, ils sont responsables d'environ 5 % des émissions mondiales totales, soit l'équivalent du cinquième pays le plus émetteur au monde.

L'équation est complexe : toutes les parties prenantes doivent être impliquées dans la conception et l'adoption de solutions, chacune ayant un rôle spécifique à jouer, tout en accélérant la mise en œuvre de systèmes de santé « carbone neutre », équitables et avec pour priorité, le bien-être des patients.

INTRODUCTION

L'environnement a été de plus en plus impacté par l'activité anthropique, perturbant de manière significative un équilibre établi depuis longtemps entre la santé de la planète et la santé des populations. Les changements induits peuvent être résumés dans une « crise planétaire triple » : la pollution, le changement climatique, la perte de biodiversité.

Ces changements sont déjà à l'origine d'une augmentation du nombre de patients et de décès, et cette tendance pourrait se poursuivre. Ils conduisent, par exemple, à la propagation de maladies vectorielles dans de nouvelles zones géographiques, à l'aggravation des conditions de santé en raison d'événements climatiques sévères ou à l'émergence de nouvelles menaces dues à des activités liées à l'homme, telles que l'urbanisation ou l'agriculture intensive.

Tout comme les populations qu'ils servent, les systèmes de santé sont vulnérables au changement climatique, et en même temps, contribuent à hauteur de 5% des émissions mondiales de CO_2. Ils doivent donc non seulement devenir plus résilients aux effets du changement climatique mais aussi innover dans les parcours de soins pour faire face à l'augmentation du nombre de patients.

Pour lutter contre la menace mondiale du changement climatique sur la planète, la santé humaine et les systèmes de santé, il convient de les traiter comme un système intégré.

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE : UN DÉFI POUR LES SYSTÈMES DE SANTÉ

Le changement climatique représente l'une des plus grandes menaces pour la santé humaine. Ses effets sur les populations, exacerbés par l'injustice climatique, ne cessent de s'étendre à travers le monde et rentrent dans une spirale qui semble hors de contrôle, conduisant à un nombre croissant de patients et de décès, de personnes déplacées et vulnérables.

Tout comme les populations qu'ils servent, les systèmes de santé sont également vulnérables au changement climatique et sont soumis à de nouvelles pressions (liste non exhaustive) :

- Leur propre vulnérabilité aux événements météorologiques extrêmes qui peut avoir un impact sur les infrastructures y compris les chaînes logistiques, entraîner des coupures de courant et réduire la productivité de la main-d'œuvre ;
- L'augmentation des admissions à l'hôpital et des décès du fait de la hausse des températures ;
- La hausse du nombre de réfugiés climatiques qui perturbe l'accès aux soins de santé. En 2022, 32 millions de personnes réfugiées climatiques ont été dénombrées du fait des catastrophes météorologiques[1] ;
- L'évolution des modèles de maladies à transmission hydrique et vectorielle qui menace des décennies de progrès dans le contrôle des maladies infectieuses ;
- L'augmentation de la prévalence des maladies infectieuses et leur expansion dans des géographies nouvelles ;
- L'exacerbation des maladies chroniques dues au changement climatique (asthme, maladies pulmonaires obstructives chroniques, hypertension, diabète, maladies mentales) qui augmente la pression sur la prise en charge par les systèmes de santé et la consommation de soins.

D'ici 2050, le changement climatique est susceptible de provoquer 14,5 millions de décès et 12 500 milliards de dollars de pertes économiques dans le monde[2]. Les effets induits sur les systèmes de santé représenteront un surcoût de 1 100 milliards de dollars, ce qui alourdira considérablement la charge pesant sur des infrastructures et des ressources médicales et humaines déjà mises à rude épreuve.

« D'ici 2050, le changement climatique est susceptible de provoquer 14,5 millions de décès et 12 500 milliards de dollars de pertes économiques dans le monde. Les effets induits sur les systèmes de santé représenteront un surcoût de 1100 milliards de dollars, ce qui alourdira considérablement la charge pesant sur des infrastructures et des ressources médicales et humaines déjà mise à rude épreuve. »

En parallèle, les systèmes de santé sont responsables de près de 5 % des émissions mondiales de CO_2[3] : 50 % induits par la fabrication des produits et les chaînes d'approvisionnement, 45% par les parcours de soins des patients et 5 % par la Recherche & Développement, notamment les études cliniques.

Les systèmes de santé doivent donc faire face à de multiples défis nécessitant d'anticiper et de s'adapter, d'améliorer la connaissance scientifique et les modèles prédictifs (corrélations climat/santé) et d'investir dans des interventions de santé (prévention, diagnostics, produits, ...) plus adaptées aux risques. Le partage des informations à grande échelle est également une priorité afin d'alerter l'ensemble des acteurs via des campagnes de santé publique.

Le lien entre climat et santé / systèmes de santé est réciproque. Les acteurs du secteur doivent donc jouer un rôle actif en accélérant leur résilience face aux effets du climat, et en faisant évoluer les parcours de soins pour se décarboner. Parallèlement, ils doivent anticiper la crise sanitaire auquel le monde doit faire face.

AMÉLIORER LA RÉSILIENCE DES SYSTÈMES DE SANTÉ

Les systèmes de santé sont vulnérables au changement climatique : des événements météorologiques extrêmes tels que les inondations, les incendies et les fortes chaleurs peuvent avoir un impact sur les infrastructures, le personnel, l'approvisionnement alors qu'au même moment un nombre de patients plus important affluera dans les établissements de santé.

Cette situation, déjà vécue dans plusieurs endroits dans le monde, a mis en lumière la nécessité d'améliorer la résilience des systèmes de santé, incluant la capacité à faire face mais aussi à se relever après les événements climatiques tout en assurant la continuité des soins.

Selon les estimations de la Federal Emergency Management Agency, un seul phénomène climatique extrême peut coûter à un hôpital entre 600 000 et 2 milliards de dollars US[4] en dommages aux infrastructures et créer des perturbations continuelles engendrées par les réparations, alors que l'on s'efforce de maintenir l'hôpital en état de fonctionner. Pour illustrer, en 2012, l'ouragan Sandy a entraîné l'évacuation de plus de 6 400 patients de six hôpitaux et de 31 établissements de soins résidentiels.

1 Haut-Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés. (2023). Changement climatique et déplacements : Les mythes et les faits. UNHCR. https://www.unhcr.org/fr-fr/actualites/articles-et-reportages/changement-climatique-et-deplacements-les-mythes-et-les-faits.

2 World Economic Forum. (2024). Quantifying the impact of climate change on human health. World Economic Forum [Quantifier l'impact du changement climatique sur la santé humaine. Forum économique mondial]. https://www.weforum.org/publications/quantifying-the-impact-of-climate-change-on-human-health.

3 Romanello, M., McGushin, A., Di Napoli, C., et al. (2021). The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Code red for a healthy future [Le rapport 2021 du Lancet Countdown sur la santé et le changement climatique : Code rouge pour un avenir sain]. The Lancet, 398(10311), 1619-1662.

4 Earthzine. (2011, 28 juin). Code grey: Protecting hospitals from severe weather [Code gris : Protéger les hôpitaux contre les intempéries]. https://earthzine.org/code-grey-protecting-hospitals-from-severe-weather-2/.

Le centre médical NYU Langone Medical Center, l'un des hôpitaux les plus endommagés, a subi près d'un milliard de dollars US de dommages[5], est resté entièrement fermé pendant deux mois et a dû fonctionner en étant privé de service des urgences pendant un an et demi.

Il importe de se concentrer sur l'anticipation, l'accessibilité et l'efficacité des soins. Cela inclut la planification de l'adaptation, la résilience de l'infrastructure, l'amélioration des capacités d'accès et de production ainsi que la préparation des services d'urgence en prévision des événements.

En parallèle, des mécanismes de surveillance, voire de prévision et de réponse aux maladies, ainsi que des solutions de santé et d'administration des médicaments innovants doivent être mis en place.

À titre d'exemple, le respect de la chaîne du froid dans la conservation et la distribution de certains vaccins relève du défi dans certains pays : l'accès à l'énergie requise pour le maintien de la température assurant la qualité et la sécurité des produits est une vraie difficulté alors que la température extérieure ne cesse d'augmenter.

Les inondations de 2018 dans l'État indien de Kerala ont eu un impact considérable sur le système de santé publique de l'État. L'alimentation électrique de secours est réglée sur 72 heures dans de nombreux pays. Au Kerala, les hôpitaux ont été confrontés à des coupures de courant de trois à neuf jours, ce qui a provoqué l'arrêt inopiné des systèmes d'entreposage frigorifique. De nombreux hôpitaux ont signalé que des stocks entiers de vaccins et d'autres fournitures médicales essentielles ayant besoin d'être réfrigérées avaient été endommagés, de même que le matériel informatique ; plusieurs hôpitaux ont ainsi perdu les dossiers de leurs patients. La Direction des services de santé a estimé à plus de 15 millions de dollars US la perte subie par les hôpitaux publics[6].

« Les inondations de 2018 dans l'État indien de Kerala ont eu un impact considérable sur le système de santé publique de l'État. L'alimentation électrique de secours est réglée sur 72 heures dans de nombreux pays. Au Kerala, les hôpitaux ont été confrontés à des coupures de courant de trois à neuf jours, ce qui a provoqué l'arrêt inopiné des systèmes d'entreposage frigorifique. »

Pour mettre en œuvre tout ceci, les autorités et acteurs de santé doivent être conscients et avoir accès à des ressources humaines et financières parfois démesurées au regard de leurs capacités. Mais qu'en sera-t-il si rien n'est fait ? Les acteurs de santé doivent investir substantiellement maintenant pour anticiper les impacts déjà présents et à venir sur leurs systèmes de santé et ainsi éviter des coûts de l'inaction dans le futur. Cela signifie également une évolution des politiques publiques.

INNOVER POUR FAIRE ÉVOLUER LES PARCOURS DE SOINS

Les parcours de soins représentent 45 % des émissions CO_2 des systèmes de santé en France (estimées à 50 millions de tonnes équivalent CO_2, soit plus de 8 % des émissions nationales)[7]. Transformer la manière de délivrer les soins pour anticiper et couvrir la demande croissante de patients affectés par le changement climatique est un défi à relever, révolutionnant potentiellement les politiques de santé mais aussi les comportements.

Cette transformation doit également s'accompagner d'une vaste collecte de données en vie réelle[8] sur les relations entre le changement climatique et la santé. Cela permettra non seulement de mieux comprendre ces liens, mais aussi de mieux sensibiliser à l'ampleur de la crise imminente et trouver des solutions rapides et efficaces.

Sept leviers pour réduire les émissions tout au long du parcours de soins

Les possibilités de décarbonation se présentent à tous les stades du parcours de soins et peuvent se résumer à activer sept leviers prioritaires tout en contribuant à des soins de qualité.

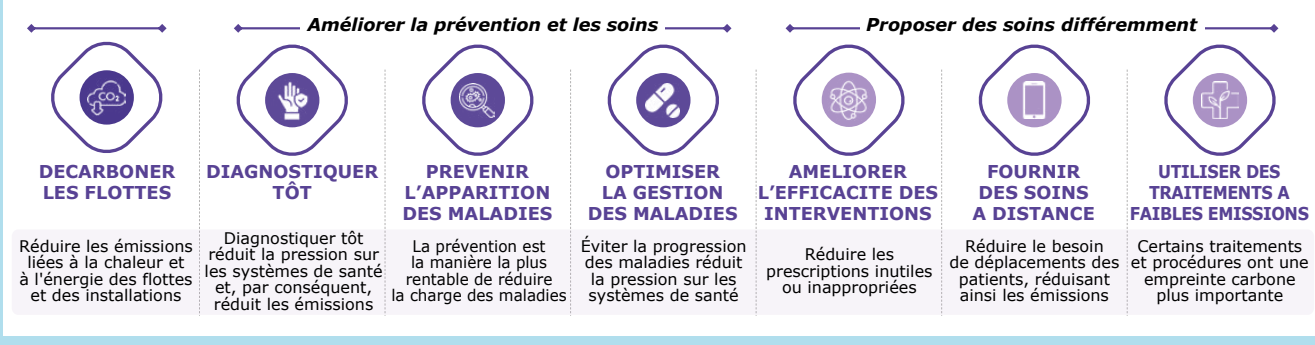
5 Seltenrich, N. (2018). Safe from the storm: Creating climate-resilient health care facilities [À l'abri de la tempête : Créer des établissements de soins de santé résistants au climat]. Environmental Health Perspectives, 126(10). https://doi.org/10.1289/EHP3810.

6 Nair P. (2018, 29 août). *Kerala floods: Health directorate estimates Rs 110 crore loss [Inondations au Kerala : La direction de la santé estime les pertes à 110 milliards de roupies] : Kochi News – Times of India.*

7 Ministère des Solidarités et de la Santé. (2023). Présentation du Programme PESS : Priorité prévention, Environnement, Santé, Sécurité sanitaire. https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/dp_pess.pdf.

8 Les données en vie réelle sont des informations collectées en dehors d'un cadre expérimental, à l'occasion des soins de santé prodigués aux patients, permettant de refléter des pratiques authentiques.

Illustration 1 : 7 leviers pour réduire les émissions dans les parcours de soins



Ces leviers peuvent être regroupés en trois thèmes principaux :

- Décarboner les établissements de santé et les flottes de véhicules sanitaires (énergies renouvelables, ambulances électriques) et adopter des principes de circularité dans les soins de santé (tels que l'utilisation de matériaux réutilisables et recyclables) ;
- Améliorer la prévention et la gestion des maladies afin d'en réduire leur fréquence et leur gravité et améliorer l'efficacité des traitements ;
- Dispenser les soins différemment, en améliorant l'efficacité globale de la prestation de soins et en choisissant des interventions dont l'empreinte carbone est plus faible tout en offrant des résultats similaires ou améliorés en matière de soins pour les patients.

La prévention et l'innovation dans le parcours de soin via la digitalisation sont des leviers d'amélioration que nous allons illustrer ci-après.

Améliorer la prévention et les soins : prévenir l'apparition des maladies

La réduction des facteurs de risque et la prévention de l'apparition des maladies constituent les stratégies les plus efficaces pour alléger la charge de morbidité qui pèse sur nos sociétés, en particulier liée aux maladies non transmissibles. Parallèlement, ces actions contribuent également à diminuer l'empreinte carbone des soins de santé.

Agir sur les causes, telles que la pollution de l'air, est une nécessité. La mise en place de mesures efficaces à grande échelle (ex : environnements urbains sains et durables dans les villes, exercice physique régulier, alimentation variée), nécessite une réelle volonté des acteurs publics et des moyens conséquents si l'on veut obtenir des améliorations rapides.

En ce qui concerne la prévention, les programmes de vaccination constituent une mesure de santé efficace. Outre la réduction du nombre de patients et souvent d'hospitalisations voire de décès, la vaccination a également le potentiel de réduire les émissions de CO_2. Une étude menée par Sanofi[9] au Royaume-Uni le démontre, mettant en évidence le co-bénéfice prévention santé / environnement dans le choix d'un scénario de vaccination précoce contre la bronchiolite de tous les nourrissons à la naissance, par rapport à d'autres programmes d'immunisation. En simplifiant le parcours de soins et en réduisant les hospitalisations et les visites de soins primaires, le scénario de vaccination « tout nourrisson » pourrait permettre une réduction de 68 % des émissions de CO_2 par rapport à la situation actuelle.

La prévention auprès des personnes les plus vulnérables, victimes des effets du changement climatique et situées dans les zones les plus impactées est également centrale, lorsque l'on sait qu'environ 3,6 milliards de personnes dans le monde vivent dans des zones à risques climatiques[10].

« Une étude lancée en Egypte sur une cohorte de patients souffrant d'asthme et de dermatite atopique, a démontré une réduction de près de 74% des émissions de co_2 dans leur suivi grâce à la télémédecine, ceci, en complément d'une augmentation du confort pour les patients. »

Délivrer les soins différemment

Fournir des soins à distance et de proximité, lorsque cela est approprié, représente des alternatives à explorer plus avant. En effet, l'utilisation de solutions telles que la télémédecine et les dispositifs portables permet de réduire les déplacements des patients et améliorer l'accès aux soins spécialisés, réduisant ainsi les émissions de CO_2 sans compromettre la qualité des soins. Une étude lancée en Egypte[11] sur une cohorte de patients souffrant d'asthme et de dermatite atopique, a démontré une réduction de près de 74% des émissions de CO_2 dans leur suivi grâce à la télémédecine (en tenant compte de l'impact du digital sur l'environnement) ceci, en complément d'une augmentation du confort pour les patients n'ayant pas à se déplacer au risque d'être exposés à la pollution de l'air ou d'être stigmatisés du fait de l'apparence de leur peau.

Par ailleurs, il a été démontré que la télésurveillance des maladies non transmissibles améliorait les résultats en matière de santé.

Toutefois, il faut veiller à l'impact sur l'accessibilité pour différentes populations.

Les soins de proximité contribuent également à la réduction des émissions de CO_2. Le rôle du pharmacien, des personnels infirmiers de ville et des structures locales devient crucial dans la décarbonation. Les politiques publiques et communautaires de santé doivent donc évoluer.

L'écodesign des produits de santé

Les systèmes de santé se penchent sur l'empreinte climatique des produits de santé et s'attachent désormais à exiger les performances environnementales de ces produits auprès des fabricants, comme un levier d'amélioration de l'empreinte du parcours patient. Cela nécessite la mise en place de méthodes d'évaluation reconnues et validées par des comités réunissant diverses parties prenantes. Les travaux en cours conduiront à la publication d'un standard international prévu pour 2025. Cette avancée majeure, initialement destinée aux industriels de la santé afin d'intégrer le plus en amont possible l'écoconception, est désormais plébiscitée par des acheteurs, des autorités de santé, des assureurs, ...

Il ne faut cependant pas se tromper de cibles :

- L'empreinte climatique d'un produit ne suffit pas à elle-seule à caractériser l'impact d'un produit sur l'environnement ;
- De même, évaluer l'empreinte climatique d'un parcours de soin à l'aune de la seule empreinte climatique d'un produit est une erreur. Il faut examiner la contribution de celui-ci à l'amélioration de l'empreinte environnementale du parcours de soin dans sa globalité, en activant les autres leviers d'intervention ;
- L'amélioration de la santé du patient comme l'élément central du choix d'un traitement en santé reste la priorité.

9 Hudson R et al. (December 2023). Assessing the Carbon Intensity Profile of an Immunization Program Against RSV in Infants in the United Kingdom to Show the Reduction in Emissions Versus Standard of Care [Évaluation du profil d'intensité carbone d'un programme de vaccination contre le VRS chez les nourrissons au Royaume-Uni pour montrer la réduction des émissions par rapport à la norme de soins], Value in Health, Volume 26, Issue 11, S2.

10 6ème rapport du GIEC – Rapport de synthèse – 20 mars 2023 - https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/.

11 Pour plus d'informations, consulter le site de DCarbon, partenaire de Sanofi pour l'étude - https://dcarboneg.com/cop27side-events/accelerating-healthcare-de-carbonization/.

COLLECTER DES DONNÉES : UNE NÉCESSITÉ

Alors que la prise de conscience du lien entre climat et santé se poursuit, il reste des lacunes dans la production, la collecte et le partage de données sur les mécanismes de déclenchement / d'exacerbation des maladies liées au changement climatique.

Sanofi a conduit une étude récente[12] visant à identifier les liens entre les impacts des changements environnementaux et les domaines pathologiques. Cette étude se concentre sur le traitement et la prévention dans cinq domaines thérapeutiques : l'immunologie, les maladies infectieuses et à transmission vectorielle, les agents pathogènes pandémiques, les maladies chroniques non transmissibles (telles que les maladies cardiovasculaires et le cancer) et les allergies.

« Alors que la prise de conscience du lien entre climat et santé se poursuit, il reste des lacunes dans la production, la collecte et le partage de données sur les mécanismes de déclenchement / d'exacerbation des maladies liées au changement climatique. »

L'étude, basée sur 6 843 rapports publiés, a révélé que, parmi les risques environnementaux identifiés, la pollution de l'air a le plus grand impact négatif sur les domaines pathologiques concernés. Elle a également montré que les maladies cardio-vasculaires et le diabète sont les deux principaux domaines thérapeutiques qui seront affectés par les risques environnementaux, avec deux indications majeures : l'accident vasculaire cérébral ischémique et le diabète de type 1. Les indications respiratoires telles que la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) et l'asthme sont également fortement touchées par les risques environnementaux.

Ces données scientifiques peuvent ensuite être utilisées, par exemple, pour informer les choix en R&D et prédire les évolutions nécessaires de développement de solutions de santé et leur disponibilité. La prise en compte de données de santé environnementale dans les processus de décision stratégique des acteurs de santé et des politiques publiques devient essentielle.

Par ailleurs, mieux prédire les impacts du changement climatique sur les patients et les systèmes de santé grâce aux nouvelles technologies (Intelligence artificielle, Real world evidence) est une nécessité pour à la fois aider les décideurs à orienter les politiques sanitaires, anticiper et mieux maîtriser les maladies, mais aussi mettre en évidence l'importance d'investir de manière ciblée dans des actions d'adaptation et de résilience.

Depuis 2023, Sanofi a engagé, avec un panel d'experts sur les maladies respiratoires, une étude de grande ampleur pour identifier les impacts de facteurs environnementaux (températures, pollution de l'air, composition des sols…) sur l'exacerbation de cas de BPCO et d'Asthme en France,

12 Sanofi. (12 juin 2024). *Le lien entre le climat et la santé : Sanofi retrace un nouveau cours.* https://www.sanofi.com/fr/magazine/impact-social/climate-health-new-course.

Illustration 2 : Le rôle des acteurs de santé

Source : Healthcare Without Harm, OMS, littérature académique, analyse BCG

en croisant les données de vies réelles du système de santé français (PMSI) avec les données publiques des facteurs climatiques. Les corrélations résultantes vont permettre d'informer dans quelle mesure l'exposition à différents facteurs environnementaux influence le risque d'exacerbation de maladies chroniques respiratoires et de projeter les impacts actuels et futures sur la saturation des systèmes de santé en fonction de l'évolution des changements climatiques.

Ce type d'étude permettra non seulement d'améliorer le partage de connaissance et la recherche encore limitée dans ce domaine, d'améliorer la prévention pour les populations potentiellement les plus affectées ou à risque de l'être et renforcer les structures de santé. Les villes pourraient également être intéressées par ce type de données dans leur planification urbaine.

ACCÉLÉRER L'ACTION COLLECTIVE DE MANIÈRE COORDONNÉE

Les systèmes de santé devront prendre conscience de l'importance d'intégrer la reconnaissance de la valeur environnementale des produits de santé et des parcours de soin, et d'investir dans la prévention tout en veillant à ce que la progression des objectifs environnementaux ne compromette pas les possibilités d'améliorer les résultats pour les patients.

Il ne s'agit pas d'un sujet qui peut être résolu par une seule organisation ou une seule stratégie. Les systèmes de santé sont complexes et toutes les parties prenantes doivent être impliquées dans la conception et l'adoption de solutions innovantes et durables, chacune ayant un rôle spécifique à jouer.

CONCLUSION

Les effets du changement climatique ont une influence considérable sur notre environnement de vie et notre santé. Les événements extrêmes (vagues de chaleur, inondations…) ont des impacts désormais connus sur les sociétés et la dégradation générale de l'environnement, favorisant la pollution de l'air et des eaux, l'insécurité alimentaire, la survenue de maladies vectorielles ou encore la prévalence et la gravité de maladies existantes. Il existe de nombreuses inégalités face au changement climatique qui appellent une action ciblée auprès des populations vulnérables.

La mobilisation des industriels de santé est sans précédent. Outre leurs engagements à réduire leurs propres émissions, ils sont activement engagés auprès des acteurs des systèmes de santé pour sensibiliser, améliorer la prise de conscience, favoriser l'échange de bonnes pratiques, de données voire de compétences techniques au travers de recommandations et guides d'évaluation.

Il est encore temps pour l'économie mondiale de réduire de manière décisive les émissions et adopter des stratégies pour protéger la santé humaine contre les impacts du changement climatique. Toutefois, il est impératif pour les décideurs politiques de reconnaître et d'adresser l'insuffisance de préparation des systèmes de santé.

Chaleur intérieure et populations vulnérables :

Vers des systèmes d'alerte spécifiques

Choo-Yoon Yi, Chercheur en physique du bâtiment et en habitabilité, chercheur postdoctorant du Fonds AXA pour la Recherche
Chengzhi Peng, Maître de conférences et directeur de recherche à l'école d'architecture de Sheffield, Royaume-Uni

Dr. Choo-Yoon Yi est chercheur en physique du bâtiment et en habitabilité. Il travaille notamment sur l'optimisation de la conception bioclimatique grâce à la modélisation énergétique des bâtiments et aux projections du changement climatique. Le Dr. Yi a reçu une bourse postdoctorale de l'ESRC (Economic and Social Research Council) en 2020, à la suite d'un doctorat à l'école d'architecture de Sheffield en 2019. En tant que chercheur postdoctoral du Fonds AXA pour la Recherche, il collabore avec le professeur Darren Robinson et le docteur Chengzhi Peng sur le projet* « Renovating Care Homes Fit for the Future » *(« Rénover les maisons de retraite pour les préparer à l'avenir »). Chengzhi Peng, maître de conférences et directeur de recherche à l'école d'architecture de Sheffield, est spécialisé en sciences architecturales et urbaines et en sciences du climat.

Cet article passe en revue les systèmes existants d'alerte pour la santé en cas de forte chaleur[1], dans le contexte du changement climatique, notamment au regard de l'évolution des conditions environnementales et l'augmentation du nombre et de l'intensité des épisodes de chaleur extrême. Il propose des pistes d'amélioration de ces systèmes pour tenir compte des conditions environnementales intérieures. En effet, il est urgent de mettre en place des systèmes d'alerte pour la santé qui permettent une meilleure prise en charge médicale et sociale des populations vulnérables qui passent beaucoup de temps en intérieur. À titre de « démonstration de faisabilité », nous présentons, dans un premier temps, un système développé pour la population générale au Royaume-Uni ainsi que son utilisation lors de la canicule de 2013. Puis, en nous intéressant aux personnes âgées vivant en maison de retraite - une population particulièrement vulnérable - nous montrerons les possibilités supplémentaires que pourrait offrir un système d'alerte de chaleur intérieure. Ce système s'appuie sur des modélisations qui évaluent les effets du changement climatique sur les performances thermiques et énergétiques des bâtiments, de l'échelle d'un quartier à l'échelle d'une ville. Un système d'alerte de chaleur intérieure déployé dans les maisons de retraite doit ainsi être en mesure de prévoir l'exposition des résidents à la chaleur intérieure compte tenu des prévisions de vagues de chaleur imminentes.

INTRODUCTION

La chaleur constitue un risque majeur pour l'environnement et la santé au travail, elle est même la première cause de décès en lien avec les conditions météorologiques. Or, avec le changement climatique, de plus en plus de personnes sont exposées à des chaleurs extrêmes. Entre 2000 et 2019, environ 489 000 décès par an étaient imputables à la chaleur[2].

Le taux de mortalité des plus de 65 ans a augmenté d'environ 85 % entre la période 2000-2004 et 2017-2021[3].

Cependant, *« les effets négatifs de la chaleur sur la santé sont prévisibles et largement évitables avec des mesures de santé publique spécifiques. Agir sur le changement climatique tout en se préparant à la gestion des risques peut sauver des vies aujourd'hui et à l'avenir »*[4], indique l'Organisation mondiale de la santé (OMS), soulignant ainsi la nécessité d'une action immédiate.

1 Les systèmes d'alerte chaleur-santé (HHWS) se fondent sur les conditions météorologiques (prévisions) et sont conçus pour informer les autorités et le grand public des épisodes de chaleur à venir. Ils offrent des éléments de prévention contre les conséquences de la chaleur, quand les prévisions annoncent des températures (et/ou une humidité) égales ou supérieures aux seuils de risques sanitaires.

2 Zhao, Q., Guo, Y., Ye, T., Gasparrini, A., Tong, S., Overcenco, A., Urban, A., Schneider, A., Entezari, A., Vicedo-Cabrera, A. M., & others. (2021). Global, regional, and national burden of mortality associated with non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: A three-stage modelling study [Charge mondiale, régionale et nationale de la mortalité associée à des températures ambiantes non optimales de 2000 à 2019 : une étude par modélisation en trois étapes.]. The Lancet Planetary Health, 5(7), e415–e425. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00081-4.

3 Lancet Countdown. (2023). Heat-related mortality [Mortalité liée à la chaleur]. Lancet Countdown Data Platform. https://www.lancetcountdown.org/data-platform/health-hazards-exposures-and-impacts/1-1-health-and-heat/1-1-5-heat-and-sentiment.

4 Organisation mondiale de la santé. (2024). Heat and health [Chaleur et santé]. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health.

RISQUES SANITAIRES LIÉS À LA CHALEUR – QUI SONT LES PLUS VULNÉRABLES ?

En raison du changement climatique, les épisodes de chaleur extrême se multiplient dans de nombreuses régions du monde. Même dans les pays présentant des besoins importants en chauffage, comme le Royaume-Uni, un nouveau record de température dépassant les 40 °C a été observé en juillet 2022. Or, les données convergent pour indiquer que l'exposition humaine à la chaleur entraîne une hausse directe de la surmortalité et de la morbidité. Lors d'un épisode de forte chaleur, tout le monde est exposé à des risques sanitaires. Toutefois, en comprenant mieux les mécanismes qui contribuent au phénomène, nous serons plus à même d'identifier des déclencheurs spécifiques pour des interventions visant à réduire ces risques potentiels.

Outre les nombreux risques induits par les dommages causés aux biens, à l'environnement et à l'économie, les maladies et les décès sont principalement dus à l'exposition humaine à la chaleur. Bien qu'il s'agisse d'un phénomène physique et physiologique complexe en réaction à l'environnement ambiant, le corps humain utilise quatre grands mécanismes physiologiques pour se rafraîchir : le rayonnement infrarouge, la convection via l'eau ou l'air sur la peau, la conduction par le contact avec un objet plus frais et l'évaporation de la sueur. Or, ces mécanismes de thermorégulation sont parfois altérés chez certaines populations[5]. Les plus vulnérables sont les personnes âgées, les personnes atteintes d'une maladie chronique (troubles cardiaques, diabète, insuffisance respiratoire ou rénale, maladie de Parkinson, maladies mentales graves), les enfants en bas âge ou les personnes qui n'ont pas la capacité d'adapter leur comportement pour rester au frais (maladie d'Alzheimer, handicaps, personnes alitées).

Ces facteurs de risque individuels aggravent la vulnérabilité à la chaleur, souvent exacerbée par l'absence de climatisation et l'insuffisance des performances thermiques des bâtiments ou des systèmes de ventilation, d'autant que les personnes vulnérables passent la majorité de leur temps en intérieur. Selon un article publié en 2022[6], seuls 3 % des logements en Allemagne et moins de 5 % des logements en France sont climatisés. Les estimations du gouvernement britannique indiquent que moins de 5 % des foyers disposent de systèmes de refroidissement mécaniques, tels que la climatisation (1 %) et la pompe à chaleur (1 %), tandis que 80 % des ménages se reposent principalement sur l'ouverture des fenêtres et des portes pour rafraîchir leur maison[7]. En milieu urbain, la variation du microclimat local est encore accentuée par l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU)[8], notamment la nuit, lorsque nous sommes particulièrement vulnérables à la chaleur.

> *« La température intérieure est un indicateur plus précis de l'exposition à la chaleur que la température extérieure, en particulier pour les populations vulnérables qui dépendent principalement de la ventilation naturelle. »*

De nombreuses études montrent que l'exposition humaine à la chaleur sera amenée à augmenter et pourrait entraîner une hausse de la mortalité. Cependant, l'exposition à la chaleur à l'intérieur des bâtiments, et les effets correspondants sur la santé, ont reçu moins d'attention. Des études sur le sujet ont toutefois été effectuées, tenant compte des climats actuels et futurs. L'une de ces études, menée sur le terrain, montre que la température intérieure est un indicateur plus précis de l'exposition à la chaleur que la température extérieure, en particulier pour les populations vulnérables qui dépendent principalement de la ventilation naturelle[9]. Ainsi, pour prévenir les risques sanitaires liés à la chaleur pour les personnes vulnérables, nous devons nous intéresser à l'exposition des occupants à la chaleur *intérieure* pendant les épisodes de forte chaleur.

INTRODUCTION AUX SYSTÈMES D'ALERTE À LA CHALEUR

Pour relever les défis posés par le changement climatique et les épisodes de chaleur extrême qui en découlent, le bureau régional de l'OMS pour l'Europe a élaboré des plans d'action chaleur-santé (HHAP)[10]. Leur objectif : atténuer les effets négatifs des fortes chaleurs sur la santé. Ils utilisent des services d'alerte précis en temps réel, comme des systèmes d'alerte météorologique précoce signalant et analysant les risques. Ces plans présentent en outre une stratégie d'information sanitaire offrant des indications pour le développement et la planification urbaine à moyen et long terme.

5 UK Health Security Agency. (2024). Adverse Weather and Health Plan: Supporting evidence [Conditions météorologiques défavorables et plan de santé : Preuves à l'appui.]. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/65fdb71af1d3a0001d32ae74/Adverse_Weather_and_Health_Plan_supporting_evidence__1_.pdf.

6 The Washington Post. (2022, July 20). Why European homes (usually) don't have air conditioning [Pourquoi les maisons européennes n'ont (généralement) pas d'air conditionné]. https://www.washingtonpost.com/world/2022/07/20/europe-uk-air-conditioning-ac/.

7 Department for Business, Energy & Industrial Strategy. (2022). BEIS public attitudes tracker: Heat and energy in the home winter 2021 [Indicateur d'attitudes publiques du BEIS : Chaleur et énergie dans les maisons pour l'hiver 2021.]. UK Government. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/62960be8e90e070397a00faa/BEIS_PAT_Winter_2021_Heat_and_Energy_in_the_Home_REVISED.pdf.

8 L'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU) décrit les températures élevées ressenties en ville par rapport aux zones rurales, en particulier la nuit, car la chaleur emmagasinée par les surfaces artificielles est lentement libérée, ce qui maintient les températures à un niveau plus élevé qu'à la campagne. Il se cumule à d'autres phénomènes, notamment un faible couvert végétal (la végétation contribuant à rafraîchir les températures) et l'effet de la chaleur induite par les activités humaines (Royal Meteorological Society, définition adaptée).

9 Zuurbier, M., Dons, E., Lanki, T., et al. (2021). Street temperature and building characteristics as determinants of indoor heat exposure [La température de la rue et les caractéristiques du bâtiment comme déterminants de l'exposition à la chaleur intérieure]. Science of The Total Environment, 766, 144376. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144376.

10 World Health Organization Regional Office for Europe. (2008). Heat-health action plans: Guidance [Plans d'action chaleur-santé : Guide.]. World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/9789289071918.

Citons par exemple les systèmes d'alerte à la chaleur (HHWS), basés sur la météo et conçus pour avertir les autorités et le grand public de l'imminence d'épisodes de chaleur extrême, et leur fournir des conseils sur les effets sur la santé. Ces systèmes évaluent la probabilité de dépassement d'un « seuil déclencheur » au-delà duquel il convient d'agir pour préserver la santé.

Cependant, les paramètres déterminant les « seuils déclencheurs » se fondent généralement sur la corrélation entre les conditions météo extérieures et les résultats critiques signalés, tels que la surmortalité et les admissions à l'hôpital. En outre, l'échelle spatiale de ces alertes précoces dépend de la disponibilité des prévisions météorologiques locales/régionales. Ainsi, les mesures existantes peuvent sous-estimer l'exposition des citadins à la chaleur, ce qui peut entraîner une prévention inadéquate des risques. C'est particulièrement vrai pour les populations vulnérables dans les *environnements intérieurs*, comme les plus de 65 ans et personnes malades ou handicapées.

La température intérieure d'un bâtiment est déterminée par divers facteurs tels que les caractéristiques thermiques de son enveloppe, sa configuration géométrique, les charges thermiques internes résultant des activités des occupants, l'utilisation d'appareils électriques et les conditions météorologiques environnantes. Selon ces facteurs, il peut y avoir des variations d'une pièce à l'autre. La prise en compte de ces caractéristiques dans les services d'alerte à la chaleur est cruciale, en particulier pour les populations vulnérables qui passent la majeure partie de leur temps à l'intérieur. Cela est d'autant plus important dans des régions comme l'Europe et les pays du Sud, où les solutions de refroidissement mécanique sont peu présentes.

« Il est essentiel de comprendre la relation entre le climat, les bâtiments et les occupants pour protéger et promouvoir la santé et le bien-être des citadins au fil du temps, à mesure que les projections du changement climatique évoluent. »

SYSTÈME D'ALERTE À LA CHALEUR INTÉRIEUR (ÉTUDE DE CAS)

Comment développer des systèmes d'alerte à la chaleur intérieurs (iHHWS) tenant compte des caractéristiques des bâtiments et de la diversité microclimatique urbaine ? Dans le cadre d'une démonstration de faisabilité[11], nous avons réalisé une étude de cas sur les iHHWS pour les habitants de Birmingham[12] (Royaume-Uni). Nous avons proposé de combiner les vertus des simulations énergétiques dynamiques des bâtiments – une méthode qui permet de mesurer la performance énergétique d'un bâtiment – avec une approche qui peut être appliquée de manière concrète aux systèmes d'alerte à la chaleur locaux existants (dont les déclencheurs d'action sont actuellement définis sur la base des températures de l'air extérieur). Cette combinaison est essentielle pour obtenir des systèmes d'alerte à la chaleur fiables pour l'intérieur des bâtiments.

Deux quartiers urbains de Birmingham ont été sélectionnés pour mettre en évidence les différences majeures entre la température moyenne de l'air enregistrée et l'indice universel du climat thermique (UTCI) estimé. L'UTCI est un modèle de bilan thermique physiologique qui prend en compte la relation entre le corps humain et les facteurs environnementaux ambiants, notamment la température de l'air, le vent, le rayonnement et l'humidité. Nous avons comparé ces deux quartiers, qui sont respectivement le plus chaud et le plus frais de la ville. Nous nous sommes référés aux données existantes sur les caractéristiques physiques des logements et les profils de charge thermique interne en fonction de l'occupation. Nous avons identifié cinq types de logements (H_1 - H_5), chacun avec quatre types d'isolation (I_1 - I_4), donnant 20 combinaisons de logements de référence (H_1I_1 - H_5I_4), dans chacun des deux quartiers.

Sur la base de ces paramètres, nous avons d'abord estimé l'effet des caractéristiques physiques des logements et des microclimats urbains sur le stress thermique intérieur chez les citadins. Avec un indice de chaleur supérieur à 26,7° C, une fatigue est possible en cas d'exposition prolongée et un risque de crampes de chaleur apparaît si les activités se poursuivent normalement. Cette température pourrait constituer le « seuil déclencheur d'action » du nouveau modèle d'alerte.

Ensuite, nous avons étudié les liens entre températures extérieures et stress thermique intérieur, afin d'identifier, en termes de probabilité, les seuils de température extérieure qui influent sur l'exposition à la chaleur intérieure à l'échelle d'un quartier urbain. Enfin, nous avons comparé nos résultats avec le service local (britannique) d'alerte à la chaleur pour illustrer les alertes potentielles de stress thermique à l'intérieur des bâtiments, et discuté des implications pour la planification à long terme en matière de santé et chaleur, notamment pour les populations vulnérables.

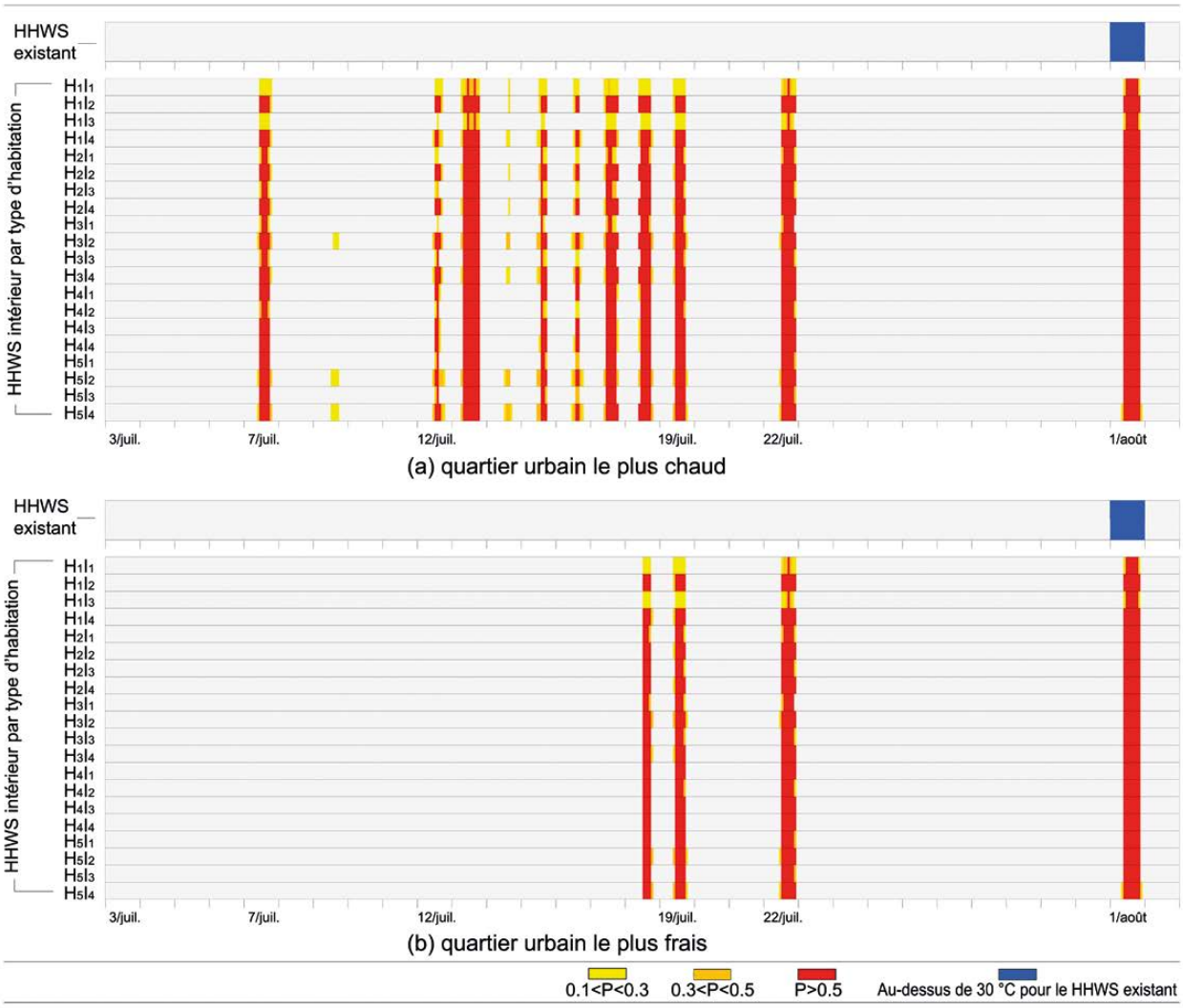
Les résultats révèlent des variations significatives des seuils de température extérieure à partir desquels un stress thermique intérieur est constaté parmi les 20 différents types de logements de référence. Sur la base de ces résultats, nous avons cartographié les alertes de chaleur intérieure qui auraient pu être émises, pour les comparer aux alertes de chaleur locales existantes ***(Illustration 1)***.

En outre, pour les années à venir, nous avons prédit le nombre de jours où les logements urbains subiraient un stress thermique intérieur dans les deux quartiers pendant l'été (du 1er juin au 15 septembre, soit 107 jours) sur la base des prévisions de températures maximales quotidiennes disponibles à l'échelle locale (par exemple, UKCP18). Pour tenir compte des incertitudes liées à la sélection du scénario de changement climatique le plus approprié au contexte local, nous avons utilisé tous les modèles climatiques disponibles (12 scénarios) pour illustrer la tendance générale de l'exposition locale à la chaleur.

11 Une démonstration de principe vise à vérifier si une théorie pourrait être appliquée dans le monde réel (sa « faisabilité »). C'est généralement l'une des premières étapes du développement d'une innovation, d'un processus ou d'une théorie. Ici, notre « preuve de concept » est basée sur une étude réalisée en 2023 au Royaume-Uni.

12 Yi, W., Liu, H., Zhang, L., et al. (2023). Modelling urban dwellers' indoor heat stress to enhance heat-health warning and planning [Modélisation du stress thermique à l'intérieur des habitations urbaines en vue d'améliorer l'alerte et la planification en matière de santé liée à la chaleur]. Building and Environment, 245, 110623. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110623.

Illustration 1 : Comparaison des alertes potentielles de chaleur intérieure entre le quartier le plus chaud de Birmingham et le quartier le plus frais, par rapport au HHWS existant (2013)

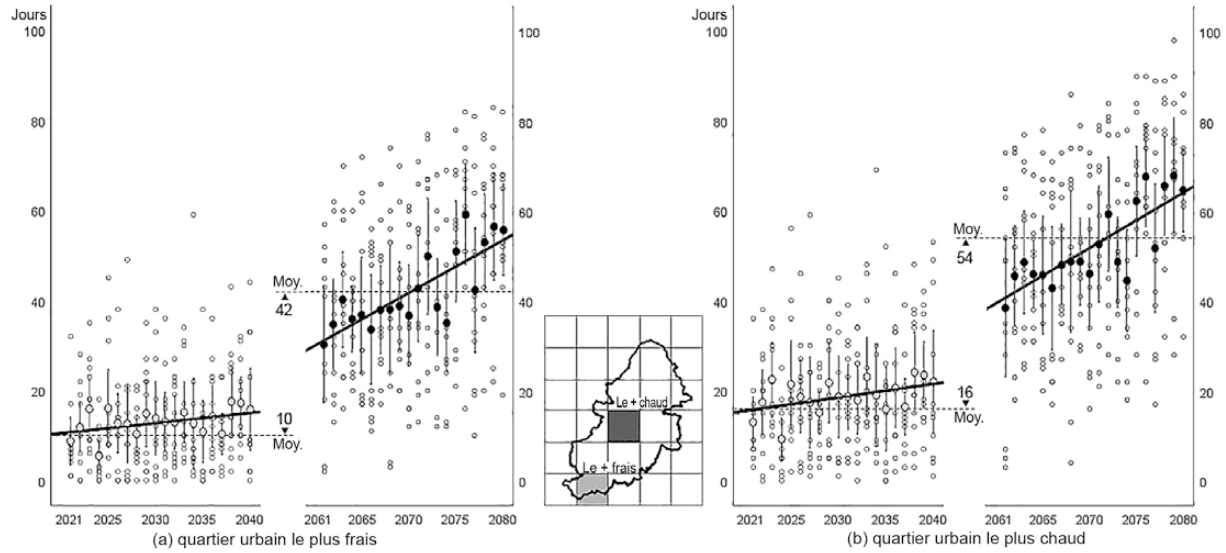


Dans le cadre de la planification à court terme, un système d'alerte sanitaire à la chaleur intérieure (iHHWS) basé sur les probabilités et codé par couleur a été développé pour les populations de chaque type de logement (H_1I_1 – H_5I_4) à Birmingham. Ce système a été appliqué du 3 juillet au 2 août 2013 dans différents quartiers (plus ou moins chauds). Cette approche a été comparée au système local d'alerte chaleur et santé (HHWS), qui émet des alertes sur la base d'un seuil de 30 °C de température maximale journalière de l'air pendant la journée. Les schémas ci-dessus montrent comment les caractéristiques des bâtiments et le microclimat urbain auraient influencé l'émission d'une alerte du HHWS. Les barres de couleur (jaune-ambre-rouge) indiquent la probabilité horaire d'occurrence du stress thermique intérieur (sur l'axe des x), où une alerte aurait pu être émise pour chaque type de logement (axe des y), et le carré bleu indique le jour où l'alerte a été émise.

Source : Yi et. al, 2023.

Enfin, ***l'illustration 2*** prouve que la planification chaleur-santé doit tenir compte du stress thermique intérieur des habitations urbaines au niveau local, en considérant les différences à moyen (2021-2040) et long terme (2061-2080). Il montre également que même dans un contexte climatique local unique, l'exposition intérieure des habitations urbaines au stress thermique est très variable. Il est essentiel de comprendre la relation entre le climat, les bâtiments et les occupants pour protéger et promouvoir la santé et le bien-être des citadins au fil du temps, à mesure que les projections du changement climatique évoluent. En améliorant la planification en matière de santé et de chaleur, nous pouvons mieux évaluer et identifier les personnes à risque, à quel moment et à quel endroit, dans les climats actuels et futurs. Ces connaissances permettront d'élaborer des stratégies d'adaptation ou d'atténuation locales efficaces.

Illustration 2 : **Comparaison de la durée prévisionnelle de stress thermique intérieur entre le quartier le plus chaud de Birmingham et le quartier le plus frais, à moyen et long terme**



Ces graphiques illustrent les différences locales dans le nombre de jours prévu où les habitations urbaines subiront un stress thermique intérieur (seuil « prudence » fixé à >26,7 °C_{HI}) pendant la période estivale (du 1er juin au 15 septembre) pour les deux zones locales sélectionnées (les quartiers urbains le plus chaud et le plus froid) à Birmingham (R.-U.), dans les années à venir. Ils soulignent que le décalage entre les quartiers les plus chauds et les plus frais devrait s'accentuer à l'avenir (avec une différence dans les valeurs médianes de 6 à 12 jours entre les quartiers). En effet, des variations locales sont à prévoir dans la hausse des températures prévue au cours des prochaines décennies.

Source : Yi et. al, 2023.

APPLICATIONS AU CONTEXTE DES MAISONS DE RETRAITE

Cette démonstration de faisabilité montre qu'il est possible d'utiliser des techniques de simulation énergétique des bâtiments pour évaluer la situation thermique intérieure à différentes échelles, du quartier à la ville entière. Cette approche pourrait aider les systèmes de santé publique à faire face au changement climatique. Des recherches supplémentaires seront toutefois nécessaires pour cibler précisément les groupes vulnérables.

« La probabilité d'une hausse de la demande de refroidissement sera un défi majeur à relever face à l'objectif zéro émission dans les années à venir. Il convient donc de rénover les maisons de retraite pour les adapter au changement climatique et de trouver un équilibre entre santé et consommation d'énergie pour refroidir les locaux. »

Compte tenu des facteurs chaleur-santé mentionnés plus haut, une attention particulière doit être accordée aux résidents des maisons de retraite. Selon un recensement mené au Royaume-Uni[13], environ 82 % des résidents des maisons de retraite en Angleterre et au Pays de Galles étaient âgés de 65 ans ou plus en 2021. La santé est un facteur important : seuls 18,7 % des résidents des maisons de retraite âgés de 65 ans ou plus déclaraient être en bonne ou très bonne santé générale, tandis que 31,8 % déclaraient être en mauvaise ou très mauvaise santé. En outre, parmi cette population, 70,9 % étaient en situation de handicap, ce qui implique un manque d'autonomie vis-à-vis de la chaleur. La prévalence moyenne des personnes atteintes de démence dans les maisons de retraite britanniques, qui s'élève à environ 70 %[14], est à prendre en compte, car cette population n'est souvent pas en mesure de communiquer ou d'exprimer un inconfort thermique[15]. Ainsi, les maisons de retraite ont connu une hausse importante du nombre de décès (9,2 % au-dessus de la moyenne des cinq dernières années) pendant les épisodes de chaleur de 2022 ***(Illustration 3)***.

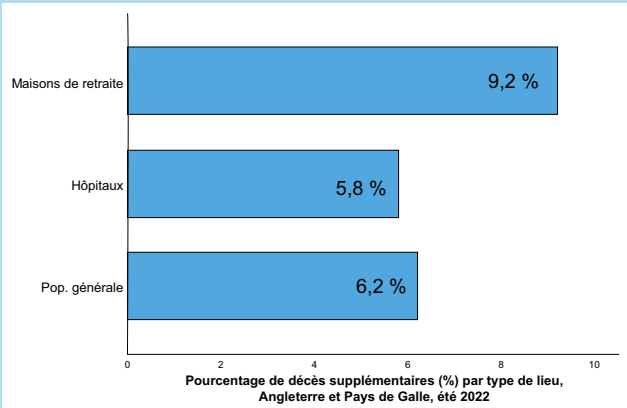
Comment réduire les risques liés au réchauffement climatique pour les personnes vivant en maison de retraite ? Les principes généraux de l'OMS

13 Office for National Statistics. (2023). Older people living in care homes in 2021 and changes since 2011 [Personnes âgées vivant dans des établissements de soins en 2021 et changements depuis 2011]. https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/birthsdeathsandmarriages/ageing/articles/olderpeoplelivingincarehomesin2021andchangessince2011/2023-10-09.

14 Alzheimer's Society. (2019). Facts for the media about dementia [Faits concernant la démence à l'intention des médias]. https://www.alzheimers.org.uk/about-us/news-and-media/facts-media.

15 Yi, W., Liu, H., Zhang, L., et al. (2022). Thermal comfort modelling of older people living in care homes: An evaluation of heat balance, adaptive comfort, and thermographic methods [Modélisation du confort thermique des personnes âgées vivant dans des maisons de soins : Une évaluation du bilan thermique, du confort adaptatif et des méthodes thermographiques]. Building and Environment, 207, 108550. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108550.

Illustration 3 : Pourcentage de surmortalité (%) par lieu, Angleterre et Pays de Galles, été 2022



Ce graphique présente le pourcentage de surmortalité (%) par rapport à la moyenne quinquennale selon les lieux, en Angleterre et au Pays de Galles, pendant les cinq canicules entre juin et août 2022, incluant les jours de températures record[16]

Source : Office for national statistics, 2022.

pour la planification chaleur-santé suggèrent d'adopter des stratégies à long terme pour atténuer le changement climatique en adaptant l'environnement bâti. Ces stratégies devraient s'aligner sur l'objectif mondial visant à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, tout en limitant le réchauffement de la planète à 1,5 °C au-dessus des niveaux de l'ère préindustrielle. Étant donné la capacité du cadre de modélisation proposé à identifier les types de bâtiments (et leurs occupants) à risque, des interventions spécifiques visant à assurer un refroidissement optimal des locaux peuvent être mises en place au niveau de chaque bâtiment, voire de chaque pièce.

Par exemple, maintenir la fraîcheur à l'intérieur peut être une solution pour réduire les risques sanitaires liés à la chaleur. Si des mesures de refroidissement passif peuvent être envisagées en premier lieu, elles ne seront pas suffisantes dans certains contextes climatiques, comme les régions chaudes et humides où un refroidissement mécanique est à envisager. La probabilité d'une hausse de la demande de refroidissement sera un défi majeur à relever face à l'objectif zéro émission dans les années à venir. Il convient donc de rénover les maisons de retraite pour les adapter au changement climatique et de trouver un équilibre entre santé et consommation d'énergie pour refroidir les locaux. C'est l'objet de notre projet de recherche *« Renovating Care Homes Fit for the Future Balancing Indoor Heat Stress Risk Mitigation with Net Zero Ready by 2050 »*[17], financé par le Fonds AXA pour la recherche.

Si la simulation énergétique peut informer des stratégies contextuelles et des pistes de rénovation pour les maisons de retraite, elle nécessite une précision spatiale plus fine des prévisions climatiques locales. Une fois ce travail achevé, nous disposerons d'une base solide pour évaluer l'efficacité des mesures de rénovation, grâce à l'adaptation sur site.

CONCLUSION

Dans cet article, nous avons abordé la nécessité d'un cadre solide pour faciliter les alertes chaleur-santé et les efforts de planification urbaine. Il est essentiel de mettre en lumière les variations des risques sanitaires liés à la chaleur à l'intérieur des bâtiments dans le contexte des prévisions liées au changement climatique. Selon notre étude, les conditions météorologiques extérieures peuvent prédire la répartition du stress thermique local à l'intérieur des bâtiments dans les climats actuels et futurs. Il est nécessaire d'appliquer cette approche aux populations vulnérables vivant en maison de retraite, en tenant compte des facteurs de vulnérabilité des résidents face à la chaleur.

Cette réflexion sur l'aménagement intérieur est de plus en plus pressante à mesure que la population vieillit : 22 % de la population mondiale aura plus de 60 ans d'ici 2050, contre 12 % en 2015[18]. Au niveau mondial, l'espérance de vie a augmenté de plus de 6 ans entre 2000 et 2019, passant de 66,8 ans à 73,4 ans[19]. L'espérance de vie en bonne santé a également augmenté de 8 % pour atteindre 63,7 ans en 2019, ce qui implique un besoin de soins ou d'assistance à partir de cet âge.

Pour répondre à une évolution rapide de la démographie et au changement climatique, il est urgent de repenser l'exposition à la chaleur à l'intérieur des maisons de retraite, à l'échelle municipale ou régionale. Il sera ainsi plus simple de mettre en œuvre des alertes ou des plans d'action. Le projet *« Renovating Care Homes Fit for the Future »* en cours vise à trouver un équilibre entre l'atténuation du stress thermique et l'objectif de parvenir à des maisons de retraite « nettes zéro » d'ici 2050. Une meilleure compréhension de la relation entre le climat, les bâtiments et les personnes contribuera à protéger et à promouvoir la santé et le bien-être des populations âgées vivant en maison de retraite.

16 Office for National Statistics. (2022). Excess mortality during heat-periods: 1 June to 31 August 2022 [Surmortalité pendant les périodes de chaleur : du 1er juin au 31 août 2022.]. https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/birthsdeathsandmarriages/deaths/articles/excessmortalityduringheatperiods/englandandwales1juneto31august2022#excessdeaths-during-heat-periods-by-place-of-occurrence.

17 AXA Research Fund. (2023). Future-ready care homes: Reducing indoor heat stress while achieving net zero [Des maisons de soins prêtes pour l'avenir : Réduire le stress thermique à l'intérieur des bâtiments tout en atteignant l'objectif net zero.]. https://axa-research.org/funded-projects/climateenvironment/future-ready-care-homes-reducing-indoor-heat-stress-while-achievingnet-zero.

18 World Health Organization. (2022). Ageing and health [Vieillissement et santé]. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health#:~:text=The%20pace%20of%20population%20ageing,from%2012%25%20to%2022%25.

19 World Health Organization. (2021). Global health estimates: Life expectancy and healthy life expectancy [Estimations de la santé dans le monde : Espérance de vie et espérance de vie en bonne santé]. World Health Organization. https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghe-life-expectancy-and-healthy-life-expectancy.

Des environnements urbains sains et résilients face au climat :

Des constats à l'action

Melanie Lowe
Chercheuse senior au Vice-Chancellor's Research Fellowships du Centre de recherche urbaine de la RMIT University, en Australie, et chercheuse postdoctorante du Fonds AXA pour la Recherche

Melanie Lowe est chercheuse postdoctorante du Fonds AXA pour la Recherche et chercheuse sénior du Vice-Chancellor au Centre de recherche urbaine de la RMIT University, en Australie. Le travail de Melanie Lowe porte sur les méthodes de planification des villes saines et résilientes et la mise au point d'indicateurs fondés sur les preuves, en vue de surveiller et d'informer les politiques. Elle travaille à la croisée de l'urbanisme et de la santé publique et collabore avec des chercheurs et diverses instances internationales. Elle est codirectrice du Global Observatory of Healthy and Sustainable Cities, qui partage des données et des indicateurs sur la conception et la planification urbaines saines et durables pour des villes du monde entier.

Les infrastructures et les environnements urbains jouent un rôle essentiel en matière de santé humaine et planétaire. En effet, les villes résilientes au changement climatique peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé, par exemple en encourageant des modes de vie actifs et bas carbone, et en aidant les populations urbaines à survivre, s'adapter et prospérer. Les municipalités peuvent s'appuyer sur des indicateurs tels que ceux du Global Observatory of Healthy and Sustainable Cities pour orienter leurs politiques d'urbanisme et de transport, afin de rendre leurs villes plus saines et résilientes. Ces municipalités et leurs instances dirigeantes devraient favoriser les transports actifs et publics, les quartiers à usage mixte, la végétalisation urbaine et la biodiversité. Elles doivent également veiller à réduire l'exposition des habitants à la pollution atmosphérique, aux canicules et aux autres phénomènes météorologiques extrêmes. La réduction des inégalités en la matière - exposition aux risques et accès à des environnements urbains résilients - devrait être au cœur de la planification urbaine. Pour effectuer la transformation des environnements urbains, nécessaire pour atténuer les effets du changement climatique sur la santé, nous devons adopter une approche coordonnée et fondée sur des données probantes, entre différents secteurs et différents niveaux de gouvernance.

INTRODUCTION

Les environnements urbains, qui abritent la majeure partie de la population mondiale, constituent un habitat humain essentiel. La santé et le changement climatique comptent parmi les plus grands défis des zones urbaines au XXI[ème] siècle, comme en attestent les Objectifs de développement durable (ODD) des Nations unies. Les villes sont l'un des principaux moteurs du changement climatique, puisqu'elles produisent 75 % des émissions mondiales de GES liées à l'énergie, dont 24 % proviennent du transport routier[1]. En outre, les populations urbaines subissent une aggravation des effets du changement climatique sur leur santé, avec des menaces directes et indirectes, telles que les phénomènes météorologiques extrêmes, les maladies liées au réchauffement climatique, les déplacements involontaires, l'insécurité alimentaire, les dommages physiques causés aux bâtiments et la perte de revenus.

Cependant, il est possible de transformer les environnements urbains dans le bon sens, pour promouvoir la santé et la résilience climatique. Cet article souligne notamment l'importance de la résilience et des indicateurs permettant de suivre les progrès accomplis. Nous verrons comment des interventions ciblées en matière d'urbanisme et de transport peuvent contribuer à préserver la santé humaine et l'environnement.

1 Giles-Corti, B., Moudon, A. V., Lowe, M., Cerin, E., Boeing, G., Frumkin, H., et al. (2022). What next? Expanding our view of city planning and global health, and implementing and monitoring evidence-informed policy [Quelles sont les prochaines étapes ? Élargir notre vision de l'urbanisme et de la santé mondiale, et mettre en œuvre et suivre une politique fondée sur des données probantes.]. The Lancet Global Health, 10(6), e919–e926. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(22)00158-1.

LE DÉFI DE LA RÉSILIENCE CLIMATIQUE URBAINE

Notre série *Lancet Global Health* de 2022 sur l'aménagement urbain, les transports et la santé montre l'urgence qu'il y a à élaborer et mettre en œuvre des politiques favorables à des environnements urbains sains et résilients, avec des approches fondées sur des données probantes[2]. Les environnements urbains sont façonnés par des politiques définies dans le cadre de différents secteurs : transports, logement, espaces publics ouverts, aménagement urbain... Ces espaces influencent les habitudes de déplacement, les modes de vie, l'accès aux services et aux opportunités économiques, ainsi que les émissions de GES. Certains risques sanitaires propres à la ville, tels que la pollution atmosphérique, les îlots de chaleur, la perte de biodiversité et les défaillances des infrastructures, sont exacerbés par le changement climatique. Par exemple, des canicules plus fréquentes et plus sévères renforcent le risque de stress thermique, surtout quand les espaces verts et le couvert forestier sont limités.

Globalement, les risques climatiques et les impératifs d'atténuation n'ont pas été suffisamment pris en compte dans la planification urbaine, comme le souligne le dernier rapport du GIEC. Cela se traduit, bien souvent, par un étalement urbain non contrôlé, dans des zones sujettes aux inondations ou aux incendies, et par l'apparition de banlieues uniquement accessibles en voiture, avec une densification de l'habitat, et un manque d'espaces verts et d'aménagements. Il existe des inégalités importantes dans l'exposition aux risques, les populations défavorisées ayant un accès plus limité aux environnements urbains de qualité et résilients. Dans les plus grandes villes d'Australie, par exemple, les quartiers défavorisés sont moins bien équipés pour les piétons, réduisant leur qualité de vie.

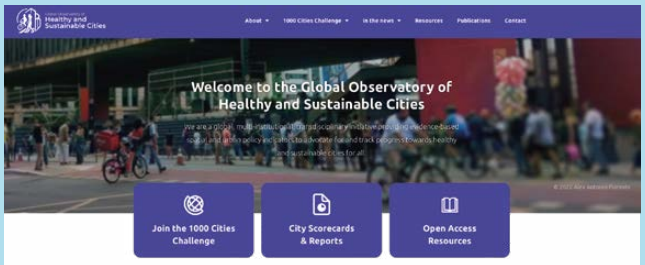
« Globalement, les risques climatiques et les impératifs d'atténuation n'ont pas été suffisamment pris en compte dans la planification urbaine. »

Les urbanistes doivent s'efforcer de créer des environnements urbains résilients face aux conséquences sanitaires du changement climatique. La résilience urbaine désigne la capacité des villes et de leurs habitants à résister, à s'adapter et à se transformer positivement face aux crises et à la pression, notamment climatiques[3]. Dans cette perspective, la menace du changement climatique peut être vue comme une opportunité de transformation positive des environnements urbains, afin d'optimiser la santé et la résilience future. En effet, les villes résilientes au changement climatique peuvent avoir de multiples effets bénéfiques sur la santé, par exemple en encourageant des modes de vie actifs et bas carbone, et en aidant les populations urbaines à survivre, s'adapter et prospérer face aux crises et à la pression liées au climat. Le changement climatique et la santé peuvent ainsi être abordés de manière complémentaire et mutuellement bénéfique dans les villes. Les municipalités ont un rôle essentiel à jouer dans l'élaboration de politiques globales, fondées sur des données probantes, visant à obtenir des résultats pour la santé humaine et planétaire.

DES INDICATEURS POUR MESURER ET CONTRÔLER LES ENVIRONNEMENTS URBAINS

Les municipalités peuvent s'appuyer sur des indicateurs pour se fixer des priorités fondées sur des données probantes et évaluer les progrès accomplis, notamment pour les actions qui ont une incidence sur la santé urbaine et la résilience climatique. Entre autres initiatives liées aux indicateurs urbains au niveau mondial, citons le Cadre mondial de suivi des zones urbaines d'ONU-Habitat, publié en 2022, qui mesure les objectifs de villes sûres et pacifiques, inclusives, résilientes et durables. Les ODD de l'ONU comprennent un objectif spécifique et des indicateurs associés axés sur les villes (ODD 11, Villes et communautés durables). Il existe également de nombreux observatoires urbains et outils développés par des organisations gouvernementales, non gouvernementales et de recherche. Je codirige l'une de ces initiatives : le Global Observatory of Healthy and Sustainable Cities[4]. L'Observatoire est une plateforme internationale, collaborative et ouverte pour le partage d'indicateurs politiques et spatiaux qui évaluent la santé, la résilience et la durabilité des villes dans le monde. Créé par un groupe de chercheurs et de praticiens du monde entier, l'Observatoire fournit des indicateurs comparables et fondés sur des données probantes, des feuilles de score des villes et des rapports, afin d'éclairer la politique et la planification urbaines. Nous étendons le nombre de villes incluses grâce au 1000 Cities Challenge, en invitant chercheurs, urbanistes, militants et scientifiques spécialistes des données géospatiales à utiliser nos outils en *open source* pour générer des indicateurs correspondant à leur ville. Par une approche scientifique ouverte et en engageant des collaborateurs locaux, nous invitons chacun à influencer positivement les politiques et les pratiques d'urbanisme, pour le bien de la santé humaine, des écosystèmes et de la planète.

Illustration 1 : **Le Global Observatory of Healthy and Sustainable Cities**



2 Lowe, M., Adlakha, D., Sallis, J. F., Salvo, D., Cerin, E., Moudon, A. V., et al. (2022). City planning policies to support health and sustainability: An international comparison of policy indicators for 25 cities [Politiques d'aménagement urbain en faveur de la santé et de la durabilité : Une comparaison internationale d'indicateurs politiques pour 25 villes]. The Lancet Global Health, 10(6), e882-e894. https://doi.org/10.1016/j.lancetgh.2022.04.013.

3 Lowe, M., Bell, S., Briggs, J., McMillan, E., Morley, M., Grenfell, M., et al. (2024). A research-based, practice-relevant urban resilience framework for local government [Un cadre de résilience urbaine fondé sur la recherche et adapté à la pratique pour les collectivités locales]. Local Environment, 1-16. https://doi.org/10.1080/13549839.2024.2092341:contentReference[oaicite:0]{index=0}:contentReference[oaicite:1]{index=1}.

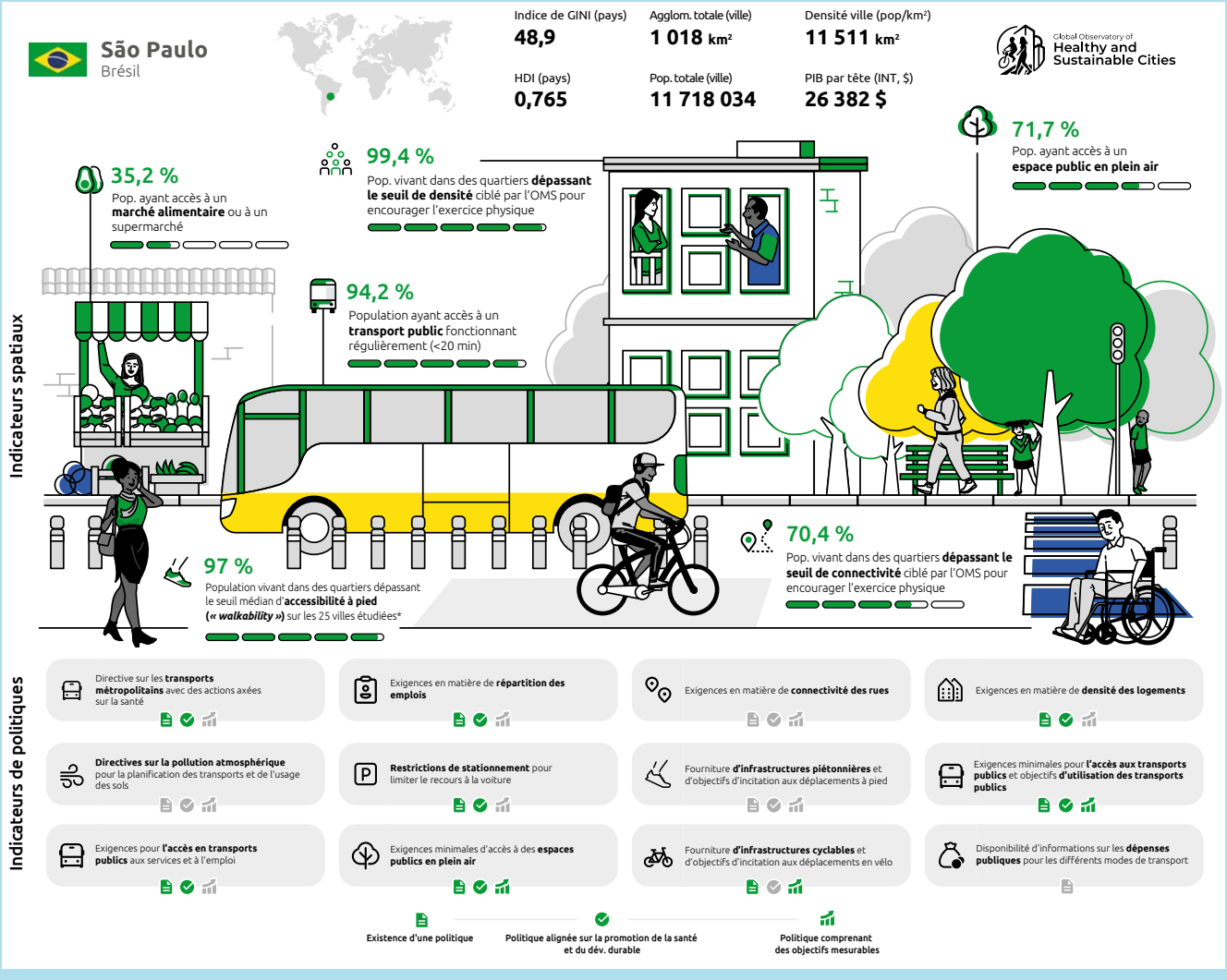
4 Global Healthy and Sustainable City-Indicators Collaboration. (2022). Global Observatory of Healthy and Sustainable Cities [Observatoire mondial des villes saines et durables]. Washington University in St. Louis. https://www.healthysustainablecities.org/.

Les indicateurs de l'Observatoire évaluent un large éventail de politiques qui déterminent la santé et la résilience des environnements urbains. Il s'agit notamment des normes en matière de densité de logement, d'infrastructures piétonnières, d'accès aux transports publics et aux espaces publics en plein air, d'adaptation aux risques de catastrophes et d'atténuation de ces risques, de pollution atmosphérique, de végétalisation urbaine et de protection de la biodiversité. Ces indicateurs permettent d'identifier les points forts et les limites des politiques. À titre d'exemple, le test initial des indicateurs effectué sur 25 villes a montré que São Paulo, au Brésil, avait des politiques de meilleure qualité que nombre de municipalités de pays à revenu élevé[5]. Celles-ci étaient plus précises, plus mesurables et mieux alignées sur les résultats de la recherche en matière de santé dans les villes. Les indicateurs permettent notamment de déterminer si les municipalités ont des objectifs fondés sur des données probantes. Par exemple, nous avons constaté qu'Odense, au Danemark, avait un objectif exemplaire concernant le vélo, devant représenter 45 % des déplacements professionnels d'ici à 2028. En revanche, Melbourne, en Australie, s'est fixé un objectif de densité de 20 logements par hectare, ce qui n'est pas favorable aux déplacements à pied.

Les indicateurs spatiaux disponibles auprès de l'Observatoire mesurent l'accès aux infrastructures urbaines, comme les espaces publics en plein air, les transports publics, la possibilité de se déplacer à pied, la connectivité des rues et la présence de magasins d'alimentation saine. Grâce au Fonds AXA pour la recherche, de nouveaux indicateurs spatiaux de résilience au climat, applicables à l'échelle mondiale et en libre accès, sont en cours de développement, notamment la végétalisation urbaine, la qualité de l'air et l'exposition à la chaleur. Ces indicateurs peuvent être cartographiés pour mettre en évidence les disparités au sein des villes ou d'une ville à l'autre. Par exemple, de nombreuses villes américaines et australasiennes déjà étudiées ne sont pas favorables aux déplacements à pied, notamment dans les banlieues. L'indicateur relatif aux transports publics montre aussi que 62 % de la population de Bangkok, en Thaïlande, a accès à un arrêt desservi régulièrement, contre 3 % à Chennai,

5 Cf. référence de la note de bas de page n° 4.

Illustration 2 : Fiche d'évaluation de São Paulo incluse dans l'Observatoire mondial des villes saines et durables



en Inde[6]. Les municipalités du monde entier peuvent s'appuyer sur ces indicateurs pour se fixer des objectifs fondés sur des données probantes. Enfin, en étudiant ces données au fil du temps, il devient possible de suivre les évolutions et d'ajuster les politiques.

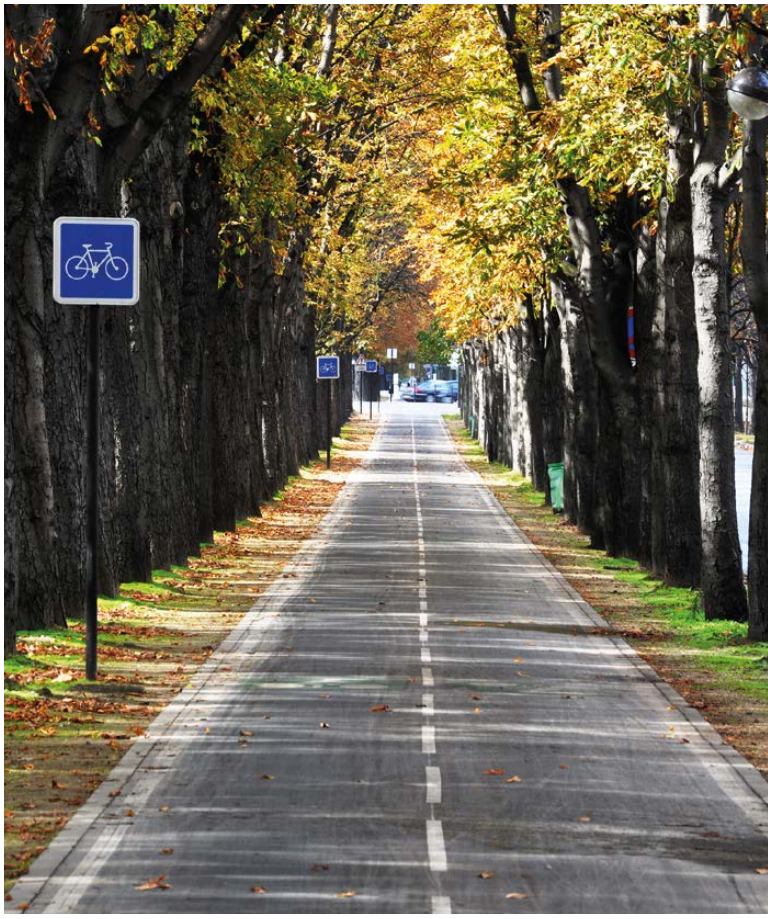
CRÉER DES ENVIRONNEMENTS URBAINS SAINS ET RÉSILIENTS

L'urbanisme joue un rôle clé dans la création d'environnements urbains sains et résilients. Pour protéger la santé, les urbanistes et les dirigeants doivent veiller à ce que les zones urbaines soient capables de résister aux perturbations inévitables et de s'en remettre rapidement. Il s'agit notamment de gérer les situations d'urgence, de garantir la solidité des logements et des infrastructures essentielles et d'interdire (ou de limiter considérablement) le développement dans les zones exposées aux risques climatiques tels que les inondations et les feux de brousse. Toutefois, pour préserver la santé et la résilience, il faudra également s'adapter, innover à grande échelle et transformer les modes de planification, d'approvisionnement et de gestion des environnements urbains existants et futurs. Les projets pilotes et les modifications tactiques et temporaires des espaces publics, comme la transformation de places de parking en espaces piétonniers élargis de type « parklets », permettent de tester des idées, avant de les intégrer éventuellement pour les financer à long terme.

« L'urbanisme joue un rôle clé dans la création d'environnements urbains sains et résilients. Pour protéger la santé, les urbanistes et les dirigeants doivent veiller à ce que les zones urbaines soient capables de résister aux perturbations inévitables et de s'en remettre rapidement. »

Plusieurs priorités émergent pour adapter et transformer la planification urbaine. Il convient notamment de favoriser les transports actifs et publics plutôt que les véhicules motorisés privés. Les premiers, tels que la marche et le vélo, présentent de multiples co-bénéfices pour la santé et l'environnement[7] : moins de GES, amélioration de la qualité de l'air, activité physique. Des transports publics efficaces sont également essentiels pour garantir un accès équitable aux emplois, aux commerces et aux services à l'échelle régionale. La transition vers les véhicules électriques contribue à réduire les émissions de GES et la pollution, mais ils ne favorisent pas l'exercice physique et n'offrent donc qu'une solution partielle. Il est possible de limiter le recours aux voitures par diverses mesures : péages pour les centres-villes, restrictions de stationnement, limitation de la circulation et interdiction de circuler dans certaines rues. Depuis la mise en place du système de péage pour le centre-ville de Londres en 2003, la circulation a baissé de 33 %. Toutefois, les villes les plus performantes utilisent généralement une combinaison de mesures politiques qui encouragent des choix de transport plus durables tout en restreignant l'usage et le stationnement des voitures.

Les quartiers où l'occupation des sols est diversifiée favorisent l'accès à pied aux destinations de la vie quotidienne. Les objectifs en faveur de la vie locale, qui ont suscité un grand intérêt après la pandémie, se sont traduits par différentes mesures à l'échelle internationale. Par exemple, Paris s'est fixé pour objectif de devenir la « ville du quart d'heure », avec des services et infrastructures du quotidien accessibles aux habitants en 15 minutes à pied ou à vélo depuis leur domicile. Melbourne s'est fixé pour objectif la création de « quartiers de 20 minutes », tandis que Portland, aux États-Unis, s'oriente vers le concept de « quartiers complets ». Pour optimiser les effets sur la santé de leurs habitants, les quartiers doivent intégrer des destinations variées, des infrastructures de grande qualité pour les piétons et les cyclistes, ainsi que des logements de haute densité bien conçus, qui protègent les résidents des événements météorologiques extrêmes et de la pollution atmosphérique. Il est possible d'éviter en partie la pollution atmosphérique en implantant les immeubles d'habitation et les écoles loin des grands axes routiers et en limitant la pollution industrielle dans les zones résidentielles (par exemple, en réglementant les distances tampons). Il convient aussi de réduire au plus vite les émissions de GES, avec des changements dans l'affectation des sols et la construction, notamment en modernisant les bâtiments et les espaces publics existants plutôt qu'en démolissant et en reconstruisant.



6 Boeing, G., Higgs, C., Liu, S., Giles-Corti, B., Sallis, J. F., Cerin, E., et al. (2022). Using open data and open-source software to develop spatial indicators of urban design and transport features for achieving healthy and sustainable cities [Utilisation de données ouvertes et de logiciels libres pour développer des indicateurs spatiaux de l'aménagement urbain et des caractéristiques des transports en vue de créer des villes saines et durables]. The Lancet Global Health, 10(6), e907–e918. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(22)00072-9:contentReference[oaicite:0]{index=0}.

7 Il y a co-bénéfices quand une politique ou une intervention a des effets positifs simultanés sur plusieurs objectifs (par exemple, la promotion de la santé humaine et le développement durable).

Les solutions fondées sur la nature[8] peuvent contribuer à végétaliser les villes et à améliorer la biodiversité, pour limiter la chaleur en ville, la pollution atmosphérique et la séquestration du carbone, tout en améliorant la santé mentale des habitants, en renforçant leur accès à la nature[9]. En se fondant sur les données, les mesures suggérées incluent notamment la création d'espaces verts dans les zones mal desservies, ce qui peut également favoriser l'activité sociale et physique. Renforcer la densité de la canopée et du couvert végétal (rétention et plantation d'arbres, murs végétalisés et plates-bandes de rues) peut contribuer à rafraîchir les environnements urbains. Une conception sensible à la biodiversité est nécessaire pour protéger les zones naturelles et les corridors verts, ainsi que pour maintenir et améliorer la diversité des espèces endémiques. Par exemple, pour améliorer la santé et la qualité de vie des citoyens pendant les sécheresses et les canicules, la municipalité de Barcelone encourage la végétalisation, notamment par la plantation d'arbres, dans le cadre de son Plan directeur pour les arbres 2017-2037. Le plan vise 40% d'espèces d'arbres résistantes au changement climatique et une atténuation des îlots de chaleur, en faisant passer le couvert forestier de la ville de 5% à 30%.

La mise en œuvre de ces interventions en matière d'urbanisme et de transport nécessite une politique intégrée, fondée sur des données, et une coordination entre les municipalités et les secteurs publics et privés[10]. En effet, aligner les mesures et les engagements financiers entre les secteurs et les différents niveaux de gouvernance responsables de l'aménagement urbain, permet d'éviter les mesures contre-productives et les éventuels effets négatifs.

« L'équité géographique et sanitaire devrait également être un élément déterminant de la prise de décision, afin de garantir à tous l'accès à des environnements urbains sains et résilients. »

L'évaluation des impacts sur la santé (Health Impact Assessment) est une approche permettant de déterminer les impacts potentiels sur la santé liés à des propositions de développement, des projets ou des politiques majeurs, afin de garantir que les considérations de santé soient intégrées dans tous les aspects de la planification urbaine. Elle peut être utilisée en parallèle ou combinée avec l'évaluation des impacts environnementaux pour aborder de manière synergique les enjeux de santé et d'environnement.

L'inclusion est une qualité essentielle des systèmes urbains résilients[11]. Les communautés doivent être impliquées dans les décisions d'urbanisme qui concernent leur quartier et leur vie quotidienne. Les pouvoirs publics doivent offrir des possibilités d'engagement communautaire à tous les stades de la planification, depuis l'identification des problèmes jusqu'à la conception et la mise en œuvre de solutions sur le terrain. La budgétisation participative[12], par le biais de mesures de « codécision », permet aux citoyens de s'engager activement dans la gouvernance locale. L'Amérique latine, qui a lancé les premières expériences de ce type à la fin des années 1980, compte aujourd'hui près d'un tiers des initiatives mondiales en matière de budget participatif. À Paris, ce modèle de prise de décision collective contribuera à la création de la troisième forêt urbaine de la ville.

L'équité géographique et sanitaire devrait également être un élément déterminant de la prise de décision, afin de garantir à tous l'accès à des environnements urbains sains et résilients. Des informations spatiales, par quartier, peuvent contribuer à des politiques et interventions ciblées, réduisant les inégalités d'accès aux infrastructures et aux transports, et donc à la santé et au bien-être.

8 Les Solutions fondées sur la Nature sont des actions qui s'appuient, pour relever les défis sociétaux, sur la protection, la gestion durable et la restauration des écosystèmes, bénéficiant à la biodiversité et au bien-être humain (définition de l'UICN).

9 Cf. référence de la note de bas de page n° 2.

10 Cf. référence de la note de bas de page n° 4.

11 Cf. référence de la note de bas de page n° 7.

12 Le budget participatif est un processus démocratique par lequel les communautés décident de l'affectation d'une partie du budget public.

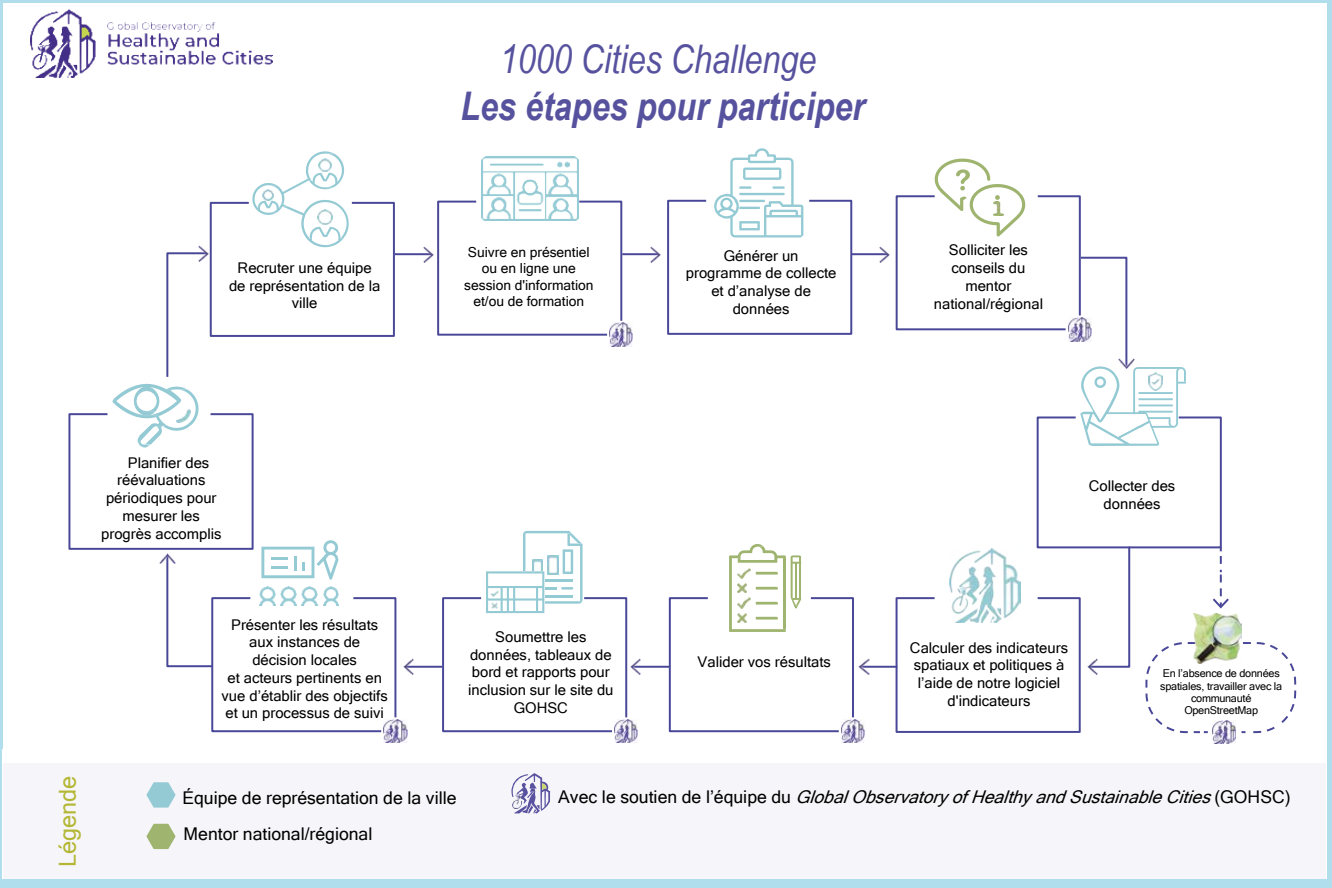
Il convient d'intégrer des objectifs clairs et mesurables aux politiques, afin de faciliter leur mise en œuvre et de renforcer les responsabilités. Ces objectifs doivent se fonder sur des données probantes, et être suffisamment ambitieuses pour susciter les changements nécessaires et empêcher les villes de perpétuer des schémas de développement urbain malsains[13]. Les urbanistes et les autorités peuvent se fonder sur des indicateurs, comme ceux de l'Observatoire mondial, pour identifier les questions prioritaires et mesurer les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs de leurs politiques. **L'illustration 3** ci-dessous présente le parcours à suivre pour participer au défi *1000 Cities Challenge* de l'Observatoire. Les participants reçoivent une aide pour calculer les indicateurs correspondant à leur ville, produire un rapport et un tableau de bord et présenter les résultats aux instances locales et aux autres acteurs concernés. Ces indicateurs peuvent ainsi contribuer à définir des objectifs et suivre l'avancement au niveau local.

CONCLUSION

Les zones urbaines contribuent de manière significative aux impacts sanitaires du changement climatique, et les subissent de façon disproportionnée. Toutefois, elles peuvent ainsi devenir le fer de lance de la résilience climatique. Les villes doivent être capables de résister, de se rétablir, de s'adapter et de se transformer de manière à maximiser les co-bénéfices pour la santé et le climat. Cela implique de se préparer aux effets non évitables, tout en accélérant la transition vers le net zéro afin de prévenir un changement climatique incontrôlable. Une coordination intersectorielle intégrée s'impose, pour créer des quartiers favorisant un mode de vie local et durable et réduisant l'exposition aux risques liés au changement climatique, à savoir pollution atmosphérique, îlots de chaleur et phénomènes météorologiques extrêmes. Les municipalités doivent travailler de concert pour atténuer et prévenir les conséquences sur la santé, et partager mesures et bonnes pratiques avec leurs pairs et les réseaux pertinents tels que le C40 Cities. Les politiques et leur mise en œuvre doivent cibler les inégalités en matière de santé et suivre des objectifs mesurables et des indicateurs fondés sur des données avérées, afin d'évaluer les progrès réalisés au fil du temps.

13 Cf. référence de la note de bas de page n° 4.

Illustration 3 : **Étapes de la participation au *1000 Cities Challenge* de l'Observatoire**



Peindre les toitures en blanc pour construire la résilience climatique en Indonésie

Beta Paramita
Professeure associée au département d'architecture de l'Universitas Pendidikan Indonesia (UPI)

Travailleurs peignant une toiture avec de la peinture solaire réfléchissante BeCool

Beta Paramita est professeure associée au département d'architecture de l'Universitas Pendidikan Indonesia (UPI). Elle est titulaire d'un doctorat en ingénierie de l'Université de Kitakyushu, au Japon. À l'UPI, elle préside le centre d'excellence pour les matériaux de construction et l'énergie bas carbone. Ses recherches portent sur les villes durables et les bâtiments écologiques, notamment sur la performance des bâtiments et le confort thermique. En 2022, elle a remporté le « Million Cool Roofs Challenge ». Elle a ensuite fondé la startup BeCool Indonesia, dont la peinture solaire réfléchissante BeCool contribue au refroidissement passif des bâtiments dans toute l'Indonésie. La peinture BeCool est produite par PT Driya, en collaboration avec l'UPI.

En Indonésie, la population urbaine est en constante augmentation, dans un contexte de réchauffement climatique où les microclimats urbains ont des effets de plus en plus néfastes sur la santé. En peignant les matériaux des toitures avec la peinture solaire réfléchissante BeCool, les toits se rafraîchissent, selon le même principe que le port de vêtements blancs pour aller au soleil. Cette technologie innovante limite les effets négatifs des îlots de chaleur urbains et préserve la santé des citadins en Indonésie. En réfléchissant la lumière du soleil dans l'atmosphère, la peinture peut réduire la température des surfaces extérieures de 15 °C, celle des espaces intérieurs de 3 °C, et contribuer à une diminution de 80 % du réchauffement engendré par l'ozone.

Mais l'engagement de BeCool ne se limite pas au développement de produits innovants. L'entreprise s'investit également dans des programmes communautaires, notamment en peignant des bâtiments publics, des habitations, des lieux de culte et des établissements d'enseignement. BeCool propose aussi des formations à des étudiants de diverses régions d'Indonésie et construit des maisons solaires réfléchissantes. Ces initiatives, qui contribuent aux efforts environnementaux mondiaux, préservent avant tout la santé et la qualité de vie des habitants.

INTRODUCTION

Les villes sont déjà responsables de 40% de la consommation mondiale d'énergie, pourtant leur développement ne cesse de s'accélérer avec l'augmentation de la population urbaine. En Indonésie, les zones urbaines densément peuplées souffrent d'un manque d'aération, conduisant les bâtiments à emmagasiner la chaleur tout au long de la journée. Celle-ci n'est libérée que la nuit, provoquant le phénomène « d'îlot de chaleur urbain ». Il est donc difficile d'assurer le confort thermique des habitants, surtout quand le taux d'humidité est élevé et que la climatisation est insuffisante, ce qui peut entraîner des maladies respiratoires.

Malheureusement, ces conditions défavorables surviennent de plus en plus souvent et affectent la santé, parfois de manière imperceptible. Paradoxalement, l'usage de la climatisation pour assurer le confort thermique accentue encore le réchauffement climatique. En outre, la circulation de l'air étant insuffisante, les maladies ont tendance à se développer, et ce de manière récurrente. Des mesures concrètes sont nécessaires pour atténuer le réchauffement climatique et préserver la santé environnementale et humaine.

VIVRE DANS LES VILLES INDONÉSIENNES À L'HEURE DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

La population urbaine de l'Indonésie atteint aujourd'hui 59 %[1]. Face aux catastrophes naturelles, les villes sont plus pénalisées que les zones rurales ou suburbaines car elles concentrent une part importante de la population et des activités économiques[2]. Selon le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), l'environnement bâti est responsable de 40 % de la consommation mondiale d'énergie, et de 30 % des émissions de GES, de la production de déchets et de l'utilisation des ressources naturelles. Cette énergie est libérée sous forme de chaleur, formant des îlots de chaleur urbains, avec des températures plus élevées que dans les zones environnantes.

« La chaleur et l'humidité ambiantes dépendent aussi des choix des matériaux de construction et de l'architecture. Ces phénomènes peuvent contribuer à la prévalence de différentes maladies, notamment dans les îlots de chaleur urbains densément peuplés. »

Les « villages urbains » des grandes villes indonésiennes se caractérisent par une croissance rapide. Dans ces vastes zones densément construites, un microclimat urbain apparaît, marqué par une augmentation sensible des températures locales. En l'absence de systèmes de circulation d'air appropriés dans ces quartiers très denses, la chaleur piégée dans les structures ne se dissipe pas correctement. La chaleur est seulement libérée en fin de journée, il y fait donc plus chaud la nuit que le matin.

Avec le réchauffement climatique, ces microclimats urbains s'accentuent, affectant négativement la santé des habitants, comme l'illustrent les indices élevés d'inconfort thermique à l'extérieur. De plus, l'aération n'étant pas suffisante, le taux d'humidité dans les habitations est élevé et les habitants ont tendance à recourir à l'air conditionné, accentuant davantage le réchauffement climatique.

En outre, l'Indonésie est un archipel tropical connu pour son climat chaud et humide. La durée du jour et de la nuit varie très peu au cours de l'année, ce qui se traduit par des températures élevées, une forte humidité et des vents faibles. Les espaces extérieurs sont donc rarement agréables dans les villes indonésiennes.

En général, les villes de la côte affichent une température maximale de 33 °C, contre environ 30 °C pour les plaines. En revanche, les villes situées dans les régions vallonnées affichent la température maximale la plus basse, comprise entre 25 et 28 °C. La chaleur et l'humidité ambiantes dépendent aussi des choix des matériaux de construction et de l'architecture. Ces phénomènes peuvent contribuer à la prévalence de différentes maladies, notamment dans les îlots de chaleur urbains densément peuplés.

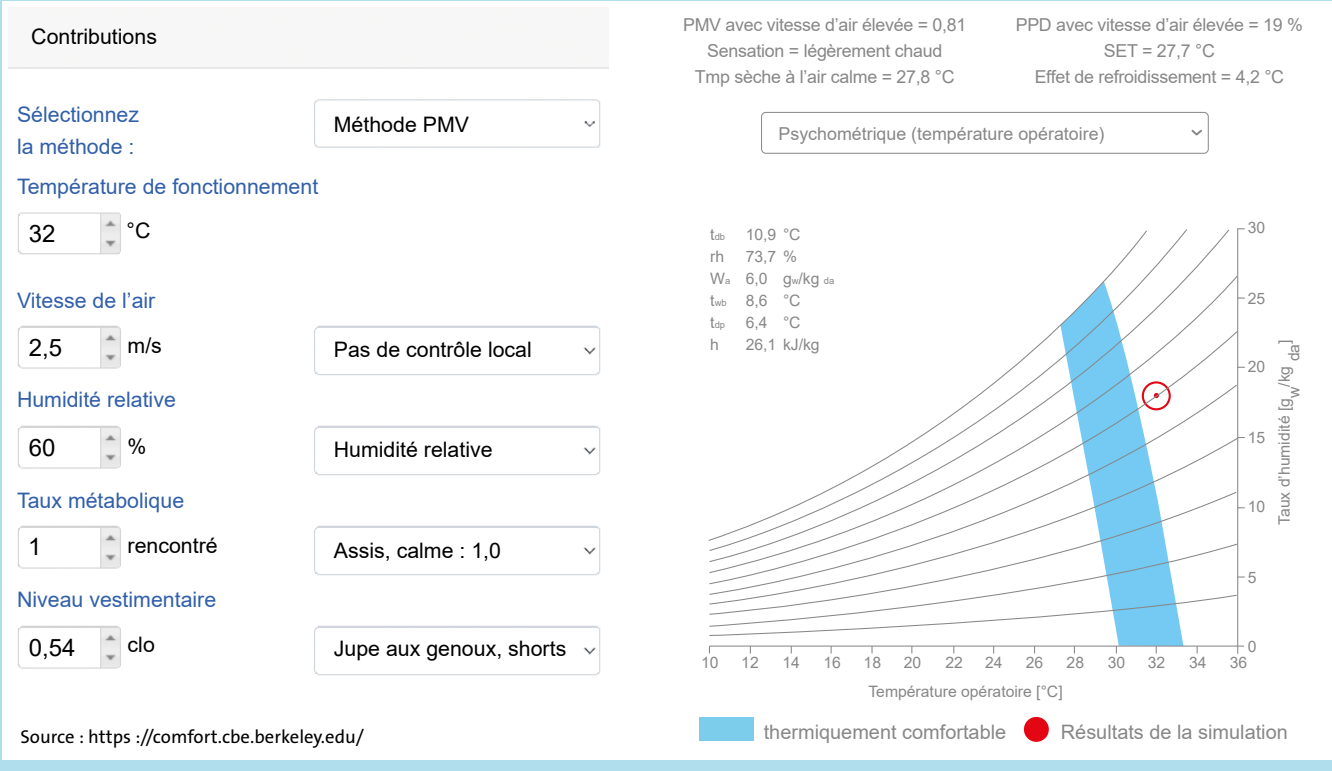
L'Indonésie se classe ainsi au deuxième rang mondial pour les cas de tuberculose, selon le rapport 2023 de l'OMS[3]. Diverses études révèlent que l'environnement, notamment la présence de

1 Statista. (2024). Share of the urban population in Indonesia 2014-2023 [Pourcentage de la population vivant en milieu urbain en Indonésie (2014-2023)]. Statista. https://www.statista.com/statistics/761113/share-of-urban-population-indonesia/.

2 Dickson, E. (2012). Urban risk assessments: Understanding disaster and climate risk in cities [Évaluations des risques urbains : Comprendre les risques liés aux catastrophes et au climat dans les villes]. The World Bank.

3 Organisation Mondiale de la Santé. (2023). Global tuberculosis report: Tuberculosis incidence [Rapport mondial sur la tuberculose : Incidence de la tuberculose]. World Health Organization. https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghe-life-expectancy-and-healthy-life-expectancy.

Illustration 1 : Indice d'inconfort thermique (simulation effectuée dans le quartier densément peuplé de Bandung, à minuit, avec l'outil de confort thermique du CBE)



Source : https ://comfort.cbe.berkeley.edu/

logements et de zones résidentielles, contribue à la transmission de la tuberculose, avec un effet potentiel jusqu'à 35 fois plus élevé[4]. En cause, la forte densité de population de la région, les températures et le manque de circulation de l'air, qui contribuent au maintien de la chaleur dans les matériaux de construction. Cette accumulation de chaleur affecte le taux d'humidité dans l'air, avec des conséquences sur la santé. En outre, les climatiseurs peuvent eux aussi contribuer à la propagation de maladies transmises par l'air. En règle générale, les espaces de vies insalubres entraînent en premier lieu des maladies respiratoires.

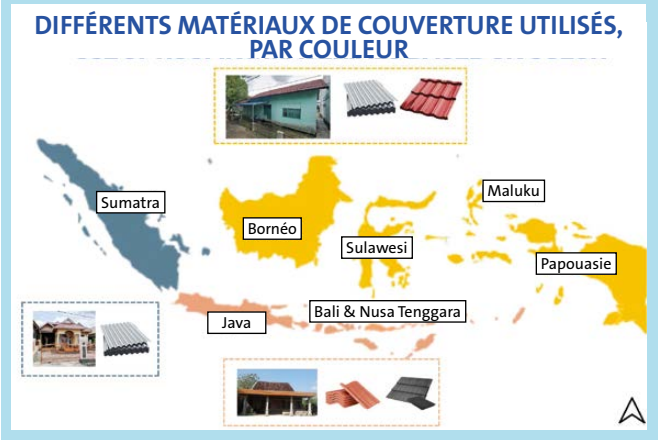
La région de faible latitude de l'Indonésie, située près de l'équateur, connaît un climat chaud et humide, très influencé par le rayonnement solaire. L'intensité du rayonnement dans cette région entraîne un transfert de chaleur important, qui affecte fortement les conditions extérieures.

Les villages urbains continuant à s'étendre année après année, il convient de mettre en œuvre des stratégies de conception passive pour limiter la chaleur émise par le rayonnement solaire. Il faut notamment utiliser des matériaux affichant certaines particularités techniques, comme une valeur U élevée[5], une valeur albédo élevée[6] et une valeur ISR (indice de réflectance solaire) élevée. La peinture solaire réfléchissante BeCool, qui répond à ces exigences, peut constituer une solution efficace dans les zones urbaines composées d'habitats précaires très denses.

LES MATÉRIAUX DES TOITURES ONT UN IMPACT SIGNIFICATIF SUR LA TEMPÉRATURE INTÉRIEURE, ET LEUR CHOIX EST INFLUENCÉ PAR DES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX ET CULTURELS

L'Indonésie, composée de 17 508 îles, comporte une grande variété architecturale selon les régions. La philosophie de conception dépend de divers caractéristiques locales, comme les risques de catastrophes naturelles, les conditions climatiques et le tissu socioculturel de la communauté locale.

Illustration 2 : **Matériaux utilisés pour les toitures dans les différentes régions d'Indonésie**



4 Wahyudi, A. S., Raufuddin, & Suarilah, I. (2019). The relationship between healthy housing conditions and pulmonary tuberculosis [La relation entre les conditions de logement saines et la tuberculose pulmonaire]. Proceedings of the International Conference on Environment and Urban Sustainability, 657–663. https://doi.org/10.5220/0008330506570663.

5 La valeur U (ou indice de transmission thermique) indique la conductivité thermique d'un système d'isolation.

6 L'albédo est la fraction de l'énergie solaire réfléchie par une surface, vers l'espace, comprise entre 0 et 1. L'albedo fait communément référence à la « blancheur » d'une surface, 0 correspondant au noir et 1 correspondant au blanc.

Le risque de catastrophes naturelles est élevé car le pays se situe dans ladite « ceinture de feu », à la croisée de quatre grandes plaques tectoniques. Le pays comprend trois îles principales : Java, Sumatra et Kalimantan (Bornéo). Sumatra, la plus à l'Ouest, est particulièrement exposée aux tremblements de terre et aux tsunamis. Ainsi, les matériaux utilisés pour les toitures sont souvent légers, privilégiant le zinc, l'aulne ou le zincalume. Sur l'île de Java, il est plus courant d'utiliser des tuiles en argile ou en asphalte. À Sumatra, il existe une croyance selon laquelle utiliser pour sa toiture des matériaux dérivés de la terre revient à s'enterrer soi-même. Ainsi, certaines populations de l'île évitent les tuiles en terre cuite.

En revanche, sur l'île de Kalimantan, le choix des matériaux de couverture se porte sur l'argile, l'asphalte, des tuiles métalliques ou des options plus légères. En effet, l'île de Kalimantan est moins exposée aux risques, car elle n'est pas située sur la ceinture de feu du Pacifique.

La température intérieure des bâtiments dépend en partie des matériaux de couverture utilisés. Les structures dotées de couvertures légères en zinc, aulne ou zincalume sont généralement plus chaudes, car ces matériaux manquent de conductivité thermique s'ils ne sont pas traités. Ils sont pourtant communément utilisés à Java et à Kalimantan, en particulier dans les régions densément peuplées d'une population modeste, car ils sont peu onéreux. Ces matériaux sont aussi couramment utilisés pour les bâtiments industriels.

Les bâtiments aux toits en tuiles d'argile ou d'asphalte, qui possèdent une faible conductivité thermique, affichent des températures intérieures plus basses que les autres.

ÉTUDE DE CAS : AMÉLIORER LA RÉSILIENCE URBAINE ET LA SANTÉ HUMAINE EN INDONÉSIE AVEC UNE PEINTURE RÉFLÉCHISSANT LE RAYONNEMENT SOLAIRE

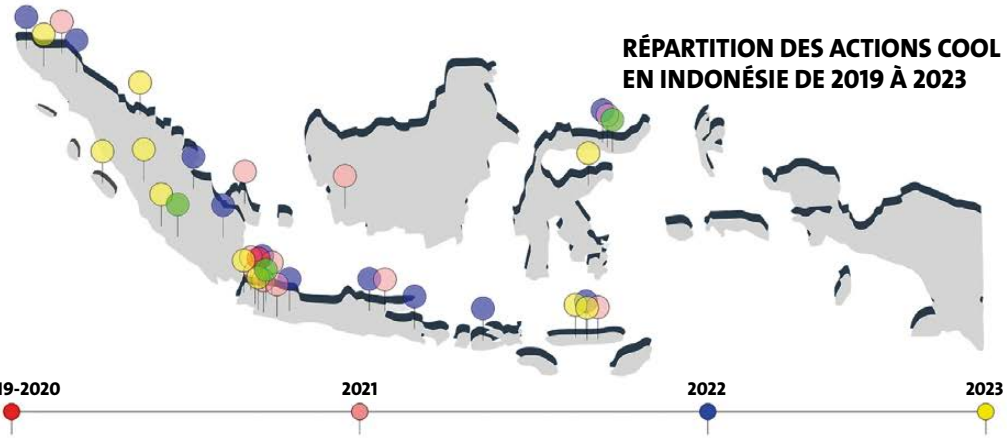
a. Une peinture solaire réfléchissante pour des intérieurs plus frais et plus sains

BeCool produit une peinture à réflexion solaire, qui renvoie une plus grande quantité de rayonnement solaire et absorbe moins de chaleur qu'une toiture classique. De la même manière que des vêtements blancs nous permettent de rester plus frais que des vêtements foncés, les toits traités avec cette peinture resteront plus frais que les toits de couleur foncée. Les températures intérieures sont alors moins élevées, ce qui limite le besoin d'air climatisé et offre un meilleur confort thermique aux occupants.

L'utilisation de matériaux foncés sur les toits contribue à hauteur de 38 % au réchauffement de l'air, contre 10 % avec une peinture réfléchissant le rayonnement solaire. Ainsi, 80 % de la lumière du soleil est renvoyée via des ondes invisibles, limitant par conséquent le réchauffement de la planète.

BeCool a entrepris des projets de lutte contre le réchauffement climatique de 2019 à 2023 sur différentes îles indonésiennes telles que Sumatra, Kalimantan (Bornéo), les Célèbes (Sulawesi) et Nusa Tenggara. Les travaux ont porté sur des zones résidentielles et industrielles, des établissements d'enseignement, des bâtiments publics, etc. en ciblant principalement les tuiles en terre cuite et les matériaux métalliques. Ces efforts ont bénéficié aux habitants, mais aussi à l'environnement dans son sens large.

Illustration 3 : Carte des interventions de BeCool en Indonésie de 2019 à 2023



1. Tangerang
- Bâtiment industriel
- École élémentaire
- Logement à bas coût
- Bâtiment religieux
- Bâtiment du gouvernement

1. Jakarta - École élémentaire
2. Jepara - École élémentaire
3. Wantilan, Subang
- École élémentaire
- Logement à bas coût
- Gymnase

4. Bandung - Collège
5. Cikelet, Garut - Lycée
6. Pameungpeuk, Garut - Lycée
7. Sukabumi - École élémentaire
8. Kupang, NTT - BR
9. Manado - Collège
10. Pontianak - Orphelinat
11. Bangka Belitung - Bâtiment universitaire
12. Langsa, Aceh - Ensemble scolaire (élémentaire, collège, lycée)
13. Tasikmalaya - Bâtiment industriel
14. Subang - Bâtiment industriel

1. Banda Aceh - Université Syiah Kuala
2. Langsa - Université Samudra
3. Jambi - Université Adiwangsa Jambi
4. Palembang
- Université Tridinanti Palembang
- Université Indo Global Mandiri
- Université Sriwijaya

5. Jakarta - Université Tanri Abeng
6. Bandung - Université Pendidikan Indonesia
7. Semarang - Université PGRI Semarang
8. Malang - Université Brawijaya
9. Mataram - Université Mataram
10. NTT - Université Nusa Nipa
11. Gorontalo - Université Negeri Gorontalo

1. Mamuju, Aceh - Mosquée Al Munawaroh
2. Deli Serdang - Église Injili Nusantara
3. Sikakap, Mentawai - Mosquée Al Ikhla
4. Indragiri, Riau - Mosquée Baitur Rahma
5. Bengkulu - Mosquée Fathul Jannah
6. Tangerang - Mosquée Arrahman
7. Cimahi - Mosquée Al Hanif
8. Kolikapa, NTT - Mosquée At-Taqwa
9. Nagakeo, NTT - Église GMIT Ebenhaezer
10. Banggai, Sulawesi - Mosquée Nurul Jamil

Kampung BeCool
1. Bengkulu - Pasar Bengkulu
2. Kab. Bandung - Tipar
3. Gorontalo - Tanjung Kramat

L'application d'une peinture réfléchissante peut en effet abaisser la température de la surface du toit d'environ 10 à 15 °C, et la température intérieure de 1 à 3 °C. Cela limite le besoin de climatisation, d'où une réduction des émissions de CO_2 et du taux d'humidité à l'intérieur, entraînant un effet positif sur la santé des occupants.

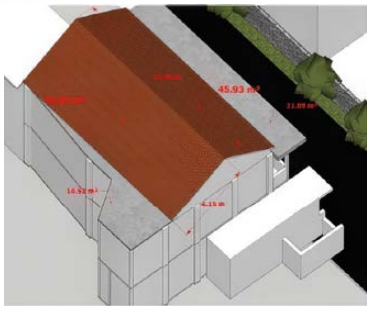
Illustration 4 : La peinture réflective BeCool

BeCool a mené de nombreuses initiatives pour offrir de meilleures conditions de vie aux Indonésiens et aider la société à s'adapter au changement climatique.

Par exemple, l'utilisation d'une peinture à réflexion solaire sur le toit d'un bâtiment de bureaux à Bandung a permis de réduire la température de surface de 13 °C, abaissant ainsi la température intérieure de 29,8 °C à 27,7 °C ***(Illustration 5)***. Il est ainsi possible de réduire le recours à la climatisation, mais aussi d'améliorer le confort thermique des employés.

Illustration 5 : Projet BeCool sur le bâtiment de bureaux d'Aaksen Architecture

BeCool **Projets pilotes: AAKSEN Studio, Bandung**



AAKSEN ARCHITECTURE CONSULTANT
https://aaksenstudio.com/
https://www.instagram.com/aaksenstudio/

La température intérieure après peinture avec Cool Roofs est de 29,8 °C, la caméra FLIR indiquant 27,7 °C (mesures effectuées le 20 janvier 2022). Auparavant, la température était de 44,2 °C. La température de surface du toit est de 38,3 °C avec peinture et de 51,3 °C sans peinture.

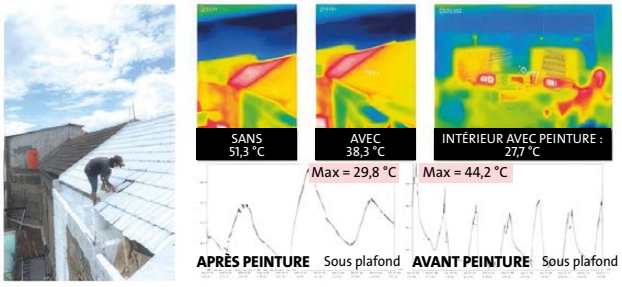
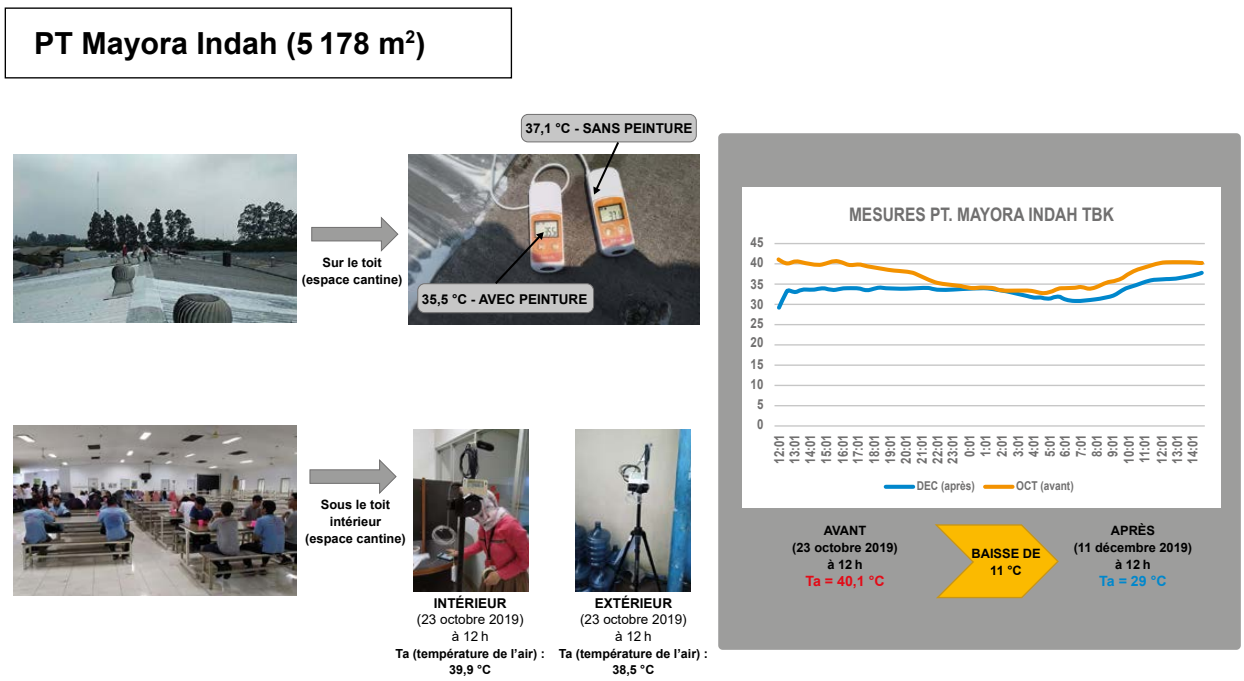


Illustration 6 : Résultats de mesures effectuées sur et sous le toit d'un site industriel



À plus grande échelle, BeCool est intervenu sur les toits d'un site industriel situé à Tangerang, sur une surface de 5178 m², ce qui a permis d'obtenir une réduction significative de 11 °C à la surface et une ambiance plus fraîche à l'intérieur du bâtiment.

Le projet BeCool Village ***(Illustration 7)***, mis en œuvre en 2023, visait à améliorer le microclimat de différentes zones résidentielles en Indonésie, notamment à Bandung, Bengkulu et Gorontalo, en appliquant une peinture réfléchissante sur plusieurs surfaces de toit. La température intérieure de ces bâtiments a baissé, offrant aux habitants des conditions de vie plus agréables.

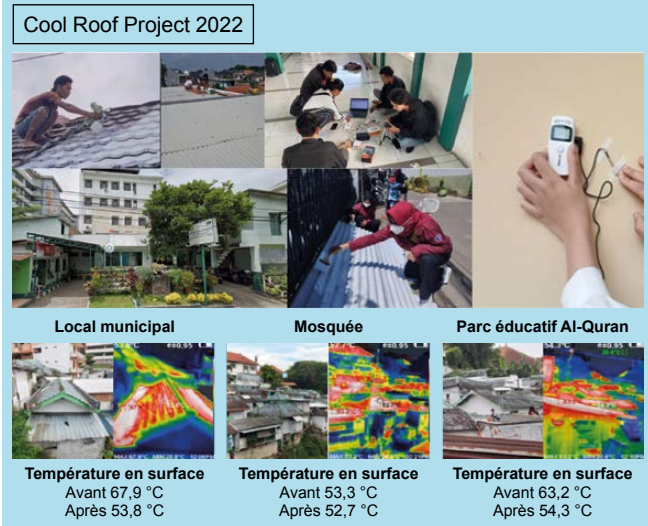
Illustration 7 : Le projet du village BeCool

b. Le Cool Roof Project : un projet technique au service d'un engagement communautaire

Tout au long de l'année 2022, BeCool a mené le Cool Roof Project, en collaborant avec plusieurs universités indonésiennes, via le programme d'apprentissage Global Warming Mitigation. Une série de conférences a ainsi été organisée sur une période d'environ quatre mois pour sensibiliser les étudiants au phénomène des îlots de chaleur urbains et aux moyens de les atténuer. Les intervenants étaient des professionnels et des universitaires renommés, nationaux et internationaux.

Le programme a commencé par des présentations en ligne, diffusées auprès d'étudiants de différentes régions d'Indonésie. Les semaines suivantes ont été consacrées à la mise en pratique de ces connaissances, via des travaux sur le réchauffement climatique, avec des projets de peinture sur 70 bâtiments, dans 15 villes.

Illustration 8 : Le Cool Roof Project réalisé en 2022 : images et résultats des températures de surface



Au total, 267 étudiants et 43 professeurs ont participé activement à ce programme, travaillant ensemble pour sensibiliser la population à l'atténuation du réchauffement climatique. Les travaux de peinture ont impliqué non seulement les étudiants et les professeurs, mais aussi la communauté locale, ce qui a permis de partager des connaissances tout en améliorant le microclimat de la région. Le choix des matériaux a été adapté aux caractéristiques de chaque région.

Ces travaux ont permis de réduire les températures de surface de 5 à 15 °C, et les températures intérieures de 1 à 3 °C. Cette amélioration du confort thermique dans la région bénéficie aux habitations, mais aussi aux locaux professionnels et d'éducation. ***(Illustration 8)***

c. Développer d'autres activités pour des intérieurs frais et résilients

Les activités de BeCool ne se limitent pas à la peinture des toits. En collaboration avec le secteur de la métallurgie, l'entreprise a mis au point un produit en tôle enduit d'une peinture réfléchissant le rayonnement solaire. Celui-ci est utilisable comme enveloppe de bâtiment pour les toits, mais aussi pour les murs. Le résultat de ce partenariat est la création de RAFLESIA (abréviation de « *Indonesian solar reflective house* »).

Illustration 9 : RAFLESIA, une maison reflétant 100 % du rayonnement solaire en Indonésie

RAFLESIA a ainsi construit deux unités résidentielles et un laboratoire BeCool dans la circonscription de Bandung Ouest. Ces maisons accueillent des personnes qui vivaient dans des conditions inadaptées à leur état de santé.

Les maisons RAFLESIA se distinguent des maisons indonésiennes typiques, généralement dotées d'une structure en béton et de murs en briques. Les maisons RAFLESIA ciblent la réflexion solaire, avec une armature en fer enveloppée d'un bardage métallique, recouvert de peinture BeCool. En dépit de la structure en métal, leur température intérieure se maintient à un niveau agréable, avec une différence pouvant aller jusqu'à 9 °C par rapport à l'extérieur. Cela favorise l'efficacité énergétique et le bien-être des habitants.

L'architecture des maisons RAFLESIA ne passe pas inaperçue dans un quartier résidentiel indonésien. Les habitants y voient une opportunité, qu'ils exploitent en installant un espace commercial, contribuant ainsi au dynamisme local.

En outre, le concept RAFLESIA est bien adapté à la situation géographique de l'Indonésie, un pays exposé au risque sismique, où les matériaux légers sont un atout. RAFLESIA est également une approche pionnière en matière de logement en Indonésie, car il offre une alternative aux maisons en briques, pour un coût très avantageux. L'objectif serait d'utiliser RAFLESIA comme mesure préventive dans les zones sujettes aux catastrophes naturelles, tout en offrant des options de logement plus sûres et plus durables aux communautés exposées aux risques.

Illustration 10 : Différence entre les températures extérieures et intérieures de la maison à réflexion solaire RAFLESIA

CONCLUSION

BeCool contribue à améliorer la qualité de l'environnement et à lutter contre les effets du réchauffement climatique en Indonésie, grâce à des efforts adaptés aux caractéristiques locales.

L'application d'une peinture réfléchissant les rayons du soleil permet de faire baisser les températures extérieures et intérieures des bâtiments, réduisant aussi le taux d'humidité et le risque de transmission des maladies. De plus, en réfléchissant le rayonnement solaire dans l'atmosphère, la technologie BeCool contribue à atténuer le réchauffement climatique. En 2024, cette peinture aura été appliquée sur environ ±300 000 m² de surfaces, dans le cadre de programmes de sensibilisation communautaires, hors applications commerciales.

En plus de ces mesures, des efforts ont été entrepris pour former des étudiants en Indonésie, dans le cadre de partenariats avec des professionnels et des universitaires. Des mesures concrètes sont prises pour impliquer les populations locales dans la préservation de l'environnement. La construction de RAFLESIA, une maison indonésienne solaire réfléchissante dont les murs et les toits sont recouverts d'une peinture réfléchissante, constitue une première étape vers l'introduction de l'habitat métallique en Indonésie. Cette évolution permettra notamment d'atténuer les effets du réchauffement climatique.

L'objectif ultime de Becool est d'améliorer la qualité des logements pour les ménages à revenus moyens ou faibles en Asie du Sud-Est, tout en contribuant aux efforts entrepris à l'échelle mondiale pour réduire la consommation d'énergie et les émissions de CO_2. En outre, pour optimiser les avantages environnementaux et améliorer les conditions de vie au sens large, nous encourageons tous les segments de la société à participer à ces efforts par des actions tangibles, notamment en appliquant des peintures réfléchissant les rayons du soleil sur les surfaces des bâtiments.

Assurer les nouveaux risques climatiques pesant sur la santé

Françoise Gilles, Directrice des Risques du groupe AXA
Julia d'Astorg, Directrice du Fonds AXA pour la Recherche

Forte d'une expérience de près de 25 ans dans les services financiers, dont dix au sein du groupe AXA, Françoise Gilles occupe depuis plus d'un an le poste de Directrice des Risques et siège au comité de direction de l'entreprise. De l'identification initiale des risques à leur analyse, en passant par la définition de méthodes de quantification et leur atténuation, Françoise Gilles supervise l'ensemble des phases clés du cœur de métier d'un assureur pour un groupe présent dans plus de 50 pays.

Julia d'Astorg dirige le Fonds AXA pour la Recherche. Issue du monde de la santé, elle a occupé des postes opérationnels à l'international. En tant que responsable de la division d'assistance médicale internationale chez AXA Partners, elle a été en charge de la réponse aux crises sanitaires, des évacuations d'urgences et de l'innovation médicale. En pilotant le mécénat scientifique d'AXA, son équipe améliore la compréhension des risques émergents via le soutien à la science pour éclairer les décisions publiques et privées.

Cet entretien croisé met en évidence les défis croissants auxquels les assureurs sont confrontés pour appréhender et couvrir l'ensemble des risques liés au changement climatique et leur impact sur la santé. Nombreux, récents et interconnectés, ces risques se combinent avec des menaces déjà existantes, ce qui rend leur gestion particulièrement complexe. Dans ce contexte, AXA s'efforce de trouver des solutions innovantes pour proposer une protection au plus grand nombre, augmentant ainsi la résilience globale de la société.

La compréhension et la gestion des risques est dans l'ADN d'un assureur. AXA a à cœur de décrypter les risques émergents ainsi que les nouveaux impacts pour l'homme, en s'appuyant sur ses ressources internes et en soutenant la science très en amont, dans les laboratoires, pour qu'elle puisse décrypter la complexité du monde qui nous entoure. Depuis 16 ans, le Fonds AXA pour la Recherche accélère la capacité exploratrice de la science en soutenant des chercheurs via des bourses. En valorisant une science ouverte, transversale et indépendante, il permet d'explorer de nouveaux territoires de la science des risques en santé, climat et économie. Ce soutien du monde académique s'inscrit dans l'approche plus large, chère à AXA, de coalitions impliquant acteurs privés et publics pour faire face aux grands enjeux sociétaux, notamment le changement climatique et ses impacts sur la santé humaine. Dans ce contexte, les assureurs jouent un rôle de plus en plus crucial dans l'économie et la protection des individus et de l'environnement, catalysant résilience et innovation pour un avenir plus durable.

En tant qu'assureur, comment AXA appréhende-t-il les risques liés au changement climatique et leurs interconnexions avec les risques pour la santé ?

F.G. En effet, nos risques évoluent et sont de plus en plus interconnectés.
Les changements climatiques que nous observons ont par exemple des liens étroits avec les risques géopolitiques ou les problématiques de santé auxquelles font ou feront face nos assurés. Dans notre dernière édition du Future Risk Report, le changement climatique et les maladies infectieuses figurent encore une fois dans le top 10 des risques identifiés[1]. Notre rapport souligne l'importance d'agir dès aujourd'hui pour une meilleure compréhension et gestion de ces risques et de leurs corrélations. Les impacts du changement climatique sont déjà palpables : les déficits hydriques ont été à l'origine d'une hausse de 10% des flux migratoires entre 1970 et 2000, tandis que les précipitations imprévisibles augmentent le risque de crues soudaines. Cette nécessité du passage à l'action se traduit également par les investissements ; selon l'Institut Potsdam, chaque dollar investi dès aujourd'hui dans la transition environnementale pourrait éviter six dollars de coûts futurs[2]. Or, les dépenses liées notamment au vieillissement (en matière de santé, d'aide sociale et de retraite) limitent les investissements consacrés à la transition écologique. Pour mieux comprendre ces liens et anticiper à la fois leurs impacts et notre capacité à répondre et accompagner nos clients, nous travaillons de pair avec le monde scientifique et le concours d'experts, nous permettant d'avancer sur des travaux dédiés à l'amélioration de notre compréhension sur la santé.

« Les conséquences du changement climatique sont vastes et nous nous efforçons d'améliorer chaque jour un peu plus notre compréhension en sollicitant à la fois des experts scientifiques, le monde académique, nos experts en interne et en nouant des partenariats utiles. »

Nous restons également particulièrement humbles par rapport à la complexité de ces risques qui demeurent en constante transformation et dont nous ne saisissons pas systématiquement les connexions et impacts croisés, nécessitant ainsi une revue de notre manière d'appréhender et quantifier ces risques. En nous rapprochant de partenaires académiques, d'assureurs, d'autorités publiques, et d'acteurs du domaine de la santé, nous cherchons non seulement à faire bouger les lignes pour AXA mais aussi à faire progresser une certaine intelligence collective et une compréhension partagée de l'état actuel du monde.

En parallèle, nous testons de nombreux scénarios afin de mesurer la résilience de notre entreprise face à des situations passées ou que l'on pourrait vraisemblablement anticiper. En 2023, nous avons participé au second stress test climatique de l'Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution (ACPR)[3], le régulateur du secteur de l'assurance. Cette initiative a été une opportunité supplémentaire pour améliorer notre expertise interne d'évaluation des risques liés aux changements climatiques et leurs impacts sur la santé.

En cela, notre recherche continue de maîtrise de nos risques nous permet de couvrir nos clients tout en constituant une occasion unique d'approfondir toujours plus notre compréhension des risques, de leurs interconnexions et de la manière dont nous pouvons apporter une réponse pertinente avant et après la survenance d'un sinistre.

Les conséquences du changement climatique pour la santé sont de nature et d'impacts très divers. Portez-vous une attention plus particulière à certains risques, géographies ou catégories d'assurés ?

F.G. Nous sommes présents dans plus de 50 pays dans le monde, avec une plus forte concentration en Europe. Nos clients sont aussi bien des particuliers que des entreprises. Nous nous efforçons d'apporter des solutions innovantes pour répondre de façon différenciée à nos différentes catégories d'assurés.

Les conséquences du changement climatique sont vastes et nous nous efforçons d'améliorer chaque jour un peu plus notre compréhension en sollicitant à la fois des experts scientifiques, le monde académique, nos experts en interne et en nouant des partenariats utiles.

En interne, AXA Climate[4] nous aide par exemple à mieux comprendre les conséquences des évènements climatiques, leurs impacts sur la société et à délivrer des solutions de prévention et de protection toujours plus adaptées à nos clients mais également aux populations au sens large via des partenariats public-privé. Enfin, AXA Essenti'All nous aide également à proposer des solutions d'assurance inclusive utiles à des populations pour lesquelles nos solutions classiques ne sont pas adaptées.

Vous évoquez la notion d'assurance inclusive. Quels leviers activez-vous plus largement pour renforcer la résilience de la société et promouvoir une certaine universalité de la protection dans un contexte de complexité croissante et de risques accrus ?

F.G. Améliorer la résilience de la société passe par une meilleure compréhension, prévention, couverture et protection de l'ensemble de ses acteurs individuels ou entreprises.

Lorsque nous réfléchissons à rendre plus inclusifs nos produits et services, nous cherchons en réalité à mieux adresser les besoins des populations en nous recentrant sur leurs besoins fondamentaux pour créer des produits qui ne sont pas simplement financièrement plus accessibles, mais dont les mécanismes d'actions financiers ou matériels en amont ou en aval d'un sinistre permettent de mieux répondre à leurs enjeux.

Si une partie de la population décide de ne pas souscrire à une assurance, c'est en général par manque de moyens ou de prise de conscience. En l'occurrence, la simplification et

1 AXA. (2024). Future risks report 2024: Panorama annuel des grands risques de demain.

2 Potsdam Institute for Climate Impact Research. (2023). 38 trillion dollars in damages each year: World economy already committed to income reduction of 19% due to climate change. Retrieved from https://www.pik-potsdam.de/en/news/latest-news/38-trillion-dollars-in-damages-each-year-world-economy-already-committed-to-income-reduction-of-19-due-to-climate-change.

3 Tests de résistance selon différents scénarios de transition écologique, visant à mesurer la vulnérabilité du secteur financier (banque et assurance) aux risques physiques et de transition liés aux changements climatiques.

4 AXA Climate. https://climate.axa/fr/.

l'adaptation de notre offre passe par une diminution des freins financiers mais également une approche différenciante sur nos canaux de distribution. En Chine, les autorités d'une grande ville ont par exemple développé un mécanisme d'assurance santé obligatoire pour l'ensemble de ses habitants, rendant la solution plus accessible par un effet de mutualisation des risques et empêchant ainsi l'antisélection.

La force de notre groupe reste de pouvoir proposer une gamme de produits et services adaptée à un vaste panel de besoins.

Outre l'universalité, la prévention constitue également un levier majeur pour renforcer la résilience de la société. C'est un domaine dans lequel nous investissons depuis longtemps chez AXA, en apportant une autre réponse, à la fois juste pour les assurés et les assureurs en diminuant le potentiel de survenance ou la sévérité des évènements couverts. Nous devons également innover et développer des expertises variées, que ce soit pour nos produits d'assurance de biens et la prévention de phénomènes physiques (e.g. inondations, incendie), ou pour nos produits de santé, avec lesquels nous cherchons à apporter à nos clients des services dédiés pour faciliter l'accès aux soins et à de meilleures habitudes de vie sur le long terme.

Vous avez mentionné l'importance des collaborations entre acteurs, de quelle manière collaborez-vous avec des acteurs publics et/ou privés pour faire avancer la réflexion sur ces problématiques ?

F.G. Face à un sujet aussi complexe que celui du changement climatique, nous ne pouvons prétendre répondre seuls aux phénomènes complexes associés et travaillons donc de concert avec des organisations publiques.

Les autorités publiques jouent un rôle majeur dans la transition et dans la prévention des risques liés aux changements climatiques en limitant par exemple l'implantation dans des zones fortement exposées aux risques naturels. Nous leur apportons notre expertise pour mieux appréhender ces risques et proposer une réponse conjointe alliant réglementation, actions de prévention et solutions d'assurance hybrides entre couverture étatique et privée, permettant ainsi de proposer un niveau de couverture suffisant.

Nous dialoguons pour cela régulièrement avec d'autres acteurs étatiques, régulateurs et partenaires privés pour *challenger* et mieux ajuster notre approche.

Pourquoi un grand assureur comme AXA a-t-il décidé de créer un Fonds de mécénat dédié au soutien à la recherche ?

J.A. La raison pour laquelle AXA a décidé de devenir un mécène de la science réside dans notre cœur de métier. La mission d'AXA est de protéger l'économie réelle. Les risques multiples auxquels nous sommes confrontés évoluent constamment, rendant nécessaire un décryptage très prospectif : quels seront les risques dans cinq, dix, et quinze ans pour lesquels nous devrons adapter nos métiers ? Pour répondre à ces défis, AXA perpétue une longue tradition, notamment dans les équipes de Françoise, de compréhension et de décryptage des risques actuels et émergents, car un risque compris est un risque que l'on peut assurer. Cette conviction forte de croire en la science et de la mettre au cœur de notre stratégie explique la mission du Fonds AXA pour la Recherche. Depuis 2008, notre mécénat soutient des projets de recherche en santé ; en socio-économie ; et sur le climat et l'environnement.

Nous sommes un mécène de la science animé par une philosophie claire. En tant qu'organisation entièrement philanthropique, notre Comité scientifique indépendant recherche d'abord l'excellence scientifique et le potentiel transformateur des projets. Nous soutenons une science ouverte, indépendante, transversale et donc souvent très pionnière. Ainsi, nous sommes partenaires des chercheurs du plus haut calibre au niveau international mais aussi de jeunes post-doctorants très prometteurs dans le monde entier grâce à un processus de sélection très strict et suivant des standards académiques[5].

Notre deuxième conviction est de rendre la science accessible à tous. C'est pourquoi nous encourageons les chercheurs que nous soutenons à publier leurs travaux en accès ouvert et à les partager avec le plus grand nombre. L'ADN du Fonds repose sur notre conviction que la recherche scientifique contribue au progrès et au bien-être humain. Il est un des éléments tangibles qui permet de dire chez AXA que la science des risques est au cœur de notre stratégie. Face à l'explosion de la désinformation, identifiée comme l'un des plus grands risques pour l'humanité par le Forum Economique Mondial[6] en 2024, nous sommes convaincus que soutenir des chercheurs, réexpliquer la manière dont la science se fabrique et baser nos décisions sur des faits scientifiques est absolument clé.

Depuis les seize années d'existence du Fonds, nous avons ainsi financé plus de 720 projets, représentant 256 million d'euros alloués dans plus de 40 pays.

De quelle manière le Fonds AXA pour la Recherche s'intéresse-t-il aux conséquences du changement climatique pour la santé humaine ?

J.A. Nous sommes continuellement à l'écoute du monde scientifique, de la société et des enjeux *business*. Le sujet de l'impact du changement climatique sur la santé a émergé comme signal faible il y a maintenant quelques années. Nous explorons des territoires où le *business* n'est pas encore présent, ce qui nous permet de nous positionner en précurseurs.

5 Le Comité Scientifique du Fonds AXA pour la Recherche est composé de 8 chercheurs de renommée internationale.

6 J. Boitel. (10.01.2024). La désinformation, risque mondial majeur, selon Davos. *Les Echos*. https://www.lesechos.fr/monde/enjeux-internationaux/la-desinformation-risque-mondial-majeur-selon-davos-2045484.

La Chaire sur les méga-feux à l'université Technique de Crète à Héraklion, par exemple, existait bien en amont des évènements survenus en Australie ou au Canada ces dernières années. Et, oui, les feux de forêt sont bien un problème de santé publique ! À l'échelle mondiale, près de 500 000 décès sont estimés chaque année à cause des polluants générés par les feux[7], un chiffre similaire au nombre de décès attribués au sida ou au paludisme. Certains des pires épisodes de pollution de l'air dans le monde sont actuellement associés aux méga-feux. En Asie du Sud-Est, pendant les périodes de forts phénomènes El Niño, environ la moitié des jours de l'année sont marqués par une mauvaise qualité de l'air, avec des concentrations de particules fines (PM2.5) dépassant les objectifs provisoires de l'OMS. Des études ont également montré que l'exposition à une forte fumée lors des feux de forêt augmente le risque d'arrêts cardiaques jusqu'à 70 %[8]. Et ce qui est encore plus troublant, c'est que les feux de forêt peuvent affecter la santé des êtres humains avant même leur naissance en entraînant une réduction du poids de naissance des nouveau-nés.

Nous avons également été les premiers à soutenir un observatoire mondial sur les maladies transmissibles à la London School of Hygiene and Tropical Medecine à Londres. Aujourd'hui, nous observons que la dengue – dont j'ai géré de nombreuses urgences dans l'Assistance médicale – remonte du Sud vers le Nord à cause du changement climatique. Depuis 1940, ce sont quatre milliards de personnes qui y sont exposées dans 120 pays[9], et nous manquons de bases de données mondiales sur cette maladie. Cet observatoire, développé avec notre soutien, va permettre d'anticiper les épidémies de dengue jusqu'à 3 mois à l'avance et prévenir les risques au travers de mesures concrètes comme la sensibilisation des populations, la démoustication des villes et la prévention des systèmes de santé de nouvelles épidémies.

« Les feux de forêt sont bien un problème de santé publique ! À l'échelle mondiale, près de 500 000 décès sont estimés chaque année à cause des polluants générés par les feux, un chiffre similaire au nombre de décès attribués au sida ou au paludisme. Certains des pires épisodes de pollution de l'air dans le monde sont actuellement associés aux méga-feux. »

7 AXA ResearchFundLive. (2024, April 10). MasterScience: "The Battle Against Megafires" with Prof. Apostolos Voulgarakis | AXA Research Fund [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=xMJCzVyo5AM.

8 Ibid.

9 Harish, V. et al. (2024). Human movement and environmental barriers shape the emergence of dengue. Nature Communications, 15(1). https://doi.org/10.1038/s41467-024-48465-0.

Nous finançons par ailleurs des projets sur de nombreux autres sujets en lien avec la thématique tels que l'écoanxiété, l'adaptation des villes et les impacts sociaux du changement climatique, car nous comprenons l'importance d'anticiper ces enjeux, particulièrement en tant qu'assureur. A titre d'exemple, nous entendons souvent parler de manque d'eau ou de trop d'eau lors d'épisodes d'inondations, or les effets du changement climatique influent aussi sur la qualité de l'eau. C'est l'objet d'une Chaire de Recherche AXA à la VUB (Vrije Universiteit Brussel) en Belgique, qui met en place des données de *monitoring* cruciales, aujourd'hui manquantes pour informer les acteurs de la gestion de l'eau et limiter les risques sanitaires.

Au-delà du financement de la recherche, quelles sont les autres actions menées par le Fonds pour faire avancer la connaissance et faire émerger des solutions concrètes sur ces enjeux ?

J.A. Notre seconde mission est de soutenir le partage des connaissances. Ainsi, nous formons les jeunes chercheurs à la prise de parole avec les médias et à l'utilisation des réseaux sociaux pour qu'ils puissent disséminer leurs recherches auprès d'une audience non scientifique. Nous réalisons également des publications, des *masterclass* accessibles à tous sur YouTube (par exemple la série MasterScience[10]) et d'autres contenus éducatifs visant la diffusion de l'état de l'art sur la connaissance scientifique sur les grands enjeux sociétaux. Enfin, nous créons des occasions d'échanges avec les décideurs et acteurs des secteurs public et privé autour de la connaissance et de la gestion des grands risques. Notamment, nous avons été partenaire du prix sur l'impact de la pollution sur la santé humaine lancé avec le Geneva Health Forum[11]. L'université de Lausanne, qui est ressortie gagnante de ce prix, travaille sur les émissions de polluants éternels à partir de la gestion des déchets dans les villes. Par ce biais, nous voulons faire avancer la recherche sur des sujets ciblés ayant un impact majeur sur la société et sur la planète.

Ces initiatives reflètent notre philosophie axée sur la valorisation des coalitions scientifiques. Je pense que nous nous posons tous les mêmes questions et que nous sommes plus forts pour y répondre en unissant nos forces. Nous avons par exemple rejoint le Dialogue des fondations de l'Unesco et signé la déclaration de Monaco en 2023, une coalition internationale sur les océans. Il est crucial de protéger les océans car ils jouent un rôle essentiel dans la santé humaine, animale et de la planète. Par le biais du Fonds et cette coalition, nous encourageons toutes nos équipes en interne à s'intéresser à ce sujet et à comprendre ce qu'il représente pour nous. Nous souhaitons sensibiliser au lien entre la santé des océans et la santé de la vie sur terre. Etablir ce lien entre la recherche et nos activités est un de nos points forts et je suis convaincue qu'AXA peut devenir un leader de la coalition scientifique.

10 MasterScience - AXA Research Fund. https://axa-research.org/masterscience.

11 AXA. (2024, 13 mars). *Le Geneva Health Forum et le Fonds de Recherche AXA lancent le prix Grand Jet d'Or de Genève de 50 000 € pour aborder l'impact de la pollution sur la santé humaine*. https://axa-research.org/news/the-axa-research-fund-and-geneva-health-forum-launch-50000eur-grand-jet-dor-de-geneve-award-to-address-pollutions-impact-on-human-health.

Dans quelle mesure les recherches menées par le Fonds permettent-elles d'éclairer les décisions et actions d'AXA sur ces sujets ?

J.A. Le lien entre la recherche que nous soutenons et le cœur du métier d'AXA est un sujet clé, d'autant plus pour moi qui suis issue du monde médical et de la gestion de crise sanitaire. En faisant sortir la science des laboratoires et en la mettant en contact avec les entreprises privées, c'est l'ensemble de la société qui en profite. C'est pourquoi nous encourageons les échanges avec les chercheurs afin de mieux équiper nos dirigeants et collaborateurs chez AXA. Nous créons des liens directs avec les chercheurs soutenus, les universités et AXA via des « *Learning Expeditions* ». Dans ce cadre, des chercheurs se déplacent au sein des bureaux d'AXA et des collaborateurs de l'entreprise visitent également les universités où la recherche est menée. Au cours des 6 derniers mois, 1500 employés d'AXA, des grands managers mais aussi des employés impliqués sur les questions climatiques, ont été en lien direct avec des chercheurs.

Pour partager cette connaissance et comme précédemment évoqué, nous travaillons à différents formats de valorisation. Nous avons notamment des partenariats médiatiques avec The Conversation, une plateforme proposant des analyses de l'actualité rédigées par des chercheurs[12]. Un avantage majeur est que tous les articles sont libres de droits, permettant à nos chercheurs de publier leurs travaux dans des journaux nationaux et internationaux de grande audience. Nous sommes fiers de voir les chercheurs que nous finançons partager leur expertise et sensibiliser un large public. Récemment, le Professeur Carlos Perez Garcia, titulaire de la Chaire AXA au Barcelona Supercomputing Center, a été mis en avant dans un reportage d'Arte consacré au Sirocco, mettant en lumière ses travaux sur la modélisation en temps réel des nuages de poussières et de leurs déplacements. Ses recherches lui permettent de prédire où ces particules se déposeront dans les 3 jours, ce qui revêt une importance cruciale pour les populations et leur santé[13].

« La prévention devrait devenir un complément essentiel de l'assurance, et il sera d'autant plus importants de mettre en place des mécanismes conjoints publics et privés pour répondre aux besoins de la société. »

Pour conclure cet entretien, quels sont les principaux défis auxquels le secteur de l'assurance sera confronté dans les années à venir ?

F.G. Notre étude annuelle Future Risks Report nous permet de mesurer la perception des grands enjeux à venir par nos experts, et de comprendre les grandes tendances qui influenceront le secteur de l'assurance au cours des prochaines années.

Premièrement, les risques étant de plus en plus interconnectés, les assureurs vont chercher à mieux les comprendre pour en mesurer les impacts, les anticiper et diversifier leurs portefeuilles entre différentes familles de risques. Ceci afin d'adopter une gestion durable des risques, en évitant une éventuelle surexposition à une région ou type de risque en particulier. Nous pensons également que les déficits de protection vont s'accroître, en partie parce que les autorités publiques vont avoir de plus en plus de difficultés à couvrir, à travers des mécanismes de sécurité sociale, les besoins de l'ensemble de la population. La prévention devrait ainsi devenir un complément essentiel de l'assurance, et il sera d'autant plus important de mettre en place des mécanismes conjoints publics et privés pour répondre aux besoins de l'ensemble de la société.

Les évolutions démographiques que l'on observe à l'échelle de la planète, avec d'une part un vieillissement de la population (en particulier dans les marchés très matures), et d'autre part une population nettement plus jeune dans les pays émergents (davantage exposée au changement climatique), vont également remodeler les besoins des clients.

Enfin, la technologie, les données et l'IA générative auront un impact profond sur nos opérations, notre distribution et nos relations avec les clients, avec le potentiel de modifier de manière significative la dynamique concurrentielle au sein du secteur. Ces évolutions confirment le point de départ de cet entretien : dans un monde qui devient de plus en plus complexe, continuer à fournir de la protection aux individus devient de plus en plus essentiel.

J.A. Ce que j'observe dans l'évolution de la philanthropie, c'est la tendance à financer des recherches qui sont de plus en plus complexes, ayant des impacts différents pouvant même aller jusqu'à la création de start-ups, *spinoffs* pour s'étendre à l'économie réelle. Il y a également davantage de recherches sur les risques systémiques, c'est-à-dire les risques qui vont entrainer des réactions en chaine sur l'ensemble du système pouvant occasionner une crise générale de son fonctionnement comme les attaques cyber ou les éruptions solaires, encore sous-estimées. Pour les assureurs, ces risques peuvent se propager à travers divers secteurs et lignes de produits, rendant leur gestion plus complexe comme nous avons pu le voir pendant la crise de la COVID.

Notre mission au sein du Fonds est de plus en plus importante : nous devons partager la connaissance et aider la prise de décision basée sur les données scientifiques qu'elles soient en interne chez AXA ou en externe chez nos clients, nos partenaires et dans la société civile. Dans le climat actuel d'incertitudes et de tensions politiques, il est nécessaire de souligner le rôle extrêmement positif de la science et expliquer comment elle se fait. Créer et diffuser de la connaissance scientifique permet d'équiper les décideurs et les experts, qui pourront ainsi créer des stratégies cohérentes avec des produits adaptés aux défis futurs, sur base d'une connaissance affutée des enjeux auxquels nous sommes confrontés.

12 The Conversation - Axa Research Fund. https://theconversation.com/fr/topics/axa-research-fund-francais-48666.

13 Sender, E., & Barbier-Bouvet, A. (2024, August). Grands vents – Sirocco, le souffle du désert [Documentaire]. ARTE.

Penser l'avenir de l'administration pénitentiaire face à l'urgence climatique

Julien Sipra, Chef de la section transformation écologique du Laboratoire du développement durable, de l'innovation et des bonnes pratiques de la direction de l'administration pénitentiaire
Anouk Mousset, Cheffe de projet prospective et transformation écologique au Laboratoire du developpement durable, de l'innovation et des bonnes pratiques de la direction de l'administration penitentiaire

Le Laboratoire du développement durable, de l'innovation et des bonnes pratiques de la direction de l'administration pénitentiaire est un laboratoire d'innovation publique[1]. Il assure notamment la mise en œuvre de la transformation écologique de l'administration pénitentiaire qui, sous l'autorité du garde des Sceaux, participe à l'exécution des décisions pénales, à l'insertion des personnes qui lui sont confiées par l'autorité judiciaire, à la prévention de la récidive et à la sécurité publique.

À l'échelle mondiale, les administrations pénitentiaires sont déjà confrontées aux conséquences directes et indirectes des changements climatiques. Canicules et vagues de chaleur, inondations et submersions, tempêtes, sécheresses et phénomènes de retrait-gonflement des argiles ; tels sont les principaux aléas climatiques identifiés auxquels sont exposées les prisons françaises. Après un bref aperçu des impacts possibles des changements climatiques sur celles-ci, cet article présente l'action conçue par le Laboratoire de la direction de l'administration pénitentiaire pour co-construire une nécessaire stratégie de transformation, alliant logique d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de celui-ci. Cette stratégie, élaborée par une démarche de prospective environnementale, vise à anticiper et proposer des actions à différents horizons : acquisition de données et production connaissances ; représentation des futurs pénitentiaires et des trajectoires de transformation possibles ; organisation de discussions collectives à leurs sujets pour établir une vision partagée ; accompagnement à l'appropriation des résultats pour favoriser la prise de décision et le passage à l'action.

INTRODUCTION

En 2024, plus de 250 000 personnes[2] sont prises en charge par les services pénitentiaires et près de 42 000 personnels. Parmi elles, 78 397 personnes[3] sont détenues. Outre les personnels pénitentiaires, les lieux de détention accueillent une grande diversité et un grand nombre d'usagers : personnels de santé et de l'éducation nationale, éducateurs, intervenants culturels et cultuels, employés d'entreprises participant à la gestion des établissements, familles et proches des personnes détenues, avocats, etc.

Or, les changements climatiques ont et auront des impacts directs sur la santé physique et mentale de l'ensemble des personnes qui vivent et travaillent en prison. Ils en auront aussi sur les missions de l'administration pénitentiaire, les conditions de réalisation de celles-ci ainsi que sur les infrastructures et l'environnement dont elle dépend.

1 Les laboratoires d'innovation publique. Direction interministérielle de la transformation publique. https://www.modernisation.gouv.fr/diffuser-linnovation-publique/les-laboratoires-dinnovation-publique.

2 Près de 170 000 personnes sont suivies « en milieu ouvert » : la prise en charge en milieu ouvert désigne le suivi assuré par les services pénitentiaires d'insertion et de probation (SPIP) de personnes en attente de jugement ou condamnées, à l'extérieur des établissements pénitentiaires. Avant un jugement, il peut s'agir du suivi d'un contrôle judiciaire avec ou sans surveillance électronique. Après un jugement, il peut s'agir du suivi de l'exécution d'un travail d'intérêt général, d'une détention à domicile sous surveillance électronique, ... La prise en charge en milieu ouvert correspond également à la mise en place de formation ou groupe de parole sur des thèmes précis, comme les addictions ou les violences conjugales. Source : Ministère de la Justice – La Justice en France – Le suivi en milieu ouvert.

3 Ministère de la Justice. (2024). Mesure de l'incarcération, indicateurs clés au 1er août 2024. Ministère de la Justice..

La nécessité de se transformer étant actée[4], comment co-construire une stratégie de transformation qui prenne la mesure des menaces annoncées, tienne compte des spécificités et contraintes pénitentiaires, inclue l'ensemble des parties prenantes et s'inscrive dans une démarche d'adaptation et d'atténuation ?

DÉTERMINER LES IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES ÉTABLISSEMENTS PÉNITENTIAIRES ET LEURS USAGERS

Mondialement, les administrations pénitentiaires sont déjà confrontées aux conséquences directes et indirectes des changements climatiques, qui s'y déclinent spécifiquement[5]. En France, les risque et impacts liés aux aléas climatiques auxquels font face les prisons, présentes sur l'ensemble du territoire, varient en nature et en degré selon leur situation géographique, leur exposition et leurs vulnérabilités propres.

Quelques éléments clés sur les établissements pénitentiaires

Pas « la » prison, mais « des » prisons
S'ils ont en commun un programme fonctionnel, les établissements pénitentiaires sont très hétérogènes (année et terrain de construction ; surface ; capacité d'accueil ; architecture ; organisation interne ; régime de détention).

À titre d'exemple :
- **la maison d'arrêt de Gap (37 places) prend place dans un bâtiment construit en 1790 ;**
- **le centre pénitentiaire de Caen-Ifs (691 places) a été mis en service en 2023 ;**
- **le centre de détention de Mauzac (332 places), mis en service en 1986, est composé de 21 pavillons aussi appelés « unités de vie ».**

Les différents régimes de détention
Les régimes de détention varient selon les établissements pénitentiaires : maison d'arrêt (détention provisoire et courtes peines), centre de détention (peine supérieure à deux ans), maison centrale (longue peine, adaptée à certains risques), centre et quartier de semi-liberté, établissement et quartier pénitentiaire pour mineurs, structure d'accompagnement vers la sortie[6].

Gestion publique, gestion déléguée
Un ensemble d'activités et de services supports de l'exploitation pénitentiaire, autres que la direction, le greffe[7], la surveillance et le suivi de l'insertion et de la probation, peuvent être confiées à une entité privée (opérateur, groupement d'opérateurs). Il s'agit essentiellement des services à la personne et des services d'entretien et de maintenance.

À ce stade des travaux du Laboratoire, les canicules et vagues de chaleur, les inondations et submersions, les tempêtes, les sécheresses ainsi que les phénomènes de retrait-gonflement des argiles, sont les principaux aléas climatiques identifiés comme vecteurs de risques auxquels sont exposées les prisons françaises. Les aléas technologiques liés aux activités humaines (industrielles, nucléaires et biologiques), intensifiés pour certains par les aléas climatiques, accroissent également les vulnérabilités des établissements pénitentiaires. Ces aléas étant territorialisés, concevoir l'adaptation des établissements pénitentiaires suppose alors nécessairement, pour chaque cas, d'ajuster l'analyse globale en tenant compte de paramètres et des phénomènes locaux.

Les **vulnérabilités** des établissements pénitentiaires varient, elles aussi, en fonction :

- d'un certain nombre de caractéristiques spécifiques à chaque établissement : année de construction, état de vétusté, conception architecturale, typologie des dispositifs de sécurité, régimes de détention, capacité d'accueil de l'établissement, taux d'occupation, mode de gestion, effectifs disponibles, etc.
- d'un certain nombre d'éléments extérieurs : alimentation en énergie, approvisionnement en eau et en nourriture (3 repas par jour et par personne détenue), accès aux réseaux routiers (notamment pour les extractions judiciaires ou médicales, pour l'accès des personnels, etc. ...).

Le croisement des aléas climatiques et des vulnérabilités permet ensuite d'identifier les **risques et impacts potentiels** des changements climatiques sur les services pénitentiaires, ***(Illustration 1)***.

Réfléchir à l'adaptation des établissements pénitentiaires face aux changements climatiques nécessite donc de manipuler un système complexe et hétérogène, dont les dimensions sont accrues par la diversité des usagers des lieux de détention. Ces derniers présentent en effet des profils, usages, comportements, envies et besoins différents, parfois opposés. Enfin, la population pénale ajoute une complexité supplémentaire du fait de sa diversité d'âge, de sexe, d'état de santé, de capital social, économique ou culturel, etc.

Comme toute infrastructure, les prisons doivent s'adapter. Cet effort d'adaptation des services pénitentiaires aux changements climatiques implique une approche articulant vision globale et particularités locales, c'est-à-dire permettant le dessin d'une trajectoire de transformation générale et sa traduction en plans d'action spécifiques selon les situations.

Face à cet objectif, qui est aussi un défi, quelle(s) méthode(s) adopter pour accompagner l'adaptation des services pénitentiaires aux changements climatiques et mettre en œuvre leur transformation écologique ?

ADAPTER ET TRANSFORMER LES ÉTABLISSEMENTS PÉNITENTIAIRES FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES : DES MÉTHODES AUX ACTIONS

Pour accompagner l'adaptation des services pénitentiaires aux changements climatiques et mettre en œuvre leur transformation écologique, le laboratoire conduit simultanément plusieurs approches complémentaires qui, *in fine*, ont toutes pour objectif le passage à l'action.

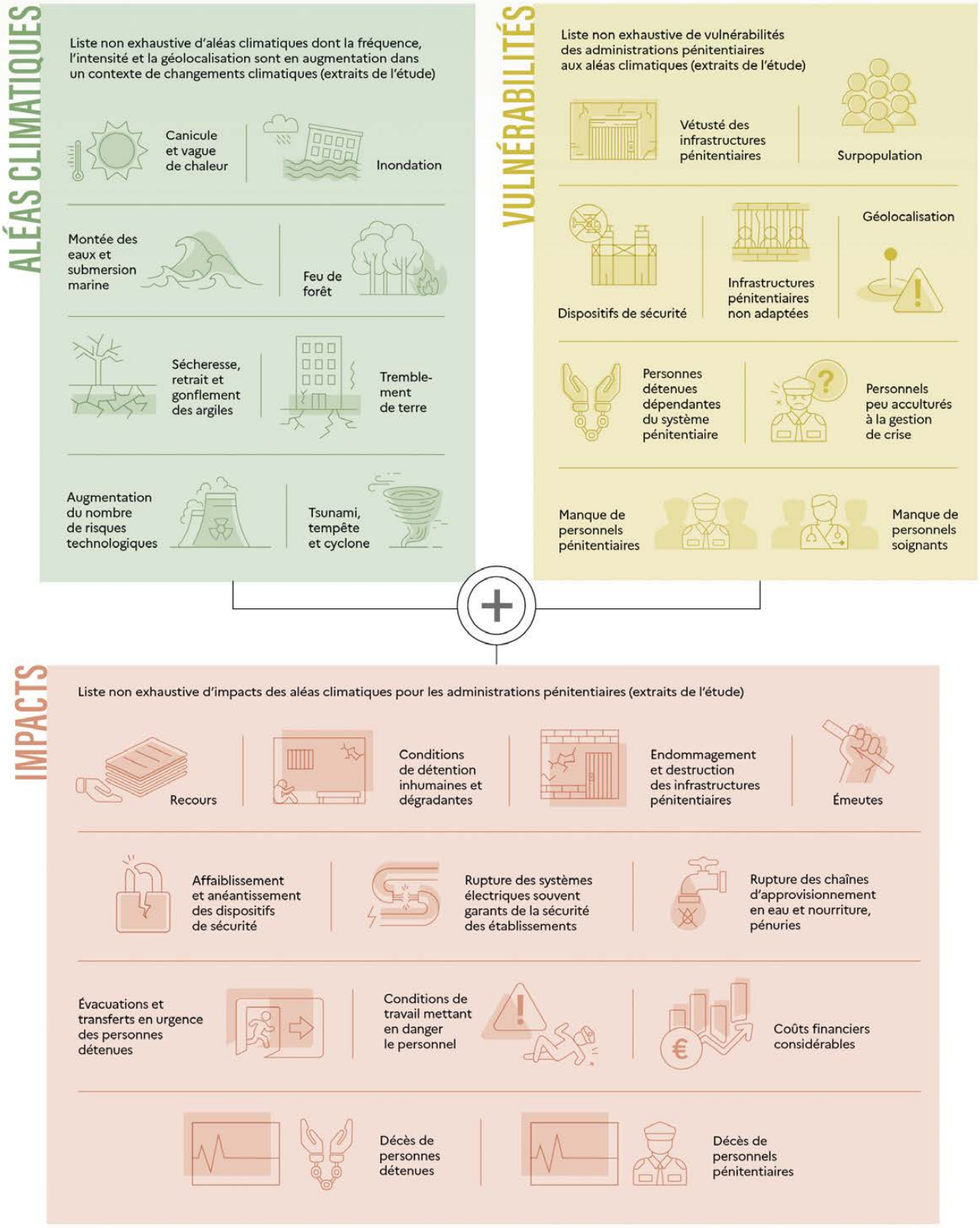
4 Plan de transformation écologique de l'Etat (2024). Direction interministérielle de la transformation publique. https://www.modernisation.gouv.fr/presse/plan-de-transformation-ecologique-de-letat.

5 Par exemple « Le Comité contre la torture comme la Cour européenne des droitsde l'homme estiment que l'exposition à des températures hors des valeurs médianes, élevées ou basses, constitue un traitement inhumain et dégradant. La surpopulation exacerbe encore la chaleur qui augmente, à son tour, la violence et les risques de suicide » Source : Prison Insider. (2024). Si vous négligez vos prisons, c'est à vos risques et périls. https://www.prison-insider.com.

6 Pour en savoir plus, consulter : La prise en charge en détention. Ministère de la justice. https://www.justice.gouv.fr/justice-france/prise-charge-personnes-condamnees-ou-prevenues/prise-charge-detention.

7 La compétence principale du responsable de greffe pénitentiaire est de maîtriser le droit pénitentiaire, le droit et la procédure pénale, ainsi que le fonctionnement et l'utilisation des applicatifs métier, notamment pour la gestion des situations pénales.

Illustration 1 : Changements climatiques : aléas, vulnérabilités et impacts pour les administrations pénitentiaires



Source : Prison Insider – « Les administrations pénitentiaires face à l'urgence climatique ».
Étude financée par la direction de l'administration pénitentiaire française, juillet 2023 à février 2024 / Graphisme : Elise Milonet.

De la prospective environnementale aux actions

La démarche de prospective environnementale initiée par le Laboratoire vise à produire des connaissances, proposer des actions à différents horizons, organiser une discussion collective, favoriser la prise de décision et offrir des visions du futur de l'administration pénitentiaire faites de trajectoires de transformation partagées par l'ensemble des acteurs.

Méthodologie : Production de connaissances, exercices de spéculation et intelligence collective

Basée sur la complémentarité entre l'expertise d'usage[8] et l'expertise de professionnels[9] en matière d'études des changements climatiques, cette démarche se décline en trois volets déployés entre 2023 et 2027 :

1) Le volet scientifique permet de produire ou d'approfondir la connaissance des impacts des changements climatiques sur les services pénitentiaires. Il comprend notamment :

- Une ***étude comparée*** sur la prise en compte des changements climatiques par les administrations pénitentiaires à travers le monde[10] ;
- Une ***étude rétrospective*** ;
- Une ***revue de littérature*** ;
- Des ***temps d'immersion et d'enquête sur le terrain*** ;
- Une ***analyse des vulnérabilités*** aux aléas climatiques.

2) Le volet prospectif vise à construire et décrire des scénarios de menaces, ainsi qu'à explorer des futurs souhaitables pour l'administration pénitentiaire. Pour aboutir à ces résultats, ce volet comprend :

- Des ***scénarios :*** définir, à partir des données du volet scientifique, des hypothèses de changement à des horizons de temps variables ;
- Des ***analyses d'impact des scénarios*** ;
- Des ***mises en récit*** et des ***artefacts :*** incarner les scénarios produits pour les transformer en récit.

3) Le volet activation a pour objectif l'élaboration d'une feuille de route stratégique et opérationnelle. Ce volet se décline en trois principaux temps :

- Une ***analyse rétro-projective des scénarios :*** construire les trajectoires de transition liées à chaque scénario retenu ; concevoir les différentes étapes pour les atteindre ;
- Le ***choix d'une trajectoire :*** définir une trajectoire de transition souhaitable pour les services de l'administration pénitentiaire ;
- Un ***plan d'action*** et sa mise en œuvre.

Cette démarche de prospective environnementale globale est pluridisciplinaire. Elle doit être conduite en étroite collaboration avec les usagers quotidiens des lieux de détention, les parties prenantes des services pénitentiaires[11] et les hauts décideurs. Il s'agit là d'une des clés de réussite pour produire une trajectoire de transition souhaitable et activable.

8 L'expertise d'usage correspond à l'expertise du quotidien, c'est-à-dire issue de l'expérience vécue.

9 Contrairement à l'expertise d'usage, elle est acquise par des habilités et connaissances plus poussées, reflétant un haut niveau de connaissances.

10 Prison Insider. (2023–2024). Les administrations pénitentiaires face à l'urgence climatique. Étude commandée par la direction de l'administration pénitentiaire française.

11 Personnels (pénitentiaire, médical, éducation nationale, gestionnaire délégué ...), familles et proches des personnes placées sous main de Justice, acteurs de la Justice, acteurs de la société civile, chercheurs, etc ....

Exemple d'application : vagues de chaleur et canicules en établissements pénitentiaires

Les périodes estivales constituent des moments relativement complexes pour les établissements pénitentiaires : les cours et ateliers dispensés par l'éducation nationale cessent le temps des vacances scolaires, les activités proposées par les intervenants extérieurs sont moins nombreuses, et les familles et proches ne peuvent pas toujours se rendre aux parloirs. Mis ensemble, ces éléments créent un vécu du temps différent des autres mois en détention. A cela s'ajoutent les fortes chaleurs, qui affectent directement les conditions de détention et de travail, engendrant de nombreuses difficultés dans les établissements pénitentiaires : problèmes de santé mentale et physique, augmentation de l'absentéisme et des arrêts maladies, augmentation des extractions médicales, augmentation des tensions et des violences, vulnérabilité des systèmes informatiques, difficultés d'accès à l'eau, etc.

« A cela s'ajoutent les fortes chaleurs, qui affectent directement les conditions de détention et de travail, engendrant de nombreuses difficultés dans les établissements pénitentiaires: problèmes de santé mentale et physique, augmentation de l'absentéisme et des arrêts maladies, augmentation des extractions médicales, augmentation des tensions et des violences, vulnérabilité des systèmes informatiques, difficultés d'accès à l'eau, etc .»

Face à ce constat, le Laboratoire conduit, depuis l'été 2023, un projet de prospective dédié aux sujets des vagues de chaleur et canicules en détention. Ce projet comprend une phase de recherche, un temps prospectif et un volet activation. Les deux premiers temps sont menés en collaboration avec le Laboratoire des Déviations Ecologiques et Strategic Design Scénarios ; l'équipe projet ainsi formée comprend notamment des spécialistes en design, design-fiction et sciences cognitives.

L'équipe projet a d'abord, dans le cadre de la phase de recherche, documenté le sujet des vagues de chaleur et des canicules par l'intermédiaire d'une étude rétrospective, d'une étude comparée dans les prisons à travers le monde[12], d'une revue de littérature sur le sujet en France et à l'étranger et d'enquêtes menées sur le terrain. Les enseignements de cette étape ont permis la réalisation d'une cartographie des vulnérabilités des établissements pénitentiaires à la chaleur[13].

Les conséquences des canicules dans les prisons du monde

Extrait de l'étude « Les administrations pénitentiaires face à l'urgence climatique », Prison Insider[14]

« De nombreuses études soulignent les conséquences des températures élevées sur la santé des personnes détenues. Certaines établissent notamment un lien entre la chaleur extrême et l'augmentation des cas de suicide en détention. En Louisiane (États-Unis), le nombre de personnes placées sous surveillance pour cause de suicide augmente[15], entre 2015 et 2017, de 36 % lorsque la température est supérieure à 32,2°C. Outre la violence auto-infligée, la chaleur tend à faire augmenter les autres actes de violence en prison. Une étude réalisée sur les établissements du Mississipi (États-Unis) indique que des journées à plus de 26°C, sans possibilité d'atténuation de la chaleur, entrainent[16] une augmentation de 20 % par an des actes de violence au sein de la population carcérale. »

12 Prison Insider. (2023–2024). Les administrations pénitentiaires face à l'urgence climatique. Étude commandée par la direction de l'administration pénitentiaire française.

13 Ces travaux ne sont pas encore rendus publics à ce stade.

14 Prison Insider. (2023–2024). Les administrations pénitentiaires face à l'urgence climatique. Étude commandée par la direction de l'administration pénitentiaire française.

15 Inside Climate News. (2023). Suicide watch incidents in Louisiana prisons spike by nearly a third on extreme heat days, a new study finds [Une nouvelle étude révèle que les incidents liés à la surveillance des suicides dans les prisons de Louisiane augmentent de près d'un tiers les jours de grande chaleur.]. https://insideclimatenews.org/news/18082023/louisiana-prisons-heat-suicide-study/.

16 Mukherjee, A., & Sanders, N. J. (2021). The causal effect of heat on violence: Social implications of unmitigated heat among the incarcerated (NBER Working Paper No. 28987) [L'effet causal de la chaleur sur la violence : Implications sociales de la chaleur non atténuée chez les personnes incarcérées]. National Bureau of Economic Research. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w28987/w28987.pdf.

Dans un second temps, l'ensemble de la matière collectée a permis de créer un atelier de design-fiction pour co-construire des futurs autres permettant d'atténuer l'impacts des vagues de chaleur et des canicules dans les prisons françaises. Ces ateliers prospectifs sont aujourd'hui animés auprès de différents publics : personnes détenues, personnels pénitentiaires en établissements, personnels, société civile, etc. La matière recueillie au cours de ces ateliers permet d'identifier des thématiques de travail et garantit une meilleure compréhension du sujet et de ses angles morts. Ces thématiques de travail sont ensuite explorées dans le volet activation, via des groupes de travail spécifiques.

À ce stade du projet, certains des groupes de travail sont déjà identifiés, incluant :

- une recherche-action sur la lutte contre les effets d'îlot de chaleur dans les cours de promenade ;
- un groupe de travail partagé entre plusieurs organisations (gendarmerie nationale, brigade des sapeurs-pompiers de Paris, ...) pour l'évolution des équipements de protection individuelle ;
- une recherche-action sur l'évolution des aménagements des cellules pour permettre une meilleure prise en compte des conforts thermiques d'été et d'hiver ;
- un groupe de réflexion pour l'évolution du fonctionnement type d'un établissement pénitentiaire pendant une période de canicule.

Ces groupes de travail, pilotés par le Laboratoire, ont pour vocation de faire le lien entre recherche et mise en œuvre d'actions concrètes dans les établissements pénitentiaires.

« L'accompagnement peut porter sur des projets de natures très diverses : réalisation de bilans d'émissions de gaz à effet de serre ; création de jardins d'ornement ou maraîchers ; installation d'équipements visant à réduire l'empreinte environnementale; etc. »

L'accompagnement de projets portés par les établissements pénitentiaires

Le Laboratoire accompagne par ailleurs la mise en œuvre de projets concrets sollicités par les terrains, les structures et les agents pénitentiaires. Cet accompagnement peut prendre la forme d'un soutien financier, d'un appui technique ou logistique, et peut concerner des projets expérimentaux à haut potentiel transformateur, mais aussi des initiatives plus ordinaires, qui apportent une solution à un problème bien identifié.

Ainsi, l'accompagnement peut porter sur des projets de natures très diverses : réalisation de bilans d'émissions de gaz à effet de serre ; création de jardins d'ornement ou maraîchers ; installation d'équipements visant à réduire l'empreinte environnementale (ex. stations de compostage en détention, cuves de récupération des eaux pluviales ou de collecte et de revalorisation des mégots, vélos électriques et bornes de recharge pour véhicules électriques, etc.) ; végétalisation de certains espaces pour favoriser la biodiversité et lutter contre les îlots de chaleur ; bannissement des produits phytosanitaires pour l'entretien des espaces verts ; installation de ruchers ; animation d'ateliers de sensibilisation auprès des personnes détenues ; formation des directeurs des services pénitentiaires aux enjeux écologiques ou encore création d'outils numériques dédiés à ceux-ci..

Un projet citoyen, dedans-dehors :
« Vers Paris 2050 à la prison de La Santé »

À l'automne 2023, le Laboratoire a accompagné une enseignante du Centre Pénitentiaire de Paris La Santé pour permettre à un groupe de personnes détenues de participer au projet

L'atelier commence par la découverte de scénarios qui illustrent les impacts d'un dôme de chaleur sur les prisons françaises dans quelques années. L'objectif des participants et participantes est d'inventer et de décrire un monde où des actions ont été mises en place pour que les scénarios décrits ne se reproduisent pas et n'empirent pas. Pour les accompagner dans cette mission, des cartes inspiration leur sont proposées, dont des exemples sont ici présentés.

Piste d'inspiration (Saison 2)

Thématique(s) : aménagement de l'espace, système de rafraichissement

Et s'il y avait un système pour faire de l'ombre et limiter l'exposition au soleil des cellules ?

☐ *Piste inventée*
☐ *Image illustrative*

Sur la face sud du bâtiment, la prison est obligée d'investir dans un système pour protéger du soleil qui rend les conditions invivables pour les personnes détenues dans ces cellules. Cette solution de stores souples est facilement installable et conçue pour améliorer les conditions à l'intérieur du bâtiment, sans nuire à la sécurité.

Piste d'inspiration (Saison 2)

Thématique(s) : fonctionnement

Et s'il y avait une rotation de personnel plus fréquente pendant la canicule ?

☐ *Piste inventée*
☐ *Image illustrative*

Après plusieurs jours de canicule, le taux de violence dans les prisons augmente non seulement chez les personnes détenues mais chez le personnel qui a du mal à garder son calme. Les créneaux de travail sont réduits afin que le personnel puisse avoir plus de repos.

Extrait des productions réalisées par les personnes détenues, exposées au Pavillon de l'Arsenal

« Vers Paris 2050 » conduit par la ville de Paris, qui a donné lieu à une exposition au Pavillon de l'Arsenal[17]. Le Laboratoire a imaginé et animé une série d'ateliers de prospective invitant les participants à créer des fragments d'un futur où la ville de Paris se serait adaptée aux changements climatiques. A travers ce projet, abordant des questions plus larges que celles liées au devenir des services pénitentiaires au sein du nouveau régime climatique, les participants ont pu débattre, construire un regard critique et contribuer à une réflexion sur l'adaptation de la société en offrant leurs visions personnelles de futurs possibles, lesquelles ont pris place aux côtés des propositions d'autres citoyens et collectifs et ont été présentées au grand public. Ce projet illustre une autre manière, pour le Laboratoire, d'utiliser la prospective.

CONCLUSION

Les projets du Laboratoire, s'ils s'inscrivent dans un domaine d'action général défini par la planification écologique de l'Etat, naissent d'une attention particulière aux signaux faibles et d'une écoute active des expériences, besoins et désirs des personnes travaillant et vivant au sein des établissements pénitentiaires. Ces actions doivent trouver leur place au sein des pratiques quotidiennes et des expertises d'usage ; il s'agit de « passer d'une logique de terrain, *faire sur*, à une logique de terreau, *faire avec* »[18]. En matière de lutte contre les effets des changements climatiques et environnementaux, et de transformation écologique, une coresponsabilité existe entre les différentes échelles (établissements pénitentiaires, directions interrégionales, administration centrale), il est nécessaire qu'elle se traduise par une collaboration. A cet égard, l'un des rôles du Laboratoire est d'agir comme catalyseur ou déclencheur, en inscrivant ces questions aux agendas des parties prenantes et en leur permettant d'en discuter, équipées des données produites par ses travaux. La mobilisation de l'ensemble des puissances d'action n'est pas simple. Elle suppose des moyens, humains et financiers, du temps, d'attention et d'action. Si ces sujets peuvent sembler inaccessibles, car trop techniques, lointains, ou décourageants, le détour par la mise en récit se révèle un intermédiaire prometteur pour permettre à chacun et chacune de se sentir concerné(e) et de participer à la fabrique de l'action publique.

En développant cette démarche de prospective, le Laboratoire offre temporairement un espace où il est possible de changer le cadre des réflexions et de s'autoriser un « et si…alors ». Ce geste spéculatif permet de s'extraire du gluant présent pour y revenir plus habile et mobile ; de retrouver les notions de temps long, d'héritage, de dépendances et de soutenabilité.

C'est un horizon. Plus nombreuses seront les personnes à décider des voies à emprunter pour l'atteindre, plus sûres, tranquilles et profitables elles seront.

17 Vers Paris 2050 | Expositions | Pavillon de l'Arsenal (pavillon-arsenal.com).

18 Escach, N. (2024, juillet). Prospective pour l'action écologique : vers d'autres récits territoriaux. Communication présentée au colloque de Cerisy, Cerisy-la-Salle, France.

Services d'eau et changement climatique :

Les innovations gagnantes pour une gestion plus résiliente

Geneviève Leboucher, Senior Vice President - Municipal Water chez Veolia
Sandrine Oberti, Directrice de la Valorisation Scientifique – DEST (Veolia Recherche & Innovation)

Geneviève Leboucher, ancienne élève de l'école Polytechnique et diplômée d'AgroParisTech et du Collège des Ingénieurs, possède plus de 25 ans d'expérience dans les services d'eau et d'assainissement. Elle a occupé des postes de direction de business units, de direction opérationnelle, de direction technique, de R&D et de marketing dans le traitement de l'eau potable et des eaux usées. Depuis 2020, elle est Senior Vice President - Municipal Water chez Veolia, où elle supervise le segment de l'eau municipale et développe des solutions pour relever les défis environnementaux, notamment la préservation des ressources et l'adaptation au changement climatique.

Docteur en chimie analytique, Sandrine Oberti a débuté sa carrière il y a 25 ans comme Directeur technique à l'Office français d'ingénierie sanitaire (OFIS). Depuis 2004, elle s'est consacrée au pilotage de projets de recherche et d'innovation dans la gestion des ressources en eau, la désinfection, l'analyse des eaux, la résilience et les villes durables. Aujourd'hui, en tant que Directrice de la valorisation scientifique chez DEST, sa mission est de promouvoir l'excellence scientifique en rendant les résultats de la recherche accessibles à tous.

Le changement climatique met nos ressources en eau à rude épreuve, entraînant, selon les géographies, des pénuries croissantes, des sécheresses sévères et une pression accrue sur les infrastructures essentielles. Pour faire face à ces défis urgents, il est impératif que les services d'eau évoluent. L'innovation joue un rôle crucial dans cette transformation : détection avancée des fuites, gestion proactive de la corrosion et réutilisation des eaux usées traitées sont autant de solutions essentielles pour optimiser la gestion de cette ressource précieuse et garantir un approvisionnement fiable.

Mais les enjeux ne se limitent pas à ces aspects. Pour anticiper le stress hydrique et préserver cette ressource précieuse, il est crucial d'adopter des stratégies alternatives telles que la recharge des nappes phréatiques, l'anticipation de la vulnérabilité des systèmes de production d'eau potable au changement climatique, et la mise en place de solutions plus sobres et économes en eau. En parallèle, renforcer les systèmes d'assainissement face aux pluies intenses et à la pollution est également indispensable.

Découvrez comment ces solutions transforment la gestion de l'eau, relèvent les défis climatiques, tout en intégrant les enjeux de santé publique.

INTRODUCTION

L'EAU : UN MARQUEUR DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le changement climatique bouleverse le cycle de l'eau, entraînant des événements extrêmes tels que les sécheresses, les inondations, les tempêtes et les submersions littorales. Ces perturbations ont aussi un impact direct sur la santé publique, notamment en dégradant la qualité de l'eau, ce qui favorise la propagation de maladies hydriques. Environ 36 % de la population mondiale vit déjà dans des régions où l'eau est rare, et ce chiffre pourrait atteindre 40 % d'ici 2040 selon le GIEC[1]. Les impacts de ces événements sont amplifiés par l'urbanisation et les migrations, qui augmentent les besoins

1 Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). (2021). Sixième rapport d'évaluation du GIEC : Changements climatiques 2021 – Les éléments scientifiques. Cambridge University Press.

en eau et surchargent les infrastructures. Un chiffre à retenir : 90 % des catastrophes naturelles sont liées à l'eau[2], que ce soit par la raréfaction des ressources ou par des phénomènes extrêmes.

STRATÉGIES D'ADAPTATION ET D'ATTÉNUATION : RENFORCER LA RÉSILIENCE DES SERVICES D'EAU

Les opérateurs des services d'eau[3], font face à ces grands défis : gérer le manque d'eau chronique et les pluies intenses, tout en maintenant une qualité d'eau conforme pour préserver la santé publique. Ils doivent anticiper les crises, assurer la continuité des services, et adapter les infrastructures tout en planifiant des solutions à long terme. Cet enjeu clé pour les opérateurs et les territoires nécessite de réévaluer en permanence les systèmes et d'adapter les plans d'investissement. Cet article explore ces stratégies pour renforcer la résilience des services d'eau, avec un accent particulier sur les enjeux liés au stress hydrique et aux inondations.

Sans eau, aucun organisme – humain, animal, végétal, ne pourrait survivre. Pourtant, à l'échelle mondiale, sa disponibilité, mais aussi sa qualité, sont menacées par le changement climatique, avec des répercussions sanitaires majeures. La multiplication des sécheresses mais aussi des inondations, les obstacles persistants à la généralisation sur l'ensemble du globe des infrastructures WASH (eau, assainissement et hygiène), et la vulnérabilité croissante des infrastructures face aux catastrophes climatiques, obligent les opérateurs d'eau à revoir leur gestion de l'eau pour maximiser la disponibilité des ressources. A l'échelle européenne, près d'un habitant sur huit vit dans une zone potentiellement inondable, mais 30 % des populations du Sud de l'Europe sont exposées à un stress hydrique permanent[4]. Ces phénomènes appellent des solutions immédiates : réduction des fuites, gestion durable des infrastructures, déploiement de solutions de gestion de l'eau plus économes, interconnexion des réseaux et réutilisation des eaux usées (REUT). Dès maintenant, les opérateurs doivent anticiper l'avenir en adaptant les systèmes de production d'eau potable, par exemple en planifiant des solutions de recharge des nappes pour garantir un approvisionnement résilient.

LES NOUVELLES TECHNOLOGIES AU SERVICE DE LA RECHERCHE ET DE LA RÉPARATION DES FUITES D'EAU

La lutte contre le gaspillage d'eau est une priorité, et cela commence par la détection et la réparation des fuites. À l'échelle mondiale, ces fuites représentent en moyenne 30 % des volumes d'eau potable produits, et jusqu'à 50 % dans certains réseaux vieillissants. Ce gaspillage massif compromet nos ressources en eau et entraîne des coûts élevés.

Pour réduire les fuites, les opérateurs d'eau utilisent des technologies conventionnelles et innovantes telles que la corrélation acoustique, qui analyse la vitesse du son pour localiser les fuites, et le gaz traceur pour détecter les défauts dans les conduites. Les capteurs acoustiques détectent les bruits générés par les fuites, ce qui permet de localiser les fuites avec une grande précision, même dans des environnements complexes. En 2023, leur utilisation a permis de réduire les pertes d'eau de 15 % dans le réseau de Barcelone et de diminuer les fuites de 20 % en 5 ans sur le réseau de Bordeaux en France. Cependant, les grandes fuites peuvent parfois échapper à la détection.

Pour innover, de nouvelles techniques sont testées : en France, le projet Echoleaks, véritable "oreille numérique" utilise des capteurs acoustiques et l'intelligence artificielle pour évaluer la gravité des fuites, quantifier les volumes d'eau perdus et prioriser les réparations. D'autres solutions déja opérationnelles, comme LeakTracker d'Alcom Technologies, détectent les fuites en moins d'une minute via smartphone, tandis que des chiens renifleurs, entraînés à repérer les traces de chlore, offrent une alternative efficace dans plusieurs régions.

RÉDUIRE LA CORROSION POUR DES RÉSEAUX D'EAU PLUS DURABLES ET RÉSILIENTS

Les infrastructures vieillissantes, notamment les canalisations, sont particulièrement vulnérables aux impacts du changement climatique, tels que les inondations et les sécheresses[5]. La principale cause de défaillance n'est pas l'âge, mais la corrosion, qui fragilise les réseaux et peut entraîner des casses et des fuites.

Canalisation d'eau corrodée

Sans gestion proactive de la corrosion, la dégradation des canalisations métalliques s'accélère, augmentant les coûts de maintenance et provoquant des interruptions dans la distribution d'eau potable. Même une eau conforme aux normes, si elle est corrosive, ou un sol corrosif, peuvent affaiblir les réseaux, les rendant plus vulnérables aux événements climatiques extrêmes.

2 The human cost of weather-related disasters 1995-2015. (2015, November 24). UNDRR. https://www.undrr.org/publication/human-cost-weather-related-disasters-1995-2015.

3 ***Les services d'eau et d'assainissement*** couvrent la distribution d'eau potable aux abonnés du service d'eau, ainsi que la collecte et l'épuration des eaux usées que ces abonnés produisent.

4 European Environment Agency. (2024, July 1). Nécessité d'une action urgente pour atténuer les risques climatiques relatifs à la santé liés aux inondations, aux sécheresses et à la détérioration de la qualité de l'eau. https://www.eea.europa.eu.

5 OECD. (2024). *Des infrastructures pour un avenir résilient face au changement climatique*. Editions OCDE. https://doi.org/10.1787/464404b3-fr.

Le programme de recherche CROWN (Corrosion & Reliability Optimisation of Water Networks) propose une approche proactive pour répondre à ces enjeux. En utilisant des **coupons de corrosion** pour mesurer la vitesse de dégradation des canalisations, il devient possible d'identifier les zones critiques où la corrosion est la plus rapide. Cela permet **d'ajuster la physico-chimie de l'eau**, via des traitements de reminéralisation ou l'optimisation du dosage des produits chimiques dès l'usine.

Cette approche réduit la corrosivité de l'eau, prolonge la durée de vie des infrastructures, et garantit une distribution d'eau fiable, tout en rendant les services plus résistants aux aléas climatiques.

Ce projet de recherche a été appliqué avec succès sur plusieurs contrats d'eau en France. Notamment, il a permis à Sablé-sur-Sarthe de réduire la vitesse de corrosion jusqu'à 50 % dans certaines zones.

SOBRIÉTÉ HYDRIQUE : TOUS ENGAGÉS !

Adopter des pratiques de consommation d'eau durables est crucial pour alléger la pression sur les ressources utilisées dans la production d'eau potable. De nombreuses solutions existent, tant en termes techniques qu'en termes d'ingénierie tarifaire, de télérelève[6].

INONDATIONS : LES SOLUTIONS DES VILLES POUR FAIRE FACE AUX CRUES

En plus du manque d'eau et des sécheresses de plus en plus fréquentes, on observe également des périodes **de « trop d'eau ». Les inondations**, plus fréquentes et violentes du fait du changement climatique, posent un défi important pour les services d'eau. L'augmentation des précipitations intenses, la montée des océans et l'urbanisation accélèrent le ruissellement et augmentent les risques de crues. Celles-ci affectent la qualité de l'eau en transportant des polluants et des sédiments et mettent à rude épreuve les infrastructures d'assainissement. Pour renforcer la résilience des systèmes d'eau au risque d'inondation, il est essentiel de mettre en place des solutions combinant gestion des risques et infrastructures durables.

Parmi celles-ci, la **gestion hydrométéorologique** permet de surveiller et de prévoir les conditions climatiques en temps réel, facilitant une réponse rapide aux événements extrêmes. Par exemple, la ville de Dinard, en France, utilise des vannes hydrodynamiques pour limiter les débordements en cas de fortes pluies, en valorisant la capacité de stockage des ouvrages de collecte. À Nîmes, le plan AR3ENE combine des alertes précoces, obtenues en analysant les événements historiques et les paramètres hydrométéorologiques, avec une surveillance continue pour organiser des mesures préventives et des interventions d'urgence ciblées. Au Danemark, la ville de Tønder, ayant subi de graves inondations au cours de la dernière décennie en raison de la montée des eaux, a mis en place un système de gestion dynamique des installations de collecte et stockage des eaux pluviales en temps réel, qui utilise l'intelligence artificielle et peut avertir les autorités jusqu'à six heures avant une inondation.

« L'augmentation des précipitations intenses, la montée des océans et l'urbanisation accélèrent le ruissellement et augmentent les risques de crues. »

En complément, la **gestion dynamique des réseaux d'eaux usées** aide également à prévenir les débordements lors des fortes pluies. Par exemple, à Kolding au Danemark, un système de surveillance en temps réel (Hubgrade Performance Sewer) optimise le flux des eaux usées pour éviter les débordements et réduire les coûts énergétiques.

Dans certains cas, une approche plus complète est nécessaire, incluant **la prévision des inondations et des systèmes d'alerte** directe pour la population. Dans la vallée de la Bièvre, à Paris, un système d'alerte précoce avertit les habitants des risques d'inondation en s'appuyant sur des prévisions actualisées toutes les cinq minutes, une anticipation de trois heures et un modèle hydraulique en 2D pour visualiser les zones à risque en temps réel. Depuis sa mise en place, il a permis de gérer des épisodes de crue comparables à ceux des années 1980, avec des dommages réduits.

D'autres solutions, basées sur **la collecte et le stockage des eaux pluviales** dans des zones d'accumulation temporaire, constituent des solutions innovantes pour atténuer les risques d'inondation. À Alicante, en Espagne, le Parc Urbain d'El Marjal est une infrastructure verte de 3,6 hectares qui inclut des espaces verts et deux étangs capables de retenir jusqu'à 45 000 m³ d'eau de pluie. Cette zone humide artificielle soutient la biodiversité locale tout en offrant un espace de loisirs aux habitants.

6 Source : Institut Veolia. (2024). Sobriété : les enjeux pour Veolia Eau France. FACTS: Défis sociaux et économiques de la sobriété (Edition 26). https://www.institut.veolia.org/sites/g/files/dvc2551/files/document/2024/10/Veolia_FACTS_26_2024_FR_Web_Interactif_0.pdf.

Enfin, lorsque les moyens de prévention s'avèrent insuffisants, **des solutions de gestion de crise** deviennent essentielles pour maintenir l'approvisionnement en eau potable et restaurer les infrastructures d'eaux usées après un événement climatique extrême. La tempête Alex en 2019 a durement frappé les Alpes-Maritimes, provoquant pluies diluviennes, inondations, destructions partielles de villages et un bilan élevé de victimes. Un centre opérationnel a été mis en place à Breil-sur-Roya pour coordonner des actions de réparation, dont l'installation de canalisations d'eau potable, le raccordement de sources d'eau, et l'utilisation d'unités mobiles de traitement des eaux usées pour rétablir rapidement les services essentiels.

Ces crises montrent l'importance d'une capacité de réponse rapide, mais elles soulignent également la nécessité d'adapter la production d'eau potable aux nouveaux défis climatiques pour anticiper les besoins futurs.

ADAPTER LA PRODUCTION D'EAU POTABLE AUX DÉFIS CLIMATIQUES

Le changement climatique entraîne raréfaction des ressources en eau, hausse des températures, crues et dégradation de la qualité, ce qui met en danger la production d'eau potable. L'adaptation des systèmes devient indispensable, notamment dans les territoires en stress hydrique, conformément à la **Loi Résilience et Climat de 2021**[7].

Sans adaptation, les territoires risquent des **pénuries d'eau**, une **hausse des coûts d'exploitation**, et des **infrastructures vulnérables**, compromettant la continuité du service. C'est le défi auquel fait face **Toulouse Métropole**, qui a confié la gestion de son eau potable à SETOM, société de Veolia, chargée d'anticiper ces impacts à l'horizon 2035-2050.

Pour répondre à ces enjeux, les équipes de Veolia ont mené une étude pour identifier les **vulnérabilités du système face aux scénarios climatiques**, évaluer les risques pesant sur la production d'eau potable, et mieux dimensionner les infrastructures futures. Ce diagnostic de vulnérabilité repose sur trois axes : l'analyse des événements climatiques passés, l'étude de la vulnérabilité des infrastructures, et l'évaluation des impacts financiers (coûts d'exploitation/coûts d'investissement). L'approche va être étendue à d'autres sites afin de rendre l'évaluation des risques climatiques plus robuste et les préconisations d'adaptation plus précises.

7 Légifrance. (2021). LOI n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets. https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043956924/.

« Face aux sécheresses, pénuries d'eau et stress hydrique, la réutilisation des eaux usées traitées (REUT) s'impose comme une solution alternative pour préserver les ressources en eau douce. Pourtant, en France, moins de 1 % de ces eaux sont réutilisées, tandis que des pays comme Israël atteignent 90 %. »

L'EAU EST TROP PRÉCIEUSE POUR N'ÊTRE UTILISÉE QU'UNE SEULE FOIS !

Face aux sécheresses, pénuries d'eau et stress hydrique, la **réutilisation des eaux usées traitées (REUT)** s'impose comme une solution alternative pour **préserver les ressources en eau douce**. Pourtant, en France, moins de **1 %** de ces eaux sont réutilisées, tandis que des pays comme Israël atteignent **90 %**. Si les technologies permettant de traiter les eaux usées pour leur réutilisation sont bien maîtrisées par les opérateurs d'eau, des **contraintes réglementaires** freinent encore leur généralisation en France.

Conscientes des enjeux, la recherche et l'innovation ont joué un rôle clé ces dix dernières années, en démontrant l'innocuité sanitaire des solutions de REUT, tout en optimisant leur mise en œuvre. Parmi les projets phares, on trouve **Irri-Alt'Eau**, qui a testé les bénéfices de la micro-irrigation des vignes avec des eaux usées traitées, et **SmartFertiReuse**, combinant récupération des eaux usées et gestion optimisée des engrais pour l'agriculture.

Ces avancées ont permis de proposer une solution fiable et sécurisée: la **ReutBox**, rendant la réutilisation des eaux usées accessible pour des usages couverts par la réglementation sanitaire française.

Système **Plug & Reuse**, la Reutbox est capable de réutiliser entre **5 et 20 m³/h** d'eaux usées. Déjà déployée dans plus de **30 stations d'épuration** en France, cette technologie a permis d'économiser **15 000 m³** d'eau potable par an à **Narbonne** et **18 000 m³** à **Rodez**. L'eau ainsi recyclée couvre les **besoins internes** des stations, tels que la préparation des polymères, le nettoyage des équipements et, plus rarement, le nettoyage des locaux ou l'arrosage des espaces verts, sans nécessiter d'autorisation administrative. Elle peut aussi, lorsqu'elle répond à des critères de qualité de type A, avec des autorisations administratives, couvrir des **usages externes** sur le territoire : hydrocurage, ou encore lavage de voirie.

LA RECHARGE DE NAPPES : UNE SOLUTION CRÉDIBLE POUR LUTTER CONTRE LE MANQUE D'EAU

Environ 95 % de l'eau douce est stockée dans les nappes aquifères et une grande partie de l'eau que nous consommons en provient (25 % à 40 %)[8]. Cependant, le changement climatique, qui perturbe le cycle naturel de l'eau, compromet la **capacité des nappes à se régénérer naturellement par les précipitations**. Selon le GIEC, ce processus pourrait être réduit de 10 % à 30 % d'ici 2070 à l'échelle mondiale[9], engendrant des défis tels que l'équilibre entre besoins en eau et disponibilité des ressources ou encore les conflits d'usage.

Le sud de l'Europe est particulièrement touché, notamment **l'Espagne**, où **60 %** du territoire souffre d'un déficit hydrique, avec des réserves d'eau à leur plus bas niveau depuis **25 ans** en 2022. Pour répondre à cette situation critique, une initiative intéressante consiste à **réinfiltrer des eaux usées régénérées dans les nappes phréatiques** afin de les recharger. C'est l'ambition du **projet LIFE Matrix**, cofinancé par l'Union européenne, d'une durée de **36 mois**, visant à démontrer la faisabilité technique, environnementale et sanitaire de la **recharge des aquifères gérée (MAR)** vis à vis des eaux recyclées sur la **Costa del Sol**.

« Le changement climatique, qui perturbe le cycle naturel de l'eau, compromet la capacité des nappes à se régénérer naturellement par les précipitations. Selon le GIEC, ce processus pourrait être réduit de 10% à 30% d'ici 2070 à l'échelle mondiale. »

Les techniques de traitement envisagées combinent des procédés **physico-chimiques, biologiques** et des **solutions fondées sur la nature** (SFN)[10], comme les zones humides artificielles. Grâce à ces traitements avancés, les eaux usées seront transformées en une eau de **très haute qualité**, apte à être réinfiltrée dans les nappes phréatiques. Concrètement, **50 000 m³** d'eaux usées recyclées seront réutilisés pour recharger les aquifères de la **Costa del Sol**, augmentant ainsi de **15 %** les réserves d'eaux souterraines disponibles.

Une autre initiative, la **recharge artificielle de nappe**, consiste à compenser la baisse des niveaux de nappe en infiltrant de l'eau issues de sources alternatives, comme les rivières, vers les aquifères. En période de crue, les excès d'eau sont acheminés et infiltrés, augmentant ainsi les niveaux des nappes. Cette technique offre une alternative crédible aux retenues collinaires en limitant l'évaporation et l'eutrophisation des eaux en surface. Courante en Australie et en Californie, cette technique régénère les aquifères, limite l'évaporation et prévient l'intrusion saline dans les aquifères côtiers, mais reste peu répandue en France.

Une expérimentation menée par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) utilise l'eau excédentaire de la Garonne captée au printemps pour recharger la nappe alluviale. L'eau tempérée à 14-15°C aide à lutter contre le réchauffement du fleuve. Ce projet anticipe un déficit de plus d'un milliard de m³ d'eau d'ici 2050, soulignant l'importance de cette solution pour gérer le stress hydrique. Outre la régénération des eaux souterraines, cette technique recrée le cycle naturel d'infiltration, limite l'évaporation et l'eutrophisation, et contribue à la biodiversité. Toutefois, elle peut modifier les équilibres hydrologiques et présente des risques de pollution si la qualité de l'eau infiltrée n'est pas bien contrôlée.

LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE COMME ÉLÉMENT CLÉ POUR LA RÉSILIENCE DES SERVICES D'EAU FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les **Solutions Fondées sur la Nature** (SFN) sont des approches qui utilisent les processus naturels pour résoudre des problèmes environnementaux et climatiques. Par exemple, la restauration des zones humides permet de recharger les nappes phréatiques, de prévenir les inondations et de favoriser la biodiversité. De même, la végétalisation et la désimperméabilisation des villes aident à absorber l'eau de pluie, réduisant ainsi les risques d'inondation en milieu urbain.

8 *Les nappes phréatiques | Agence de l'Eau Artois-Picardie.* (n.d.). https://www.eau-artois-picardie.fr/education-leau-dossiers-thematiques/les-nappes-phreatiques#:~:text=Environ%2095%20%25%20de%20l'eau,infiltrations%20d'eau%20de%20pluie.

9 *IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-4/.

10 ***Les solutions fondées sur la nature (SFN)*** *sont des actions visant à protéger, gérer durablement et restaurer les écosystèmes pour répondre à des défis tels que le changement climatique, la gestion de l'eau ou la biodiversité, tout en apportant des bénéfices pour la société.*

Ces solutions présentent de nombreux avantages. Elles aident à atténuer les effets des inondations, améliorent la qualité de l'eau et renforcent la résilience des écosystèmes face aux événements climatiques extrêmes. De plus, les SFN sont souvent plus économiques à long terme que les infrastructures traditionnelles. C'est dans cette même optique de résilience que Veolia s'engage également sur des solutions concrètes de préservation de l'eau, illustrées par un indicateur clé : le volume d'eau douce préservée.

DES ENGAGEMENTS FORTS POUR LA PRÉSERVATION DE L'EAU, CONCRÉTISÉS PAR UN INDICATEUR CLÉ : LE VOLUME D'EAU DOUCE PRÉSERVÉE

Dans ce contexte de changement climatique où la préservation des ressources en eau douce devient cruciale, Veolia s'engage activement à protéger cette ressource vitale. L'entreprise a mis en place un **indicateur clé, le volume annuel d'eau douce préservée**, visant à économiser 1,5 milliard de m³ d'eau d'ici 2027. Cet indicateur repose sur trois éléments : les volumes d'eau réutilisée après traitement, les volumes d'eau dessalée, et les volumes préservés grâce à l'amélioration du rendement des réseaux d'eau potable. Pour atteindre cet objectif, Veolia met en œuvre plusieurs solutions concrètes : réduire ses prélèvements et augmenter le recyclage dans les usines d'eau potable et les sites industriels ; diminuer de 40 % les fuites dans les canalisations en France pour atteindre un taux inférieur à 10 % dans la plupart des territoires ; encourager la sobriété des usages ; et soutenir les agriculteurs dans l'adoption de pratiques économes en eau.

LES EAUX USÉES : UN INDICATEUR DE SANTÉ PROMETTEUR DANS LE CONTEXTE DU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE

Les services d'eau deviennent plus résilients face au changement climatique grâce à des solutions écologiques – comme les SFN – et innovantes, tout en protégeant la santé humaine. Les eaux usées peuvent aussi être d'une aide précieuse comme indicateurs de santé publique. En effet, le dérèglement climatique entraîne des variations de température et de précipitations **favorisant la propagation des maladies à transmission vectorielle**. Face à ces risques accrus, les eaux usées représentent un outil de surveillance avancé de la propagation de pathogènes émergents.

Pendant la pandémie de COVID-19, les eaux usées se sont révélées être un outil essentiel pour surveiller et anticiper l'évolution de la circulation virale. Cette approche, connue sous le nom de Wastewater Based Epidemiology (WBE), a été appliquée avec succès par les équipes de recherche de Veolia en 2020. Ces dernières ont confirmé la pertinence de cette surveillance en développant une offre de services innovante, basée sur l'utilisation de la PCR[11] digitale et d'un tableau de bord en ligne contextualisant les analyses avec des données opérationnelles (pluviométrie, charge des stations d'épuration, etc.). Cette solution permettait **d'anticiper les pics d'hospitalisation jusqu'à deux semaines à l'avance**, offrant aux collectivités locales une marge précieuse pour réagir efficacement à l'évolution de l'épidémie et prendre les mesures nécessaires.

CONCLUSION

ADOPTER DES STRATÉGIES RÉSILIENTES, AU SERVICE D'UNE MEILLEURE SANTÉ HUMAINE ET ENVIRONNEMENTALE

Le changement climatique impose une révision en profondeur de la gestion des services d'eau. Face aux défis croissants de pénurie et de surplus d'eau, l'innovation et l'adaptabilité des infrastructures sont essentielles pour maintenir la continuité et la sécurité des approvisionnements. En déployant des technologies de pointe pour la détection des fuites, en anticipant les effets de la corrosion, en favorisant la réutilisation des eaux usées et en recourant aux infrastructures vertes et aux solutions fondées sur la nature, les gestionnaires de l'eau apportent des réponses concrètes aux enjeux de manque d'eau.

Parallèlement, pour faire face aux excès d'eau, la gestion des inondations exige des stratégies variées allant au-delà de la seule gestion de crise. La mise en place de systèmes hydrométéorologiques, de dispositifs de rétention d'eau et de solutions de prévision et d'alerte permet aux collectivités d'anticiper les épisodes extrêmes et de limiter les risques pour les populations.

Enfin, pour préserver cette ressource vitale et en garantir l'équité d'accès, des modèles économiques durables et adaptatifs doivent être mis en place, tout en engageant tous les acteurs de la société dans une gestion concertée de l'eau. L'enjeu est de taille : il s'agit de transformer notre manière de consommer et de gérer l'eau pour protéger cette ressource, essentielle à la vie et au développement de nos sociétés.

11 PCR = Polymerase Chain Reaction. C'est une technique d'analyse qui permet d'amplifier l'ADN ou l'ARN d'un micro-organisme. Elle permet donc de détecter directement la présence ou non de ce microorganisme dans l'échantillon d'eau.

LEKO : Une solution de surveillance acoustique pour évaluer et suivre la santé des écosystèmes

Contact : Marie Maurel, Responsable activités Ressources en eau et Biodiversité - BIRDZ
Auteur : Sandrine Oberti, Directrice de la Valorisation Scientifique – DEST (Veolia Recherche & Innovation)

LES DÉFIS DE LA SURVEILLANCE DE LA BIODIVERSITÉ

La biodiversité est en grave déclin, avec 75% des milieux terrestres et 40% des écosystèmes marins dégradés, menaçant un million d'espèces d'extinction en grande partie à cause des activités humaines (IPBES 2019, IUCN 2021). Essentielle pour réguler le climat et protéger contre les catastrophes naturelles, sa préservation nécessite une surveillance continue et automatisée pour dépasser les limitations des inventaires manuels classiquement réalisés par l'homme.

La santé des écosystèmes et celle des humains sont intrinsèquement liées, comme l'explique le concept "One Health". Cette approche vise à équilibrer la santé des personnes, des animaux et des écosystèmes, reconnaissant leur interdépendance. La dégradation des habitats naturels peut faciliter l'émergence de maladies zoonotiques, impactant directement la santé humaine. Surveiller et préserver la biodiversité aide ainsi à prévenir les crises sanitaires futures (OMS).

SURVEILLER LA BIODIVERSITÉ EN ÉCOUTANT LES CHAUVES-SOURIS !

Birdz, en collaboration avec le Muséum national d'Histoire naturelle, a développé un système de surveillance utilisant des capteurs bioacoustiques pour écouter et analyser les sons de plus de 100 espèces, des chauves-souris aux sauterelles, oiseaux et insectes nocturnes. Ces capteurs identifient et comptent les espèces dans un écosystème, assurant un suivi continu des indicateurs de santé des écosystèmes et contribuant à la préservation de la biodiversité.

Développer ces capteurs autonomes à énergie solaire et communicants via réseaux mobiles et WiFi a été un défi majeur. Ils doivent être robustes, non vandalisables en milieu urbain, et efficaces pour collecter des données en continu, même dans des environnements difficiles d'accès.

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE AU SECOURS DE LA BIODIVERSITÉ

D'autres défis technologiques majeurs ont été relevés, notamment l'intégration et l'analyse de données bioacoustiques. Ce projet, fruit d'une collaboration entre Veolia et le Muséum national d'Histoire naturelle, via une chaire de modélisation mathématique, a permis de développer des scripts et algorithmes avancés pour détecter et identifier les signatures sonores des espèces.

Établir des corrélations fiables et précises entre les signatures sonores et les espèces a été clé pour identifier les espèces présentes, comprendre leurs interactions, et mesurer directement la santé des écosystèmes et l'efficacité des mesures de conservation.

Aujourd'hui, la solution permet d'identifier 29 espèces de chauves-souris ou groupes de chauves-souris, 42 espèces de sauterelles, 4 espèces de mammifères, 3 espèces d'oiseaux et 9 autres espèces (papillons, vers luisants et amphibiens). Des recherches sont en cours pour élargir cette identification. La capacité à ajuster ces systèmes pour différentes régions et variations de biodiversité reste un enjeu significatif pour leur déploiement mondial.

DES INDICATEURS CLÉS DE LA BIODIVERSITÉ UTILES POUR MESURER L'IMPACT DE SOLUTIONS D'ATTÉNUATION

La solution LEKO représente une avancée notable dans le domaine de la surveillance environnementale, car les données collectées permettent de définir 4 indicateurs clés d'impact de l'activité humaine sur la biodiversité.

1. **Santé de l'écosystème :** Proportion d'espèces spécialistes (marqueur de bonne santé d'un écosystème).
2. **Pollution lumineuse :** Sensibilité des espèces à la lumière.
3. **Couverture arborée :** Santé des habitats forestiers.
4. **Qualité des eaux de surface :** Présence d'espèces spécialistes des plans d'eau.

Ces indicateurs, accessibles via un portail, permettent d'évaluer la santé des écosystèmes et de mesurer l'impact des stratégies de conservation de la biodiversité de projets d'aménagements urbains ou industriels, soutenant ainsi une gestion proactive des enjeux environnementaux.

UNE SOLUTION PLÉBISCITÉE

LEKO a reçu plusieurs distinctions importantes, reconnaissant son approche innovante pour une gestion durable des ressources naturelles et la préservation de la biodiversité (IoT Awards 2023, Grand Prix Change 2023, Prix de l'entreprise de l'année 2021 pour l'Europe par Frost & Sullivan).

Déployée en France, en Espagne, en Italie, au Royaume-Uni et bientôt aux États-Unis via des installations fixes et mobiles, la solution LEKO assure une surveillance durable sans impact environnemental significatif de la biodiversité, de la santé des écosystèmes. Cette technologie et son innovation soutiennent la transformation écologique en favorisant la préservation de la santé et de l'environnement.

Lek(ı)
ICI ON ÉCOUTE LA NATURE
En savoir +
birdz
by VEOLIA
MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE
NATURELLE

L'IA, une alliée pour l'agriculture face au changement climatique

Lalit Gautam
PDG et fondateur de SenseGrass

Lalit Gautam est PDG et fondateur de SenseGrass, une entreprise d'agrotechnologie qui optimise la santé des cultures et des sols en utilisant les données d'IA Agronomist provenant des capteurs, des satellites, de la météo et des utilisateurs. Lalit Gautam, agriculteur indien de troisième génération, s'est appuyé pour créer sa startup sur son excellente connaissance des défis auxquels sont confrontés les agriculteurs indiens (dégradation des sols, effets du changement climatique sur la productivité, conséquences sociales, etc.). Il est lauréat de plusieurs bourses et de nombreux prix (deux fois « Forbes 30 Under 30 » de la liste « Technology and Manufacturing for India and Europe », « MIT 35 Under 35 »).

Le changement climatique, qui affecte en profondeur les structures socio-économiques dans le monde entier, perturbe de nombreux secteurs, notamment l'agriculture. Le secteur agricole, en effet, est particulièrement exposé aux phénomènes météorologiques extrêmes, qui sont de plus en plus intenses et fréquents, et à la dégradation des ressources naturelles. Ces perturbations menacent la production alimentaire, la sécurité alimentaire mondiale, la stabilité économique et les moyens de subsistance des populations. L'agriculture étant très sensible au changement climatique, un phénomène qu'elle contribue à accentuer tout en le subissant, il est urgent de concevoir et d'adopter des solutions pour favoriser la résilience et la durabilité.

Le présent article explore comment la technologie et l'intelligence artificielle (IA) pourraient contribuer à atténuer les effets du changement climatique sur l'agriculture. En examinant les difficultés propres au secteur, l'article souligne l'importance des données et de l'innovation technologique dans la transformation des pratiques agricoles, en particulier dans les pays en développement. En s'intéressant aux pratiques innovantes de SenseGrass, l'article montre comment des solutions fondées sur l'IA peuvent transformer l'agriculture, avec des pratiques plus durables et une plus grande résilience. Les exemples présentés montrent que l'IA pourrait aussi résoudre d'autres problèmes posés par le changement climatique, au-delà de l'agriculture.

INTRODUCTION

Le changement climatique affecte de plus en plus l'agriculture. La hausse des températures, le caractère imprévisible des précipitations et la fréquence accrue des phénomènes extrêmes perturbent les cycles de croissance des cultures, limitent les rendements et compromettent la qualité des aliments. Si quelques degrés en plus accélèrent la croissance des cultures, ils augmentent aussi le risque d'exposition aux ravageurs et de maladies, ce qui entraîne des pertes considérables. Or, l'agriculture est un secteur vital pour la santé humaine. Quand les rendements baissent, le problème n'est pas seulement la quantité de nourriture disponible, mais aussi la hausse des prix, qui expose les populations vulnérables au risque d'insécurité alimentaire et de malnutrition. Les enfants sont particulièrement menacés, car le manque de nutriments essentiels peut entraîner un retard de croissance et des problèmes de santé à long terme[1]. Enfin, les inondations et les sécheresses soudaines peuvent détruire des récoltes entières, laissant les agriculteurs dans une situation vulnérable et précaire.

Et le réchauffement climatique n'est qu'une facette du problème. Les conséquences indirectes, telles que la modification des écosystèmes et la diminution des ressources, pèsent encore davantage sur l'agriculture. La pénurie d'eau, la baisse de la

1 Cf. l'article de Jessica Fanzo dans la deuxième partie de cette revue : *Changement climatique et systèmes alimentaires: vers des régimes sains et résilients.*

fertilité des sols et l'évolution du comportement des pollinisateurs affectent considérablement la production. Les agriculteurs, déjà exposés aux effets directs de la météo, ont aussi des effets indirects à prendre en compte. Les répercussions socio-économiques sont majeures, la hausse des prix des denrées alimentaires et l'insécurité alimentaire touchant plus durement les populations vulnérables.

LE RÔLE ESSENTIEL DES SOLS

Les sols sont essentiels à l'agriculture car ils conditionnent la croissance des plantes, la régulation de l'eau et le cycle des nutriments[2]. Ils peuvent soutenir des écosystèmes diversifiés, améliorer la résistance des cultures et contribuer à l'atténuation du changement climatique par le piégeage du carbone. Or, la santé des sols est très menacée par le changement climatique. La hausse des températures et le caractère irrégulier des précipitations contribuent à l'érosion des sols, à l'épuisement des nutriments et à la perte de matière organique. Les sols sont donc moins stables et moins fertiles. Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 33 % des sols de la planète étaient déjà modérément ou fortement dégradés en 2015, une situation qui pourrait concerner plus de 90 % des sols d'ici 2050[3].

Les conditions météorologiques extrêmes contribuent aussi à cette dégradation. Les fortes pluies entraînent l'érosion, tandis que les sécheresses prolongées assèchent les sols et diminuent l'activité microbienne. En outre, l'élévation du niveau des mers et l'irrigation excessive peuvent entraîner la salinisation. Pour une agriculture productive, il faut des sols sains. Or, sans action urgente, les effets successifs du changement climatique feront peser des menaces de plus en plus fortes sur la sécurité alimentaire et la stabilité environnementale. Ce n'est que par l'innovation, la résilience et l'engagement collectif que nous pouvons limiter les risques.

« Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 33 % des sols de la planète étaient déjà modérément ou fortement dégradés en 2015, une situation qui pourrait concerner plus de 90 % des sols d'ici 2050. »

LES DONNÉES ET LA TECHNOLOGIE AU SERVICE DE L'AGRICULTURE

Face au changement climatique, les données et les technologies se sont imposées comme des alliées de poids. L'agriculture moderne s'appuie de plus en plus sur les technologies de pointe et l'intelligence artificielle (IA) pour améliorer la productivité, gérer les ressources et atténuer les effets du changement climatique. Les agriculteurs peuvent compter sur des connaissances fondées sur les données pour prendre des décisions éclairées, optimiser les rendements et améliorer la résilience globale des systèmes agricoles.

APERÇU DES SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

De nombreuses solutions technologiques sont aujourd'hui disponible. Elles remodèlent les pratiques en fournissant aux agriculteurs des outils de surveillance et d'analyse, dont voici quelques exemples :

- **L'agriculture de précision :** en utilisant des capteurs SIG[4] et IoT[5], l'agriculture de précision permet aux agriculteurs de surveiller l'état des sols, la santé des cultures et les conditions météorologiques en temps réel, pour une utilisation précise de l'eau, des engrais et des pesticides.
- **La télédétection :** l'imagerie par satellite et les drones offrent des indications sur la santé des cultures, le niveau d'humidité des sols et la présence de nuisibles, ce qui permet d'intervenir rapidement et d'éviter le gaspillage des ressources.
- **IA, apprentissage automatique et *Big Data Analytics* :** les modèles alimentés par l'IA prédisent les rendements des cultures, détectent les maladies et recommandent des calendriers de plantation optimaux, pour une meilleure productivité et moins de pertes.
- ***Climate-Smart Solutions* :** les technologies axées sur la résilience climatique, qui permettent d'identifier les variétés de cultures résistantes à la sécheresse et les systèmes d'irrigation efficaces, sont très utiles face au changement climatique.

Ces avancées technologiques, qui transforment les pratiques agricoles traditionnelles, contribuent à une agriculture plus efficace, plus durable et plus résiliente.

2 Le cycle des nutriments est un système dans lequel l'énergie et la matière sont transférées entre les organismes vivants et les éléments non vivants de l'environnement. Les animaux et les plantes consomment des nutriments présents dans le sol, qui sont ensuite libérés dans l'environnement par la mort et la décomposition.

3 Food and Agriculture Organization. (2015). Agroecology to reverse soil degradation and achieve food security [L'agroécologie pour enrayer la dégradation des sols et assurer la sécurité alimentaire]. FAO. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/bb2a86db-7f53-4e70-91ca-35ceb9d777db/content.

4 Le SIG (système d'information géographique) est une technologie de données spatiales et géographiques qui permet aux utilisateurs de comprendre les modèles, les relations et les tendances en lien avec un lieu.

5 L'IoT (Internet of Things ou Internet des objets) désigne un réseau d'appareils interconnectés qui collectent et partagent des données via Internet, pour une surveillance et une automatisation en temps réel.

SENSEGRASS : INNOVER AVEC L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

SenseGrass est née du lien profond avec l'agriculture et du souhait de relever les défis auxquels sont confrontés les petits exploitants agricoles dans le monde entier, dont les difficultés sont exacerbées par le changement climatique. Ayant grandi en Inde dans le milieu agricole, j'ai constaté par moi-même que les aléas météorologiques, les sécheresses et les tempêtes mettaient à rude épreuve ceux dont la subsistance et les revenus dépendent de la terre. L'agriculture reste l'épine dorsale de nombreuses économies, en particulier dans les pays en développement. En Inde, 70 % des ménages ruraux dépendent principalement de l'agriculture pour leur subsistance, et 80 % des agriculteurs sont de petits exploitants ou des exploitants marginaux[6]. Nombre d'entre eux sont contraints de prendre un deuxième emploi, tandis que les sols de leurs exploitations se dégradent et que leurs pratiques sont dépassées.

Les méthodes d'analyse des sols généralement utilisées en Inde et dans le monde sont onéreuses, lentes et inaccessibles aux petits exploitants. Elles consistent généralement à envoyer des échantillons de sols à un laboratoire. Toutefois, ce processus implique des semaines d'attentes, pour des résultats inexacts ou incomplets. Au Rajasthan, par exemple, le gouvernement a investi des milliards de roupies dans des camionnettes-laboratoires d'analyse mobiles, mais beaucoup d'agriculteurs ne les utilisent pas, estimant le processus trop complexe et peu utile en pratique. Ainsi, peu d'entre eux ont une bonne connaissance de la santé de leurs sols, ce qui entraîne des pertes de récoltes importantes. C'est ce qui nous a incités à créer SenseGrass, pour transformer l'agriculture en nous appuyant sur l'intelligence artificielle (IA), l'apprentissage automatique (*Machine Learning*) et l'internet des objets (*Internet of Things*). Notre produit combine des technologies logicielles (le système fondé sur l'IA) et matérielles (l'IoT) :

> *« Les méthodes d'analyse des sols généralement utilisées sont onéreuses, lentes et inaccessibles aux petits exploitants. [...] Ainsi, peu d'entre eux ont une bonne connaissance de la santé de leurs sols, ce qui entraîne des pertes de récoltes importantes. »*

- **La technologie fondée sur l'intelligence artificielle (IA)** analyse les données pour trouver des solutions intelligentes aux défis en lien avec la santé des sols, les engrais et d'autres facteurs environnementaux. Elle fournit des notifications en temps réel et des solutions exploitables aux utilisateurs finaux. Agissant comme un agronome « humain » personnel, le logiciel d'IA offre des recommandations précises fondées sur des données.
- **Le système de l'Internet des Objets (IoT)** assure une surveillance et un suivi de l'état des sols, des niveaux d'eau, des prévisions de précipitations, de la température et autres paramètres pertinents. Il mesure plus de 18 paramètres en temps réel, sans passer par l'envoi d'échantillons à un laboratoire. Autrement dit, il automatise l'ensemble du processus de détection, de collecte et d'analyse des données, passant ainsi d'un système manuel à des opérations automatisées.

Nous utilisons aussi des données satellitaires pour fournir des informations sur les indices de végétation, permettant aux agriculteurs de contrôler efficacement la santé des cultures. En identifiant les besoins précis des sols à un moment donné, notre technologie permet d'éviter l'écueil classique de la surfertilisation. En moyenne, les cultures absorbent seulement 50 % de l'azote contenu dans les engrais, l'excédent s'écoulant souvent dans les cours d'eau ou étant décomposé par les microbes du sol, libérant ainsi du protoxyde d'azote nocif dans l'atmosphère. Bien que l'oxyde nitreux contribue dans une moindre mesure aux émissions mondiales de GES, son potentiel de réchauffement est 300 fois supérieur à celui du CO_2[7]. SenseGrass aide les agriculteurs à prendre des décisions éclairées pour améliorer la santé de leurs sols et réduire leur dépendance envers les engrais.

PROJETS PILOTES AVEC L'IA

En plus de notre projet principal, nous avons mis en œuvre plusieurs projets pilotes visant à tirer parti du potentiel de l'IA.

Modèle de prévision des rendements

Nous avons développé un modèle d'IA avancé pour prédire les rendements des cultures, principalement axé sur les exploitations agricoles au Népal. En intégrant des données historiques sur les rendements, des modèles météorologiques et des données de télédétection, les modèles d'IA génèrent des prévisions de rendement du blé. Celles-ci permettent de planifier les calendriers de plantation, d'allouer les ressources de manière efficace et d'anticiper d'éventuelles difficultés.

Indice météorologique fondé sur l'IA pour assurer les récoltes

SenseGrass développe des modèles d'indices météorologiques basés sur l'IA pour assurer les récoltes, notamment pour les riziculteurs de plus de 300 districts en Inde. En analysant des données météorologiques historiques, les performances des cultures et les schémas climatiques, les modèles d'IA établissent des corrélations entre la météo et les pertes de récoltes. Cette approche permet de créer des produits d'assurance indexés sur les conditions météorologiques, offrant une compensation rapide et précise aux agriculteurs subissant des pertes dues à la météo.

Cadre mondial de crédit carbone

SenseGrass se consacre aussi à l'élaboration d'un cadre mondial de crédit carbone, fondé sur 17 modèles d'IA adaptés aux différents biomes terrestres. Cette initiative entend quantifier et monétiser le potentiel de séquestration du carbone dans le cadre des pratiques agricoles. En intégrant des données de télédétection, des estimations de la quantité de carbone

6 Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). India at a glance [L'Inde en bref]. | FAO in India. FAO. https://www.fao.org/india/fao-in-india/india-at-a-glance/en/.

7 *Fertilizer and Climate Change | MIT Climate Portal.* (2021). MIT Climate Portal. https://climate.mit.edu/explainers/fertilizer-and-climate-change.

dans le sol et des algorithmes de *Machine Learning* avancés, les modèles d'IA de SenseGrass estiment la capacité de capture du carbone de différents biomes à l'échelle mondiale. Les agriculteurs pourraient ainsi participer aux marchés des crédits carbone, ce qui leur offrirait une source de revenus supplémentaire tout en contribuant à des pratiques écologiques.

Aujourd'hui, plus de 12 000 agriculteurs dans le monde utilisent notre technologie. Notre présence dans les plus grands États de l'Inde (Rajasthan, Utar Pradesh et Penjab), ainsi qu'aux États-Unis, en France, au Chili, au Royaume-Uni et en Finlande, témoigne du besoin mondial de solutions innovantes pour soutenir des pratiques agricoles durables.

IA ET TECHNOLOGIES CONCURRENTES EN AGRICULTURE

L'IA et la technologie transforment l'agriculture. Ces avancées offrent aux agriculteurs des outils pour surveiller, analyser et relever certains défis, en renforçant l'efficacité et les capacités d'adaptation du secteur agricole. Voici des exemples de structures et startups dont les technologies, associées à l'IA, révolutionnent les pratiques agricoles :

Innovations technologiques

- **Plantix :** cette start-up allemande utilise une technologie avancée de reconnaissance d'images pour diagnostiquer les maladies, parasites et carences en nutriments chez les plantes. Il suffit aux agriculteurs de prendre des photos avec leur smartphone et de les charger sur l'application. Celle-ci utilise l'apprentissage automatique pour comparer ces images à une vaste base de données. En quelques secondes, les utilisateurs reçoivent un diagnostic et des recommandations exploitables. Cette application, qui démocratise l'accès à des outils de diagnostic de niveau expert, offre aux agriculteurs des connaissances et des ressources essentielles.
- **Blue River Technology :** acquise par John Deere, le géant américain des machines agricoles et des équipements industriels, Blue River Technology a mis au point le système « *See & Spray* » (« Voir & Vaporiser ») Celui-ci utilise la vision par ordinateur et l'apprentissage automatique pour identifier et appliquer des herbicides seulement là où les mauvaises herbes sont présentes. Cette approche ciblée permet de limiter le recours aux produits chimiques et de réduire les coûts, tout en évitant certains effets néfastes des pratiques agricoles sur l'environnement.
- **Agribotix :** spécialisée dans la technologie des drones, Agribotix fournit des analyses de données et des aperçus grâce à l'imagerie aérienne capturée par des drones. Avec sa plateforme alimentée par l'IA, Agribotix analyse la santé des cultures, identifie les zones de stress et génère des rapports permettant aux agriculteurs d'optimiser la gestion de leurs cultures.
- **Prospera :** pour sa solution d'irrigation, Prospera exploite des données en temps réel sur l'humidité des sols, les conditions météorologiques et la santé des cultures. Elle permet ainsi d'éviter l'irrigation excessive, ce qui permet d'économiser les ressources en eau, tout en contribuant à la bonne santé des cultures.

L'IA ET LA TECHNOLOGIE AU SERVICE DE LA SANTÉ

Les liens entre climat, environnement et santé

Le changement climatique a un effet majeur sur l'environnement et la santé humaine et les défis actuels appellent des solutions innovantes. Les modèles climatiques pilotés par l'IA peuvent, par exemple, prévoir les événements météorologiques extrêmes et déclencher des alertes précoces, pour aider les populations à réagir efficacement. L'IA peut aussi suivre et modéliser la propagation des maladies à transmission vectorielle, qui sont influencées par le changement climatique. Il est donc possible d'entreprendre des actions ciblées pour protéger les populations vulnérables. L'IA et les technologies fondées sur les données peuvent ainsi relever de nombreux défis posés par le changement climatique.

> *« Les modèles climatiques pilotés par l'IA peuvent, par exemple, prévoir les événements météorologiques extrêmes et déclencher des alertes précoces, pour aider les populations à réagir efficacement. »*

Des pistes pour l'avenir : IA et solutions technologiques au service de l'agriculture et d'autres secteurs

Si l'on se tourne vers l'avenir, les évolutions possibles de l'IA et de la technologie dans l'agriculture sont nombreuses :

- **Modélisation et prévision climatiques avancées :** les progrès de l'IA pourraient déboucher sur des modèles climatiques encore plus précis et granulaires, pour atténuer davantage les effets du changement climatique. IBM, en collaboration avec la NASA, développe un modèle de base avancé en open-source pour les prévisions météorologiques et climatiques[8]. Ce modèle alimenté par l'IA traite de grandes quantités de données, y compris les informations satellitaires de la NASA, afin d'améliorer la précision des prévisions météorologiques et des projections climatiques. L'objectif du projet : anticiper les événements météorologiques extrêmes et offrir une vision à long terme des modèles climatiques, une contribution essentielle aux projets de résilience climatique et de développement durable. Ce modèle, conçu pour être accessible, fonctionne sur des ordinateurs standard. Il est donc accessible aux chercheurs, développeurs et organisations dans le monde entier.
- **Conservation de précision :** on estime que d'ici la fin de l'année 2100, près de la moitié des espèces mondiales auront disparu[9]. L'IA et l'apprentissage automatique peuvent contribuer aux efforts de conservation. L'organisation à but non lucratif « Wild Me » utilise le programme *AI for Earth* de Microsoft pour identifier et suivre les animaux dans la nature, en analysant les photos prises dans le monde entier par les voyagistes, touristes et chercheurs[10]. Ils surveillent ainsi les espèces menacées (ex. le requin-baleine) et prévoient des actions de conservation ciblées. L'initiative *Global Fishing Watch*, également chez Microsoft, utilise des données satellitaires et l'IA pour repérer des activités de pêche illégales.
- **Collaboration mondiale et partage des données :** à l'avenir, le rôle de l'IA dans la lutte contre le changement climatique passera par plus de collaboration et de partage des données à l'échelle mondiale. Avec des plateformes Open IA et des partenariats internationaux, il sera possible d'échanger des connaissances et des bonnes pratiques, accélérant ainsi l'adoption de solutions innovantes dans le monde entier. Le Global Open Data for Agriculture and Nutrition (GODAN) s'efforce d'obtenir un soutien de haut niveau de la part des parties prenantes, notamment les gouvernements, les ONG et les organisations du secteur privé, afin que les données soient accessibles et puissent bénéficier aux agriculteurs et à la santé des consommateurs[11]. En s'appuyant sur des données de plus en plus nombreuses générées par les nouvelles technologies, l'initiative entend relever les grands défis de l'agriculture et de la sécurité alimentaire.

CONCLUSION

Tout au long de cet article, nous avons exploré le rôle de l'IA et de la technologie face aux défis posés par le changement climatique. Comme nous l'avons vu, en améliorant les pratiques agricoles grâce à l'analyse avancée des données et à la modélisation prédictive, nous pouvons renforcer la durabilité et la résilience. Nous avons également souligné le travail de SenseGrass dans le développement de solutions fondées sur l'IA pour la prédiction des rendements, la surveillance de la santé des sols et le crédit carbone, démontrant les effets concrets de la technologie dans le secteur agricole pour le passé, le présent et l'avenir.

L'IA et la technologie ont un rôle à jouer dans le secteur vert. L'innovation permanente n'est pas seulement bénéfique, mais impérative pour relever les défis du changement climatique. En investissant dans ces avancées et en les soutenant, nous pouvons contribuer à un avenir durable, résilient et synonyme de prospérité pour tous.

8 Martineau, K. (23 septembre 2024). Introducing Prithvi WxC, a new general-purpose AI model for weather and climate [Présentation de Prithvi WxC, un nouveau modèle d'IA généraliste pour la météorologie et le climat.] IBM Research. https://research.ibm.com/blog/foundation-model-weather-climate.

9 Nguyen, L. (4 novembre 2021). What animals will be extinct by 2100? [Quels sont les animaux qui auront disparu d'ici 2100 ?] Earth.Org. https://earth.org/what-animals-will-be-extinct-by-2100/.

10 Wild Me. https://www.wildme.org/.

11 Global Open Data for Agriculture and Nutrition [Données ouvertes mondiales pour l'agriculture et la nutrition] . https://www.data4sdgs.org/partner/global-open-data-agriculture-and-nutrition.

AI
CO2

CONCLUSION

Cédric Baecher - Partner chez Wavestone

Quelques semaines avant la COP29 (Bakou, Azerbaïdjan, novembre 2024), l'OMS publiait un rapport spécial demandant « *instamment d'inclure d'urgence la santé dans les négociations sur le climat* », appelant les décideurs politiques à faire de la santé un argument décisif pour engager leur action[1]. Partageant le constat que ***la « crise climatique est une crise sanitaire »***, ce nouveau numéro de la revue FACTS Reports explore certaines des principales interdépendances entre climat, environnement et santé humaine : un triptyque où chaque domaine influence les autres de manière systémique, rendant indispensable une lecture transverse des enjeux, et la mise en place de stratégies holistiques dûment coordonnées. Face à un dérèglement climatique aux répercussions multiples et complexes sur les écosystèmes, les structures socio-économiques et la santé humaine, cette vision globale semble nécessaire pour affronter les défis actuels et se préparer aux menaces futures. En cohérence avec l'approche « *One Health* » promue par l'ONU, les 30 experts invités ont abordé, tout au long de la présente publication, différents volets d'une même réalité socio-environnementale préoccupante.

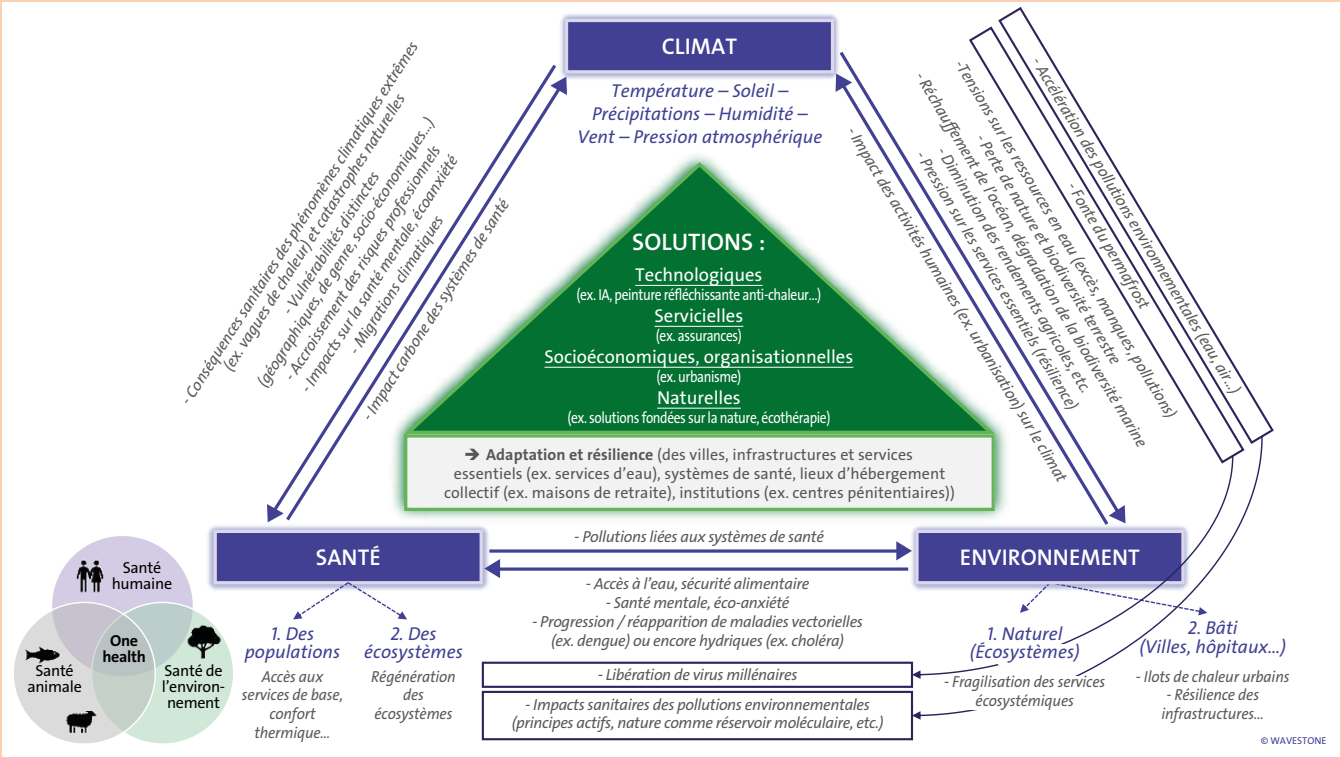
Comme l'illustre le schéma ci-dessous, les articles ici présentés s'attachent à décrire un ensemble d'interconnexions et de risques systémiques, directement ou indirectement liés aux conséquences du changement climatique pour la santé humaine et l'environnement.

La menace est réelle : 700 millions de personnes pourraient être déplacées à cause de la sécheresse d'ici 2030[2]. Les dérèglements climatiques ont également un impact direct sur l'environnement naturel, réduisant les ressources en eau disponibles et fragilisant les écosystèmes, avec là-aussi des répercussions concrètes

1 COP29 Special Report on Climate Change and Health, World Health Organization, November 2024.

2 United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). (2022). *Drought in numbers 2022.*

Illustration 1 : Représentation schématique des liens entre climat, santé et environnement



Source : Wavestone (2024)

sur la santé humaine. Selon, l'Organisation Météorologique Mondiale, en 2022, les sécheresses prolongées ont touché environ 3,6 milliards de personnes dans le monde, entraînant pour beaucoup un stress hydrique et une insécurité alimentaire.

En outre, les perturbations environnementales engendrées par le dérèglement climatique peuvent entraîner **des répercussions en chaîne sur la santé humaine,** dont le lien de causalité n'est pas toujours aisément traçable. La fonte accélérée du pergélisol constitue un exemple des risques indirects (à date peu anticipés) des perturbations climatiques : en 2016, plus de 2 300 rennes ont été décimés par l'anthrax[3], une bactérie échappée de carcasses dégelées du même animal. Causée par le réchauffement climatique, cette fonte pourrait libérer d'autres bactéries et virus anciens, piégés depuis des millénaires dans la glace, susceptibles de créer de nouveaux risques pour la santé humaine et animale, en raison de l'absence d'immunité adaptée.

Ces constats révèlent **une nouvelle forme d'inégalité : l'injustice climatique**. Certaines régions vulnérables subissent de plein fouet les effets du changement climatique, les populations fragiles étant souvent les plus exposées. Au Kenya, par exemple, des sécheresses et pluies torrentielles frappent durement la région de Nyanza, où le VIH/sida est très répandu, aggravant l'insécurité alimentaire, les migrations et l'accès limité aux soins, ce qui intensifie les impacts sur la santé des communautés précaires.

L'identification et la quantification progressive des multiples risques liés aux perturbations climatiques mettent en exergue la nécessité d'une mobilisation collective pour y face. Cette mobilisation doit être menée à différentes échelles, de l'individu aux politiques publiques, en passant par les entreprises et coalitions multi-acteurs. Cette revue introduit plusieurs pistes de solutions et stratégies pour atténuer ou ralentir les effets néfastes. On peut ainsi distinguer plusieurs approches complémentaires :

- **Une approche technologique :** des innovations peuvent être déployées pour surveiller, analyser et atténuer les impacts sanitaires et environnementaux négatifs. Cela inclut des outils avancés utilisant l'intelligence artificielle, des capteurs IoT et systèmes de modélisation permettant de prédire des événements climatiques extrêmes et de concevoir des interventions ciblées pour améliorer la résilience des communautés et des écosystèmes.
- **Une approche servicielle :** visant à réduire les impacts du dérèglement climatique sur la santé humaine et l'environnement, cette approche propose des services qui garantissent une protection et un soutien efficaces pour les individus. Par exemple, des assurances plus inclusives permettent d'offrir une protection de base en supprimant les options annexes, rendant ainsi les coûts plus abordables pour les populations modestes.
- **Une approche par la planification :** les politiques publiques, organisations et autres initiatives collectives jouent un rôle clé dans l'élaboration d'une réponse intégrée face aux enjeux environnementaux, climatiques et sanitaires. Ainsi, les zones urbaines, principales émettrices de CO_2, doivent se réinventer pour non seulement atténuer leur impact climatique mais aussi générer des co-bénéfices pour la santé publique et le bien-être social.
- **Une approche fondée ou s'appuyant sur la nature :** des solutions issues de l'environnement naturel peuvent également être mobilisées pour faire face aux perturbations induites par le changement climatique, à l'exemple des solutions biomimétiques[4]. L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) définit les Solutions fondées sur la Nature (SfN) comme des actions visant à protégrer, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité[5]. La santé humaine, notamment mentale, peut elle-aussi être renforcée par des approches naturelles : l'éco-thérapie, par exemple, repose sur une reconnexion à la nature et au vivant pour réduire l'inquiétude voire l'angoisse éprouvée face aux perturbations environnementales toujours plus visibles.

> ***« La résilience des écosystèmes et des sociétés humaines doit être renforcée par de réelles transformations économiques, sociales et culturelles pérennes. Dans cette optique, l'engagement individuel et collectif est un prérequis. »***

La nécessaire combinaison de ces différentes approches admet une double stratégie : anticiper les effets inévitables du changement climatique, tout en réduisant les dégradations environnementales générées par nos activités, afin de prévenir toute aggravation incontrôlée de la crise climatique. Par ailleurs, la résilience des écosystèmes et des sociétés humaines doit être renforcée par de réelles transformations économiques, sociales et culturelles pérennes. Dans cette optique, l'engagement individuel et collectif est un prérequis. Selon le baromètre Elabe[6], **67 % des habitants dans le monde se disent prêts à consentir aux surcoûts et aux changements de comportements qu'impliquent les actions écologiques, à condition qu'elles contribuent à protéger leur santé et celle de leurs proches.** Face à cette prise de conscience individuelle, marqueur d'un possible passage à l'échelle, une éco-anxiété peut naître de l'inquiétude déjà quasi-omniprésente au sein des générations les plus jeunes : 70 % des 16-25 ans se disent « très inquiets » ou « extrêmement inquiets » au sujet du changement climatique[7].

La préoccupation face aux conséquences sanitaires du dérèglement climatique évolue donc d'une appréhension collective à une inquiétude plus personnelle. Avant, la perception d'une dilution des responsabilité au niveau mondial pouvait rendre plus difficile l'attribution de la « faute ». Aujourd'hui, la responsabilité prend une importance croissante y compris à échelle individuelle. C'est à partir de là, que d'importantes mesures préventives peuvent être mises en œuvre. Cette prise de conscience individuelle doit être le point d'entrée d'une mobilisation collective plus pérenne, indispensable pour protéger la santé et le bien-être des populations face aux défis posés par le changement climatique.

3 National Geographic. (2024). Fonte de la cryosphère : des virus millénaires pourraient s'échapper des glaces.

4 *« Le biomimétisme consiste à s'inspirer des propriétés essentielles (par exemple des formes, compositions, processus, interactions) d'un ou plusieurs systèmes biologiques, pour mettre au point des procédés et des organisations permettant un développement durable des sociétés »* (selon www.ecologie.gouv.fr).

5 Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Site officiel de l'UICN France.

6 Baromètre élaboré en partenariat avec Véolia.

7 Hickman, C., et al (2021). Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: A global survey. *The Lancet Planetary Health*, 5(12), e863–e873. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00278-3.

"L'une des raisons pour lesquelles l'environnement influence si fortement notre santé tient à son omniprésence. Il nous entoure tout au long de la vie. C'est l'air que nous respirons, l'eau que nous buvons, la nourriture que nous consommons, les interactions que nous vivons, le stress, les joies, les expositions à des produits chimiques ou à des infections en fonction de notre travail ou de notre lieu de vie, le risque de devenir sans-abri ou de subir d'autres accidents de la vie."

Harvey Fineberg
Président de la Fondation Gordon et Betty Moore
et membre du Comité de Prospective de l'Institut Veolia

Rédacteur en chef : Nicolas Renard, Directeur Exécutif, Institut Veolia

Directrice de la publication : Dinah Louda, Présidente, Institut Veolia

Organisme émetteur :
Field Actions Science Reports (FACTS) est publié par l'Institut Veolia. EISSN: 1867-8521

Contact :
institut.ve@veolia.com

©AUTEUR(S) :
Les auteurs conservent la titularité des droits d'auteur mais autorisent le public à copier, distribuer, transmettre et adapter leurs travaux à condition que leur nom soit cité comme il se doit.

Conception : Studio graphique Veolia / Increa by Printvallée
Réalisation : Increa by Printvallée

Imprimé en France
avec des encres à base végétale par un prestataire labellisé Imprim'vert sur du papier traité sans chlore, certifié FSC, produit issu de forêts bien gérées et d'autres sources maîtrisées.

Crédits photos :
Photothèque Veolia, Shutterstock, Pixabay, X, différents crédits mentionnés dans les légendes des visuels, DR.

Institut Veolia
30, rue Madeleine Vionnet • 93300 Aubervilliers, France
www.institut.veolia.org