

Forum prospectif Santé 2040

Environnement et risques santé

en France
à l'horizon 2040

Environnement et risques santé

en France
à l'horizon 2040

Forum prospectif Santé 2040

futuribles
INTERNATIONAL

Remerciements

- Les organisations membres fondateurs du forum prospectif Santé 2040 : Apivia Macif Mutuelle, le CEA, CNP Assurance, la Croix-Rouge française, le Groupement de Coopération Sanitaire HUGO.
- Les représentants des organisations pour le forum prospectif Santé 2040 et les experts internes associés : Catherine Antonetti, Charlotte Aumaître, Gilles Berrut, Laure Châtel, Alexis Descatha, Frédérique Desportes, Fanny Gaudin, Jean-Marc Grognet, Cécile Jaglin, Sébastien Lagorce, , Anani Olympio, Francesca Paolantoni, Michel Pailley, Fabienne Pioch-David, Paul-Henry Roméo, Alain Saraux, Céline Schnebelen et Damien Weidert pour leur participation aux réunions et ateliers de travail, commentaires, suggestions et relecture du présent rapport.
- William Dab pour ses interventions lors de réunions de travail du forum prospectif Santé 2040 en février et avril 2023.

Rédaction : Quentin Bisalli, François Bourse, avec la participation de Marie Ségur

Relecture et correction : Stéphanie Debruyne, Julie Galante Fouquet

Conception et réalisation : Geneviève Bellissard

Le forum prospectif Santé 2040

Le forum prospectif Santé 2040 est un dispositif d'analyses et de synthèses prospectives sur les besoins, offres, transformations et évolutions des systèmes de santé en France à l'horizon des 20 prochaines années.

Il a été créé par un réseau de plusieurs organisations fondatrices, dont le CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives), CNP-Assurances, la Croix-Rouge française, HUGO (Hôpitaux universitaires du Grand Ouest), et la Macif — qui l'orientent, proposent les thèmes de travail et valorisent les travaux. Il est mis en œuvre par l'association Futuribles International et ses réseaux d'experts..

Dans le cadre de ce forum, Futuribles International s'appuie sur les travaux menés depuis plus de huit ans sur le sujet de la santé. L'objectif est d'apporter des analyses prospectives faisant référence sur les enjeux et innovations dans le domaine de la santé à moyen et long termes. Ces analyses sont centrées sur les évolutions de la santé des individus et sur la médecine, abordée dans une perspective systémique (associant aspects scientifiques et technologiques, organisation, questions industrielles, accès et financement...).

Le dispositif a été organisé pour le réseau des organisations fondatrices, qui en ont défini le programme et les formes de valorisation. Ce rapport constitue un premier volet de restitution des travaux du forum, portant sur les risques socio-environnementaux à l'horizon 2040.

Cette publication est de la responsabilité unique de Futuribles International et n'engage aucunement la responsabilité des membres fondateurs du forum prospectif Santé 2040.



Sommaire

Le forum prospectif Santé 2040	3
Les messages clés du rapport.....	7
La place de l'environnement dans la santé	7
À quoi se préparer en 2040 ?	8
Comment se préparer ?.....	11
Introduction	13

PARTIE I. Évolution des risques santé liés à l'environnement en France 15

Les risques socio-environnementaux globaux	18
De nouvelles pathologies sur le territoire français	18
Les risques liés aux événements climatiques extrêmes et au réchauffement climatique	30
Les risques à effet indirect ou cocktail	45
Les risques à effets directs	59
La pollution atmosphérique : un fléau en recul mais toujours meurtrier ...	59
La pollution intérieure : un risque oublié	67
En synthèse – À quel monde se préparer à l'horizon 2040 ?	74

PARTIE II. Que faire ? Comment agir dans une société des risques ? ... 79

Le basculement dans la société des risques sanitaires	81
2025-2040 : des urgences et des besoins sanitaires plus nombreux	81
Se préparer à agir dans des conditions structurellement dégradées	82
Vivre avec l'incertitude et la complexité	85

Construire une culture du risque et de l'imprévisible	88
DÉFI 1. Investir massivement l'ensemble des leviers de prévention	89
DÉFI 2. De l'exceptionnel à l'ordinaire, faire entrer les risques santé environnement dans la vie courante	93
DÉFI 3. Évaluer rigoureusement nos stratégies de prévention	95
Refonder la gestion collective des risques : transversalité, intégration, association	97
DÉFI 4. Inclure la santé environnement dans toutes les politiques	97
DÉFI 5. Pour une gestion des risques intégrée : construire une structure unique et stratégique en France ?	101
DÉFI 6. Territoires, entreprises, associations, communautés, citoyens... : tous acteurs de la santé environnement	103
Cartes et boussole pour l'avenir : information, transparence et lanceurs d'alerte	107
DÉFI 7. Oser la transparence pour gagner la confiance	107
DÉFI 8. Institutionnaliser le rôle des lanceurs d'alerte	110
Savoirs et outils pour la société des risques	113
DÉFI 9. Développer considérablement la recherche, l'anticipation, et la surveillance en santé environnementale en France	113
DÉFI 10. Renforcer l'évaluation de l'impact de l'environnement sur la santé	116
CONCLUSION. Les risques sanitaires et la santé environnementale, nouveau champ d'exercice fondamental du politique	117

Les messages clés du rapport

La place de l'environnement dans la santé

La montée des risques santé liés à l'environnement

Parmi les différents déterminants de la santé humaine, les risques sanitaires environnementaux, après avoir été majeurs jusqu'à la fin du XIX^e siècle, sont devenus plus secondaires en termes de DALYs¹ lors du XX^e siècle par rapport aux déterminants comportementaux (modes de vie) et biologiques (notamment liés au vieillissement). Si les facteurs comportementaux et métaboliques vont demeurer des déterminants majeurs de la santé en France, les risques environnementaux sont amenés à reprendre une place croissante, du fait :

- De la forte progression, en cours et à venir, de l'exposition à différents risques environnementaux qui se combinent entre eux : pandémies, événements climatiques extrêmes, exposition aux polluants chimiques, etc.
- De l'expression sur la santé du cumul d'expositions pendant plusieurs décennies des populations aux polluants divers, notamment à de faibles doses (effet stock) et à effets différés.
- Des impacts sanitaires liés à l'environnement qui affectent davantage des populations demain plus âgées, ayant des facteurs de comorbidité importants et donc une sensibilité plus forte aux agents pathogènes, conditions climatiques extrêmes, etc.
- De la meilleure connaissance toxicologique et étiologique des risques liés notamment aux expositions prolongées et à l'amélioration des capacités

de mesure d'exposition des personnes au fur et à mesure de leur vie (notion d'exposome).

Une frontière entre facteurs de risques sanitaires de plus en plus brouillée

L'évolution de l'exposition à ces risques et les impacts très significatifs sur la santé humaine sont pour partie mesurables, quantifiables : canicules et événements extrêmes, polluants atmosphériques augmentant la prévalence de cancers du poumon et du sein, etc. Mais il sera de plus en plus difficile de séparer les facteurs environnementaux des facteurs métaboliques et comportementaux (cf. catégorisation des DALYs), car, en dehors de quelques cas précis (amiante, plomb), les facteurs environnementaux ne s'ajoutent pas mais se combinent avec les autres facteurs.

Vers une individualisation des approches ?

En matière de « santé environnement ² », l'approche historique de la santé publique est une approche collective fondée sur la réglementation (interdictions, seuils, par exemple avec l'amiante ou le plomb), la préparation à certaines crises (canicules, risques industriels). Depuis les années 1990-2000, les progrès de la connaissance sur certains facteurs de risques individuels (séquençage du

1. Disability-Adjusted Life Years, ou années de vie corrigées du facteur d'invalidité, indicateur synthétique mesurant l'impact d'une affection en années de vie perdues et en années vécues avec une invalidité.

2. Dans tout ce rapport, l'expression « santé environnement » renvoie à la relation, au sens large, entre la santé et l'environnement, incluant notamment les impacts sanitaires des facteurs environnementaux, les risques induits par les changements du contexte environnemental, etc.

génomique, avancées en épigénétique, conceptualisation de la notion d'exposome) et des outils de diagnostic (y compris dispositifs numériques individuels) favorisent l'individualisation de la gestion des risques. Or, la plupart de ces risques (changements climatiques, risques pandémiques, certains polluants omniprésents), bien qu'éventuellement mesurables à l'échelle individuelle, sont éminemment collectifs et globaux, car omniprésents. Vécus par toutes et par tous, ils dépassent ainsi la frontière des responsabilités individuelles — sans pour autant faire perdre sa valeur à une gestion individuelle des risques complémentaire à une approche collective.

Avènement de la santé globale, du *One Health* et émergence de la santé planétaire

L'action en santé publique à l'horizon 2040 restera marquée par les impacts du vieillissement de la population et de la chronicisation des maladies. Mais la montée des enjeux sanitaires liant santé animale, écosystèmes et nos milieux de vie renforcera l'approche *One Health* encore à l'état d'approche et d'intentions. Les approches considérant la santé à l'échelle du vivant voire des grands équilibres planétaires (approche de la santé planétaire), qui se développent depuis les années 2000, continueront de transformer profondément les pratiques de la santé publique (par exemple l'intégration, aujourd'hui en discussion, dans le Plan national nutrition santé d'un objectif de forte diminution de la consommation de viande).

À quoi se préparer en 2040 ?

1. Jusqu'à 60 jours de canicule par an à l'horizon 2050³

La forte augmentation des situations de contraintes climatiques liées à des événements extrêmes plus nombreux et plus intenses (canicules, sécheresses, tempêtes, inondations) aura des impacts majeurs sur la santé humaine. Les canicules sont ainsi corrélées à une hausse de la mortalité notamment chez les plus de 65 ans (hausse de 40 % de la mortalité liée aux vagues de chaleur entre 2000-2004 et 2018-2022 directement imputable au réchauffement climatique), mais auront aussi des impacts indirects (débordement du système de soins, pertes de chances), et des consé-

quences à effet retard (notamment dégradation de la santé mentale).

2. Une ou plusieurs pandémies d'ici à 2050

Le risque de zoonose pandémique liée à des agents pathogènes nouveaux a été démultiplié en raison de l'accentuation de différents facteurs de risque (dégradation des écosystèmes et de la biodiversité, intensification des échanges, modifications de répartition des populations humaines), et la tendance semble se poursuivre. Parmi la trentaine de nouveaux agents

3. Projections Météo France citées dans LAMARQUE Marie, « Jusqu'à 60 jours de canicule en 2050 ? Les projections alarmantes de Météo France », *Actu Toulouse*, 24 août 2023. URL : https://actu.fr/occitanie/toulouse_31555/jusqu-a-60-jours-de-canicule-en-2050-les-projections-alarmantes-de-meteo-france_60000350.html. Consulté le 21 février 2024.

pathogènes humains détectés lors des 30 dernières années, les trois quarts sont d'origine animale. La fonte du *permafrost* et le réveil d'un agent pathogène constituent une autre source de risque, dont on ne connaît pas la probabilité, mais à l'impact potentiel encore plus important, du fait de la vraisemblable inefficience des systèmes de soins et des traitements existants face à une souche inconnue.

3. Vivre avec de nouvelles pathologies liées à l'environnement

Certaines maladies vectorielles (maladies à arbovirus, maladie de Lyme), pour certaines absentes il y a quelques années, seront endémiques sur l'ensemble du territoire métropolitain, du fait de la présence permanente d'animaux vecteurs (moustiques, tiques...). Il est par exemple très probable que la dengue devienne endémique sur l'ensemble du territoire hexagonal à l'horizon 2035. D'autres pathologies non vectorielles comme les allergies progresseront fortement (bien que cette hausse ne soit pas exclusivement d'origine environnementale) : l'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'en 2050, la moitié de la population mondiale sera concernée, avec des symptômes plus ou moins graves (asthme, eczéma).

4. Dix millions de morts liées aux désordres créés par l'antibiorésistance dans le monde à l'horizon 2050⁴

Si rien n'est fait, l'antibiorésistance, dont le fardeau est actuellement comparable aux effets cumulés du VIH, de la tuberculose et de la grippe (5 500 décès et 125 000 infections par an en France), pourrait être à l'origine de 10 millions de morts par an à l'échelle planétaire en 2050 — un chiffre similaire à la mortalité liée au cancer aujourd'hui. La prise de conscience de

ces enjeux et la recherche scientifique active laissent néanmoins espérer un fardeau de l'antibiorésistance moindre.

5. Une baisse tendancielle mais différenciée du fardeau de la pollution atmosphérique qui se prolongera à l'horizon 2040

La baisse majeure constatée depuis plusieurs décennies de l'exposition aux principaux polluants atmosphériques (particules fines, dioxydes d'azote, dioxydes de soufre notamment) ne doit pas occulter des situations de concentration de polluants atmosphériques spécifiques à certains milieux ou territoires (cœurs de ville, espaces confinés, concentration d'ozone...) ni les effets sanitaires de l'exposition prolongée et combinée à de faibles concentrations de polluants. Globalement, le fardeau des polluants atmosphériques (à l'origine aujourd'hui de plus de 40 000 morts par an en France) continuera néanmoins à diminuer, avec des situations très contrastées selon les territoires et les types de polluants.

6. Une forte progression des impacts santé liés aux effets cocktail de polluants chimiques

Les polluants à effets indirects (pesticides, perturbateurs endocriniens, PFAS [substances per- et polyfluoroalkylées]...) sont dans l'ensemble encore peu compris, encore moins mesurés, du fait de la multiplicité des substances en jeu, de la puissance de l'effet cocktail et de relations doses-risques non linéaires. L'évolution des expositions à ces polluants sera fortement corrélée aux volontés de réglementation, pour l'instant contrastées. Malgré leur éventuelle interdiction ou encadrement renforcé, les pesticides, PFAS, etc., continueront à peser

4. Source : « Un nouveau rapport appelle à agir d'urgence pour éviter une crise due à la résistance aux antimicrobiens », OMS, communiqué de presse, 29 avril 2019. URL : <https://www.who.int/fr/news/item/29-04-2019-new-report-calls-for-urgent-action-to-avert-antimicrobial-resistance-crisis> Consulté le 21 février 2024.

sur le fardeau sanitaire global, du fait du temps de latence très important entre exposition et effets sur la santé, et pour certains d'entre eux, de leur persistance dans l'environnement.

7. Des environnements de plus en plus perçus comme hostiles à l'échelle locale

Certains environnements, milieux ou territoires locaux français seront demain considérés comme moins vivables, voire hostiles, en raison de la dégradation des écosystèmes et de la démultiplication des crises météorologiques. Si les territoires ultramarins sont particulièrement concernés, l'omniprésence des maladies vectorielles contribuera, entre autres facteurs, à faire évoluer le regard porté sur l'environnement du quotidien, qui sera perçu comme plus menaçant.

8. Une dégradation importante de la santé mentale des populations, avec un rôle des risques santé-environnement à modérer

La santé mentale des populations sera aussi largement dégradée à des degrés divers, tant du fait de traumatismes vécus (chocs post-traumatiques, *stress* ou anxiété liés à un événement climatique extrême par exemple) que par anticipation ou accumulation de facteurs stressants dans une société des risques, sans lien direct avec un événement vécu (concepts d'éco-anxiété, de solastalgie). Cependant à ce jour, rien n'indique que l'augmentation de la prévalence des troubles psychologiques sévères et invalidants (pris en charge en affection longue durée [ALD]) ait un lien avec les risques environnementaux.

9. Des risques santé environnement touchant inégalement les populations et les territoires

L'évolution du paysage des facteurs de risques santé liés à l'environnement entraînera une progression inégale des pathologies associées, selon les territoires, les groupes sociaux, les individus — des facteurs comportementaux mais aussi épigénétiques pouvant moduler à la fois l'exposition et le risqué lié. Les populations les plus vulnérables (les plus âgées, défavorisées socio-économiquement, les enfants, les fœtus) seront en moyenne plus exposées, tout en disposant de capacités d'adaptation et d'atténuation moindres, à l'exception de quelques contaminants (PFAS par exemple).

10. Une juxtaposition de crises et des besoins de santé impossibles à couvrir en tendance

Nous sommes dans un schéma de juxtaposition de phénomènes nouveaux, de situations dégradées et de ruptures (autres besoins de santé, impacts des changements climatiques et adaptation, état du système de santé, contexte géopolitique et socioéconomique) qui posent des questions d'ordre à la fois existentiel (nous entrons dans une société des risques) et structurel pour la santé. Les professionnels de santé et l'ensemble du système de soins seront ainsi confrontés à des contraintes structurelles (ressources humaines, besoins d'infrastructures et d'équipements adaptés aux crises sanitaires, climatiques, conditions de travail), déjà existantes et amenées à se renforcer, sur lesquelles se grefferont des situations de débordement, qui amèneront des arbitrages et renoncements de prise en charge auxquels il convient de se préparer, le cas échéant pour les éviter (aller au-delà du juste nécessaire en termes de capacités d'accueil, stocks stratégiques, etc.). Dans la société qui vient, il sera de plus en plus difficile de répondre en tout point et à tout moment à l'ensemble des besoins de santé qui s'exprimeront.

La santé environnement, du fait d'un niveau de sensibilisation et d'attentes plus fortes de la population, qui aspire à vivre dans un environnement sain (perçu comme droit fondamental), est de plus en plus un sujet de préoccupation sociétal et devient éminemment politique.

L'ensemble de ces évolutions pourrait exacerber des tensions sociopolitiques à la résultante entre les nou-

veaux besoins de santé et attentes de protection d'une part, et les nécessaires arbitrages d'autre part. Ces derniers exacerberont les tensions sociopolitiques autour d'intérêts divergents, les pressions et la responsabilisation des agents et des acteurs (citoyens, organisations intermédiaires) par rapport à une récurrence de crises et de situations de « *stop and go* », qui ne pourront être assumées par les systèmes publics et privés de protection sociale seuls.

Comment se préparer ?

Quelques grandes lignes d'action se dégagent de nos analyses :

1. Développer très fortement la recherche sur les interactions environnement / santé et les outils épidémiologiques associés

Le mouvement continu vers davantage de connaissances de compréhension scientifiques, d'évaluation quantitative des risques sanitaires, d'informations partagées à la population et de transparence en matière de risques et de données santé liées à l'environnement, malgré la persistance de freins (principe de précaution faiblement appliqué, intérêts des acteurs divergents) doit être accéléré. Dans un monde où les risques sont multiples, pour partie peu connus et difficilement mesurables, et où les messages adressés à la population peuvent paraître contradictoires, il est essentiel d'investir massivement dans la recherche : études épidémiologiques (dont renseignement systématique de registres épidémiologiques), processus toxicologiques, recherche génétique et épigénétique pour mieux comprendre les interactions génome-environnement, recherche sur le microbiome, impacts cumulés de différents pol-

luants (effet cocktail), recherches sur l'exposome. Dans une logique de réduction ou de meilleure maîtrise des risques, cette recherche doit notamment pouvoir éclairer l'évaluation des substances chimiques avant leur mise sur le marché (ce qu'elle ne fait aujourd'hui que très partiellement).

2. Réaffirmer la transparence et l'information comme piliers de la gestion des risques santé environnement

Face à l'incertitude liée aux risques sanitaires, il est essentiel de développer et partager des repères de confiance en matière de connaissance et de sources d'information qui fassent référence. Le mouvement, bien qu'encore largement perfectible, semble engagé en France : depuis le choc de la canicule de 2003, la préparation et la résilience se sont progressivement renforcées. Les premiers jalons sont posés pour construire une société qui saura mieux appréhender demain des risques pour partie démultipliés, et où les outils de connaissance s'affirmeront et permettront d'éclairer la prise de décision dans un contexte d'incertitude.

3. Ne pas dissocier politiques sanitaires, politiques environnementales et politiques de nutrition santé, y compris à l'échelle locale

Pour être à la hauteur des enjeux, il est dès à présent nécessaire de ne plus dissocier les risques sanitaires des risques environnementaux au sens large, en termes à la fois de compréhension, d'acteurs à associer, de politiques publiques et de réponses collectives. La quasi-totalité des politiques d'accompagnement des transitions écologiques influencent en effet les conditions sanitaires de demain, de manière positive lorsque les deux dimensions sont pensées de concert. D'autant que les enjeux de santé environnement sont presque tous des facteurs d'augmentation des inégalités de santé en France. Par ailleurs, l'alimentation est un levier central pour recouvrer un état d'équilibre entre santé humaine et préservation de l'environnement.

4. La gestion des risques santé environnement est aussi l'affaire des acteurs intermédiaires

La polarisation entre les attentes envers les pouvoirs publics en matière de réglementation, de préparation et d'application des risques de précaution d'une part, et d'autre part des citoyens plus informés, éduqués et responsabilisés, mais en situation d'interroga-

tion et de déshérence, s'amplifiera. En réponse à cette situation qui se dessine déjà, il apparaît indispensable que des espaces intermédiaires et des acteurs relais s'affirment : territoires, entreprises, acteurs associatifs, mutuelles, communautés. Leur action est en effet essentielle pour apprécier et mesurer des situations très différenciées à l'échelle locale (hétérogénéité d'exposition aux risques, d'impacts sur la santé humaine et de capacités de protection et d'atténuation des populations), mais aussi pour mettre en place des dispositifs de consultation, de réassurance (rôle de tiers de confiance), de préparation aux risques et aux crises, et pour développer des actions collectives. De fait, la disparité des efforts, des enjeux notamment financiers et des besoins d'accompagnement à développer sera très grande entre les territoires, ce qui suppose des dispositifs de péréquation territoriale aujourd'hui peu opérants en France. La question de l'articulation entre les dispositifs nationaux (voire régionaux), avec les outils et dispositifs locaux deviendra rapidement de plus en plus prégnante. Dans ce cadre, les acteurs territoriaux de la santé et du soin ont un rôle essentiel à jouer.

Pour mener à bien ces axes d'action, il est essentiel d'intégrer de manière systématique la dimension santé dans l'élaboration et l'application des politiques publiques de l'ensemble des secteurs, de la même manière que l'est progressivement en France l'environnement.

Introduction

En l'état actuel des connaissances, **nous considérons que l'état de santé des populations est fonction de quatre principaux déterminants** :

- **L'ensemble des facteurs génétiques et leurs conséquences biologiques** — que l'on peut considérer comme des facteurs à la fois internes et innés.
- Deux facteurs constituant l'exposome, c'est-à-dire l'ensemble des expositions environnementales au cours de la vie, et ce dès la période prénatale (qui peuvent également modifier l'expression des gènes et la biologie génétique des individus) : à savoir **les facteurs environnementaux** d'une part, et **les facteurs liés au mode de vie** (y compris dans ce qu'ils ont de contraint d'un point de vue socio-économique) d'autre part.
- Enfin, un facteur structurel et organisationnel : **le système de santé et le degré d'accès des populations à ce système** qui permettent à la fois de réduire les facteurs de risques externes par la prévention, et de minimiser le fardeau sanitaire⁵ une fois l'état de santé dégradé.

Le poids de ces déterminants a évolué au fil des époques, en termes tant de fardeau sanitaire que d'importance symbolique. Au risque de la simplification, **il est possible de distinguer trois grandes étapes historiques**.

1. Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, ce sont principalement les facteurs environnementaux qui prédominent : les conditions de vie n'accordent que des espérances de vie courtes avec un taux très élevé de mortalité infantile⁶, et les épidémies de maladies mortelles déciment régulièrement les populations. Les menaces viennent avant

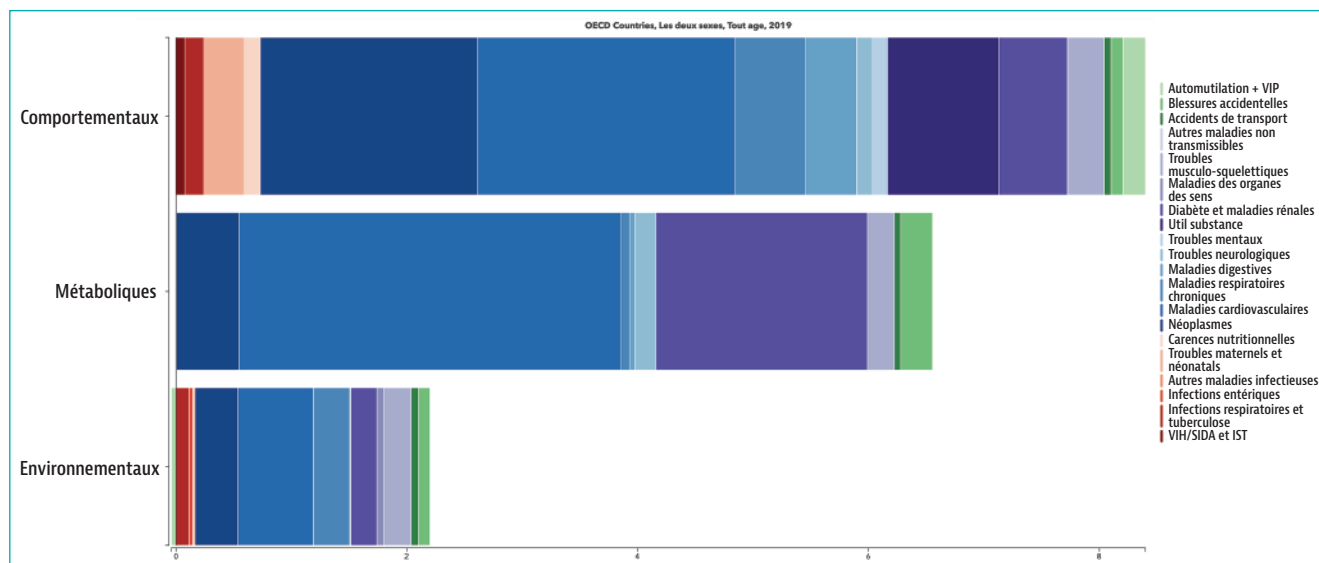
tout de l'extérieur, et sont généralement liées symboliquement à la dimension surnaturelle, voire divine.

2. À partir de la fin du XIX^e siècle, les progrès de la médecine et de l'hygiène de vie, notamment la mise en place des égouts et l'utilisation de conditions d'asepsie, puis des vaccins et des antibiotiques, ainsi que l'amélioration de l'accès aux soins (symbolisés en France par la création de la Sécurité sociale en 1945 puis de l'assurance maladie obligatoire) **ont amorcé la transition épidémiologique**. Les facteurs environnementaux et notamment les grandes épidémies, de moins en moins importants rapportés au fardeau sanitaire global, ont été progressivement relégués au second plan. Le choléra et la variole, principaux fléaux épidémiques au XIX^e siècle, sont éradiqués au cours de la première moitié du XX^e siècle en France, grâce à la vaccination et à l'amélioration de l'hygiène. **Les facteurs comportementaux et biologiques deviennent progressivement les principaux déterminants de santé en France** : la transformation des modes de vie (urbanisation, transformation de l'alimentation, sédentarité, mauvaise alimentation, addictions...) entraîne une explosion des maladies dites de civilisation, non transmissibles, comme les maladies cardio-vasculaires, les accidents vasculaires cérébraux, les cancers, l'obésité ou le diabète de type 2. Parallèlement, l'augmentation de l'espérance de vie et le vieillissement de la population ont participé à la chronicisation des maladies liées à l'âge (maladies neurodégénératives, cancers, perte de mobilité et plus largement d'autonomie...) et à la multiplication des polyopathologies, dont l'âge moyen d'apparition est devenu inférieur à l'espérance de vie moyenne. Ainsi, à l'échelle de l'OCDE en 2019, les facteurs comportementaux sont la première cause d'années de vie en bonne

5. Le fardeau sanitaire recouvre la morbidité, la mortalité, mais aussi les coûts économiques, sociaux, etc., de l'ensemble des affections (maladies, blessures, invalidité).

6. En 1740, un enfant sur deux décède avant l'âge de cinq ans.

GRAPHIQUE 1. Les DALYs par facteurs dans l'OCDE en 2019
(en milliers de DALYs pour 100 000 personnes)



Source : IHME (Institute for Health Metrics and Evaluation), base de données <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>. Consulté le 31 janvier 2024.

santé perdues (mesurées en DALYs / *Disability-Adjusted Life-Years*), avec environ 8 400 DALYs pour 100 000 habitants — les facteurs métaboliques sont eux à l'origine d'environ 6 600 DALYs pour 100 000 habitants, quand les facteurs environnementaux sont la cause de moins de 2 200 DALYs pour 100 000 habitants.

3. Cependant, la multiplication des échanges à l'échelle mondiale, de la dégradation des écosystèmes (perte de biodiversité, pollutions, changements d'occupation des sols) et les changements climatiques sont autant d'éléments favorables à un **retour du facteur environnemental dans les risques santé**, à la fois pour les maladies infectieuses (pandémies zoonotiques comme la Covid-19, maladies vectorielles comme les maladies à arbovirus ou la maladie de Lyme), les pathologies chroniques (diabète, obésité), et pour la santé mentale (*stress* post-traumatique, éco-anxiété, solastalgie). Cette résurgence est déjà effective d'un point de vue symbolique — en témoigne le développement, entre les années 1980 et le début des années 2000, de la santé environnementale, avec de nouvelles approches comme « Une seule santé » (*One Health*) ou « Santé planétaire ». Si cette évolution n'est pas encore perceptible dans les DALYs globaux (la proportion des facteurs environnementaux baisse continuellement depuis le

début des mesures en 1990 à l'échelle de l'OCDE), **une partie des facteurs de risques environnementaux est amenée à progresser dans les prochaines décennies. Les signaux faibles sont déjà nombreux** : pandémie de Covid et risque pandémique élevé à moyen terme, prolifération d'espèces vectrices de maladies (moustiques tigres, tiques...), effets des changements climatiques (événements climatiques extrêmes, agents pathogènes localisés dans le *permafrost*), impact des nombreuses pollutions (atmosphérique, perturbateurs endocriniens, polluants éternels, etc.) et de leur exposition combinée (effet cocktail). Ces différents facteurs contribuent à faire changer d'échelle l'environnement, qui passe d'une problématique de santé localisée à une problématique globale.

Au-delà des chiffres et des proportions, cette évolution représente un **basculement symbolique majeur** : désormais, les risques ne sont plus uniquement liés au génome ou à des comportements, que l'on peut disséquer, analyser, et *in fine* virtuellement maîtriser, mais émanent d'une combinaison complexe entre le génome et l'environnement. Cette complexité amène **la nécessité de s'adapter à un monde de risques sanitaires, de surprises**.

PARTIE I.

Évolution des risques santé liés à l'environnement en France



Les risques santé liés à des facteurs environnementaux peuvent être catégorisés en trois grands groupes, sans que cette catégorisation soit tout à fait étanche⁸ :

- **Les risques à effets directs** correspondent aux risques classiques, typiques du début de l'ère industrielle — principalement les pollutions atmosphériques en milieu ambiant et confiné. Les expositions sont globalement en baisse dans l'ensemble des régions du monde, à l'exception notable de l'Asie de l'Est et du Sud-Est, mais restent à des niveaux délétères pour la santé humaine, y compris dans de nombreuses villes européennes. Ces pollutions sont historiquement associées à des expositions unifactorielles élevées, et causent des maladies chroniques. Néanmoins, la compréhension approfondie de ces sources de pollution a mis en évidence les dangers d'une exposition faible chronique et / ou combinée pour les populations.
- **Les risques à effets complexes ou à effet retard** correspondent à des expositions prolongées à de faibles doses, associées à des pathologies chroniques, sans qu'une relation linéaire entre dose d'exposition et risque associé, ni seuil en deçà duquel tout risque

puisse être écarté, existent nécessairement. Il s'agit pour une partie d'entre eux de risques émergents pour lesquels les incertitudes sont majeures.

- **Les risques socio-environnementaux globaux** correspondent enfin aux conséquences directes sur la santé humaine, physique et mentale, de la dégradation des écosystèmes et des changements climatiques.

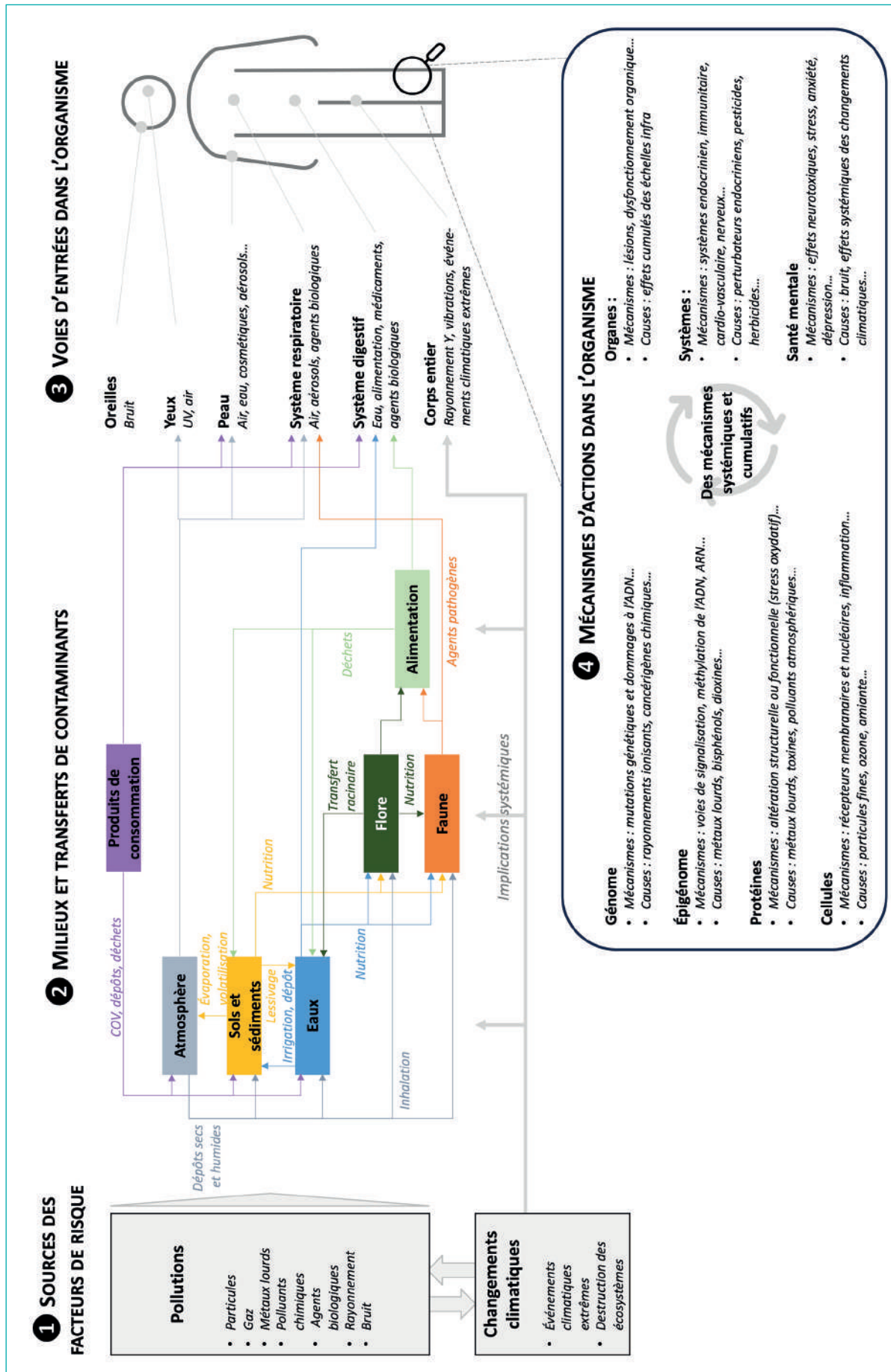
D'autres catégorisations des risques santé environnement donnent des clés d'analyse complémentaires intéressantes :

- L'approche par les milieux contaminés, utile pour mettre en avant le rôle de ces derniers vis-à-vis des sources de risques (dégradation de produits chimiques en d'autres polluants, etc.).
- La classification par les voies d'entrée des facteurs de risque dans l'organisme (peau, système respiratoire, système digestif...). La typologie des mécanismes d'action des facteurs de risque une fois qu'ils ont réussi à pénétrer l'organisme humain.

Ces différentes approches et leurs interactions sont synthétisées sur le graphique 2 page suivante.

8. Catégorisation librement inspirée de DAB William, *Santé et environnement*, 5^e éd., Paris : Presses universitaires de France (Que sais-je ?), 2020.

GRAPHIQUE 2. Facteurs de risques environnementaux : des sources aux mécanismes d'action dans l'organisme



Source : Inspiré de SJAMA Rémy, *Le Mal du dehors. L'influence de l'environnement sur la santé*, Versailles : Quæ, 2017, p. 143-186.

Les risques socio-environnementaux globaux

De nouvelles pathologies sur le territoire français

**Vers une épidémie de pandémies ?
Un risque pandémique majeur
à l'horizon 2040**

LES CHIFFRES-CLÉS

70 % des maladies émergentes sont d'origine animale
Environ **1,7 million de virus inconnus** existeraient dans
les réservoirs mammifères et aviaires, dont 30 % à
50 % auraient la capacité à infecter des humains

Ces dernières années, la crise sanitaire de la Covid-19, l'essor de la grippe aviaire ou de la peste porcine en Asie, en Afrique du Nord et en Europe, ont alerté de nombreux spécialistes sur le **risque de voir se multiplier, dans les décennies à venir, les pandémies affectant la santé humaine**⁹.

La principale menace provient des **zoonoses**, c'est-à-dire des maladies dont le pathogène est transmis de l'animal à l'humain et inversement. Environ 70 % des maladies émergentes étudiées actuellement proviennent de virus zoonotiques, la quasi-totalité des grandes pandémies connues par l'humanité sont des zoonoses (VIH-sida, fièvre espagnole, SARS-CoV2...) et **il existerait plus de 1,7 million de virus encore non découverts dans les réservoirs mammifères et aviaires, parmi lesquels 600 000 à 850 000 pourraient infecter les humains** — moins de 2 000 sont aujourd'hui caractérisés¹⁰.

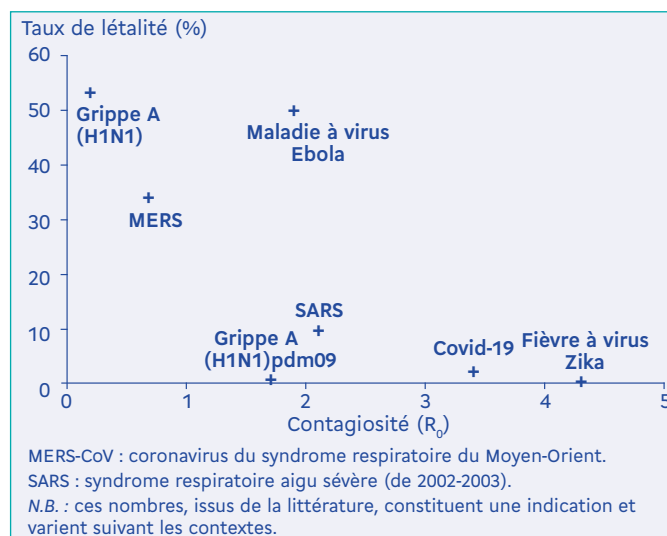
Parmi les principales familles de zoonoses se propageant entre humains une fois la barrière interspèce franchie, les **coronavirus**, qui infectent de nombreuses espèces animales et les humains, sont certainement ceux qui suscitent le plus d'inquiétude. Plus particulièrement, la sous-famille des Betacoronavirus a été la cause des trois principales alertes pandémiques du XXI^e siècle (SARS-CoV1, MERS et SARS-CoV2). La prévalence très élevée d'infection chez certaines espèces et la capacité de ces virus à muter très rapidement en font la principale menace pandémique. **L'influenza aviaire (ou grippe aviaire)** constitue certainement la seconde famille de virus la plus préoccupante. La transmission interhumaine reste jusqu'à présent extrêmement rare — ce qui ne l'empêche pas d'être extrêmement virulente chez les animaux d'élevage ou sauvages, déstabilisant par ce fait les écosystèmes —, mais la capacité de cette famille de virus à muter très rapidement rend plausible le franchissement de la barrière interspèce. Néanmoins, le risque pandémique ne se limite pas à ces grandes familles, comme l'a témoigné l'émergence du VIH dans la seconde moitié du XX^e siècle.

L'Organisation mondiale de la santé animale (OMSA) estime que **la fréquence de passage de ces agents infectieux des animaux vers les humaines semble augmenter. Or cette tendance sera difficile à inverser**, car les facteurs qui participent à l'aggravation du risque augmentent eux-mêmes de manière tendancielle et

9. SÉGUR Marie, « Vers une épidémie des pandémies ? Quels futurs pour la prévention, la détection et la gestion des crises sanitaires zoonotiques ? », *Analyse prospective*, n° 270, 5 avril 2022, Futuribles International. URL : <https://www.futuribles.com/vers-une-epidemie-des-pandemies-quels-futurs-pour/>. Consulté le 31 janvier 2024.

10. IPBES (Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services), *#PandemicsReport: Escaping the "Era of Pandemics". Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the IPBES*, Bonn : IPBES, 2020. URL : <https://www.ipbes.net/pandemics>. Consulté le 31 janvier 2024.

GRAPHIQUE 3. Taux de reproduction de base (R_0) et taux de létalité (nombre de morts/nombre de malades) chez les humains de quelques zoonoses



Source : VOURC'H Gwenaël et alii, *Les Zoonoses. Ces maladies qui nous lient aux animaux*, Versailles : Quæ, 2021.

sont peu susceptibles de s'infléchir¹¹. Le réchauffement climatique est en partie responsable, en augmentant les zones géographiques où les virus, bactéries et vecteurs de maladie peuvent proliférer. **Le risque de rupture majeure directement liée à la montée des températures concerne la fonte du permafrost**, susceptible de relâcher des agents pathogènes endormis — il est prouvé que de tels virus peuvent se réveiller après plusieurs milliers d'années de sommeil, vraisemblablement bien plus¹². Si la probabilité qu'un virus endormi transmissible à l'homme provoque une pandémie semble très faible¹³ — tous les virus préhistoriques jusque-là identifiés ne sont pas transmissibles à l'homme —, les conséquences seraient majeures : contrairement aux virus actuels, nous ne disposons pas en laboratoire de souches proches à partir desquelles se baser pour mettre au point des vaccins et traitements¹⁴.

La **perte de biodiversité et la destruction des écosystèmes naturels** jouent un rôle plus direct, en favorisant la proximité entre activités humaines et animaux, tout en obérant la résilience des animaux face aux maladies et en favorisant la concentration de certaines espèces de mammifères jouant un rôle de réservoirs pandémiques, comme les chauves-souris ou certains rongeurs¹⁵. Le **commerce des animaux** notamment pour des usages alimentaires aggrave lui aussi le risque de zoonose : on estime aujourd'hui qu'environ

7500 espèces animales étaient commercialisées, soit près d'un quart des espèces connues en dehors des insectes¹⁶. Or cette pression devrait continuer à croître, notamment du fait de la demande croissante en protéine animale à l'échelle mondiale, elle-même portée par la croissance démographique et la hausse du niveau de vie moyen : l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) estimait que la consommation de volaille pourrait plus que doubler entre 2010 et 2050, et celle de viande bovine croître de l'ordre de 60 % sur la même période, portée notamment par la demande africaine (triplement attendu de la consommation des deux types de viande).

L'**intensification des échanges** de biens et de personnes sur de longues distances constitue un autre facteur de risque majeur — ainsi, le moustique tigre s'est progres-

11. FLAHAULT Antoine, « Infectiologie », in Isabelle Goupil-Sormany et alii (sous la dir. de), *Environnement et santé publique. Fondements et pratiques*, Rennes : Presses de l'EHESP (École des hautes études en santé publique), 2023, chapitre 10, p. 253-275.

12. ALEMPIC Jean-Marie et alii, « An Update on Eukaryotic Viruses Revived from Ancient Permafrost », *Viruses*, vol. 15, n° 564, février 2023. URL : <https://doi.org/10.3390/v15020564>. Consulté le 31 janvier 2024.

13. MINER Kimberley R. et alii, « Emergent Biogeochemical Risks from Arctic Permafrost Degradation », *Nature Climate Change*, vol. 11, 2021, p. 809-819. URL : <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01162-y> ; et LEMIEUX Audrée et alii, « Viral Spillover Risk Increases with Climate Change in High Arctic Lake Sediments », *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 289, octobre 2022. URL : <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.1073>. Consultés le 31 janvier 2024.

14. STRONA Giovanni et alii, « Time-travelling Pathogens and their Risk to Ecological Communities », *PLOS Computational biology*, vol. 19, n° 7, juillet 2023. URL : <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1011268> ; et HOFMEISTER Anne M., SECKLER James M. et CRISS Genevieve M., « Possible Roles of Permafrost Melting, Atmospheric Transport, and Solar Irradiance in the Development of Major Coronavirus and Influenza Pandemics », *Environmental Research and Public Health*, vol. 18, n° 6, art. 3055, 2021. URL : <https://doi.org/10.3390/ijerph18063055>. Consultés le 31 janvier 2024.

15. GIBB Rory et alii, « Zoonotic Host Diversity Increases in Human-Dominated Ecosystems », *Nature*, vol. 584, août 2020, p. 398-402. URL : <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2562-8>. Consulté le 31 janvier 2024.

16. SCHEFFERS Bett R. et alii, « Global Wildlife Trade across the Tree of Life », *Science*, vol. 336, octobre 2019, p. 71-76. URL : <https://doi.org/10.1126/science.aav5327>. Consulté le 31 janvier 2024.

sivement propagé en France avant tout par les grands axes de communication. De la même manière, l'urbanisation et la densification des villes constituent des facteurs de vulnérabilité des sociétés, tout contribuant à la destruction des espaces frontières entre humains et faune sauvage — environ 30 % des nouvelles zoonoses recensées depuis 1960 seraient ainsi liées à des changements d'usage des sols. À l'échelle mondiale, on estime que la part de l'humanité vivant dans les villes passera dans une trajectoire tendancielle de 50 % aujourd'hui à environ 70 % à l'horizon 2050¹⁷.

Plusieurs de ces facteurs de risque s'expriment certes davantage dans certaines régions du monde (Asie du Sud et de l'Est, Afrique subsaharienne...) que dans d'autres ; **le risque n'en est pas moins à considérer à l'échelle planétaire** du fait de la capacité de certains agents pathogènes, une fois l'épidémie déclarée, à se propager sur de grandes distances pour engendrer une pandémie mondiale. Dans ce contexte, l'absence toujours criante de politiques de prévention et de gestion du risque dans les zones les plus exposées, mais aussi de manière cohérente et concertée à l'échelle mondiale, fait de la multiplication des zoonoses un « risque majeur » pour le futur de l'humanité¹⁸.

L'extension des animaux vecteurs de maladies à l'ensemble du territoire

LE CHIFFRE-CLÉ

65 cas de dengue autochtones identifiés en France métropolitaine en 2022 : une maladie endémique avant la fin de la décennie ?

Les maladies vectorielles se distinguent des autres zoonoses du fait de **leur dynamique de transmission particulière, qui appelle des mesures et des outils de prévention distincts**. Elles regroupent :

- L'ensemble des **maladies à arbovirus**, transmises par des animaux hématophages dont les moustiques (paludisme, dengue, fièvre jaune, zika, chikungunya, virus du Nil occidental...) et les tiques (maladie de Lyme, fièvre hémorragique de Crimée-Congo...) ¹⁹.
- Des maladies transmises par d'autres animaux comme : les leishmanioses transmises par les phlébotomes, contaminant de 700 000 à 1 million de personnes dans le monde chaque année, très invalidantes, voire mortelles ²⁰ ; la trypanosomose humaine ou maladie du sommeil transmise par la mouche tsé-tsé, dont le faible taux de contamination n'exclut pas le risque de recrudescence ²¹ ; des rickettsioses transmises par des acariens, des puces ou des poux (typhus murin, fièvre pourprée des montagnes Rocheuses...).
- Des maladies transmissibles par morsure, notamment de rongeurs, comme la rage.
- Des maladies liées à d'autres vecteurs (spores, champignons, prions...), comme la coccidioïdomycose ou « fièvre de la vallée » (*valley fever* en anglais ; voir encadré *infra*).

À l'inverse des zoonoses transmissibles entre humains, pouvant provoquer des pandémies à l'échelle mondiale dans des temps réduits, comme nous l'avons connu en 2020, **le principal risque est lié à la présence endémique, progressivement permanente de certains**

17. SÉGUR Marie, « Vers une épidémie des pandémies ? », *op. cit.*

18. Thierry Lefrançois, docteur vétérinaire, inspecteur en chef de la Santé publique vétérinaire, directeur scientifique du Département des systèmes biologiques, et spécialiste des réseaux et approches intégrées de la santé au CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) ; également membre du Conseil scientifique français sur la Covid-19 depuis février 2021, entretien du 2 février 2022.

19. YUILL Thomas M., « Revue générale des arboviroses, des arénaviroses et des filoviroses », *Le Manuel MSD*, juin 2023. URL : <https://www.msdmanuals.com/fr/professional/maladies-infectieuses/arbovirus-arenaviridae-et-filoviridae/revue-g%C3%A9n%C3%A9rale-des-arboviroses-des-ar%C3%A9naviroses-et-des-filoviroses>. Consulté le 31 janvier 2024.

20. « Leishmaniose », Institut Pasteur, novembre 2020. URL : <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/leishmaniose>. Consulté le 31 janvier 2024.

21. « Maladie du sommeil », Institut Pasteur, mai 2021. URL : <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/maladie-du-sommeil-0>. Consulté le 31 janvier 2024.

TABEAU 1. Principales arboviroses dont l'incidence est susceptible d'augmenter avec le changement climatique

MALADIE	TYPE DE VIRUS	VECTEUR	POPULATIONS INFECTÉES	PRINCIPAL RÉSERVOIR
Dengue	Flaviviridae	Moustiques Aedes	Humains	Primates
Fièvre jaune	Flaviviridae	Moustiques Aedes	Humains	Singes
Encéphalite du Nil occidental	Flaviviridae	Moustiques Aedes et Culex	Humains, cheval	Oiseaux
Encéphalite à tiques	Flaviviridae	Tiques Ixodes	Humains	Cervidés, rongeurs
Encéphalite japonaise	Flaviviridae	Moustiques Aedes et Culex	Humains, porcs	Oiseaux
Chikungunya	Togaviridae	Moustiques Aedes	Humains	Singes
Phlebovirus	Bunyaviridae	Moustiques Aedes	Humains, ovins, bovins, caprins, canins, félins	Moutons, bovins
Fièvre à hantavirus	Bunyaviridae	Rongeurs	Humains	Rongeurs

Source : DROUET Emmanuel, « Changement climatique : quels effets sur notre santé ? », *Encyclopédie de l'environnement*, février 2020.
URL : <https://www.encyclopedie-environnement.org/sante/changement-climatique-effets-sante-de-lhomme/>. Consulté le 31 janvier 2024.

vecteurs (arbovirus....). Ces différents paramètres sont **directement influencés par des facteurs environnementaux** (changement climatique, urbanisation et proximité avec les humains, évolution de l'écosystème favorisant la présence des vecteurs et de leurs hôtes animaux, agriculture intensive et monocultures, atteinte à la biodiversité des écosystèmes régulant la diffusion des virus).

Le moustique tigre est, à l'échelle de la France, le vecteur le plus surveillé (voir carte 1) — 65 cas de dengue autochtones non importés ont été identifiés dans neuf foyers de transmission dans l'Hexagone en 2022, et la maladie pourrait devenir endémique en métropole avant la fin de la décennie — mais il n'est pas le seul vecteur favorisé par les changements climatiques et la déstabilisation des écosystèmes. Ainsi, on estime que la tique *Ixodes*, vectrice de la maladie de Lyme, première maladie vectorielle en Amérique du Nord avec environ 476 000 cas en moyenne entre 2010 et 2018 aux États-Unis²² (25 000 à 68 530 cas annuels en France entre 2009 et 2020²³), progresse d'environ 40 km vers le nord par an en Amérique du Nord²⁴, atteignant ainsi

le Canada où les cas déclarés ont été multipliés par 18 entre 2009 et 2021. La dengue semble elle aussi profiter des changements climatiques et de l'urbanisation croissante : à l'échelle mondiale, le taux de reproduction brut (R_0) de la dengue transmise par les moustiques *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus* a augmenté de 28 % entre 1951-1960 et aujourd'hui²⁵.

Il faut ainsi se préparer demain, sur l'ensemble du sol métropolitain, à la présence permanente de vecteurs de maladie — le risque de contamination omniprésent contribuera à transformer le regard porté sur l'environnement, le territoire local, dont certains seront perçus comme plus menaçants, voire hostiles.

Il ne s'agit donc pas d'une rupture brutale, à l'inverse du risque pandémique, induite par des zoonoses transmissibles entre humains, mais d'un **risque latent, parfois inexorable, pouvant conduire à l'émergence de nouvelles maladies dans des territoires où ni les populations, ni les pouvoirs publics ou les systèmes de soins ne sont correctement préparés**, à l'instar des maladies à arbovirus transmises par le moustique *Aedes*. Davan-

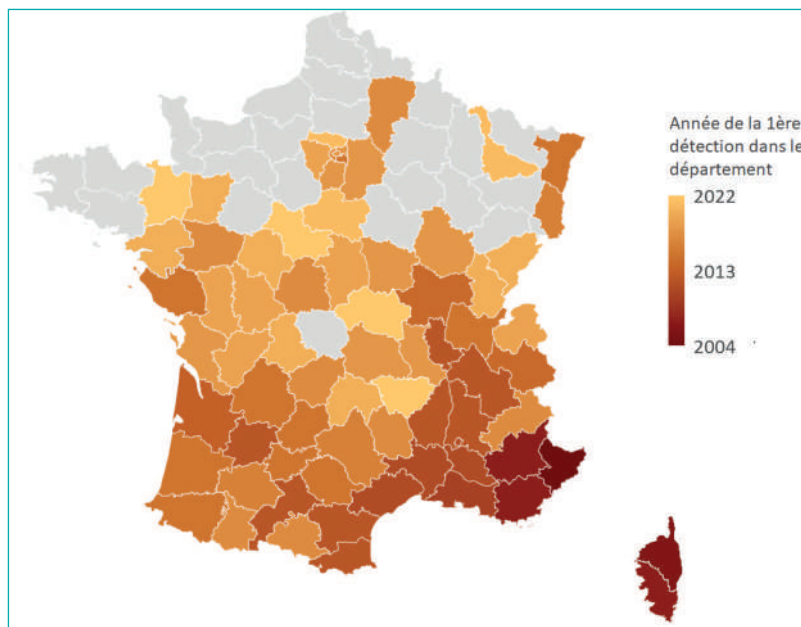
22. KUGELER Kiersten J. et alii, « Estimating the Frequency of Lyme Disease Diagnoses, United States, 2010-2018 », *Emerging Infectious Diseases*, vol. 27, n° 2, février 2021, p. 616-619. URL : <https://doi.org/10.3201/eid2702.202731>. Consulté le 31 janvier 2024.

23. « Borréliose de Lyme et prévention des piqûres de tiques : où en est-on en France ? », Santé publique France, mai 2023. URL : <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2023/borreliose-de-lyme-et-prevention-des-piqures-de-tiques-ou-en-est-on-en-france>. Consulté le 31 janvier 2024.

24. LEIGHTON P. A. et alii, « Predicting the Speed of Tick Invasion: An Empirical Model of Range Expansion for the Lyme Disease Vector *Ixodes Scapularis* in Canada », *Journal of Applied Ecology*, vol. 49, n° 2, mars 2012, p. 457-464. URL : <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02112.x>. Consulté le 31 janvier 2024.

25. ROMANELLO Marina et alii, « The 2023 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: The Imperative for a Health-centred Response in a World Facing Irreversible Harms », *The Lancet*, vol. 402, p. 2346-2394, novembre 2023. URL : [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)01859-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01859-7). Consulté le 31 janvier 2024.

CARTE 1. Expansion du moustique *Aedes* en France par département (2004-2022)



Source : compilation à partir des données du ministère des Solidarités et de la Santé.
URL : <https://sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-microbiologiques-physiques-et-chimiques/especes-nuisibles-et-parasites/article/cartes-de-presence-du-moustique-tigre-aedes-albopictus-en-france-metropolitaine>.
Consulté le 31 janvier 2024.

tage que préparer la population et le système de santé à l'éventualité d'une rupture sanitaire subite, il s'agit pour gérer le risque de maladie vectorielle d'anticiper et dans la mesure du possible ralentir l'expansion des vecteurs, de développer la biosurveillance et le suivi populationnel des espèces hôtes, de sensibiliser

et d'éduquer la population sur les gestes et bonnes pratiques pour éviter la contamination (prévention primaire), par exemple pour les tiques, et les bons réflexes à adopter en cas de suspicion de contamination (prévention secondaire).

La tique *Ixodes*, vectrice de maladies comme la borréliose de Lyme, © KPixMining / Shutterstock

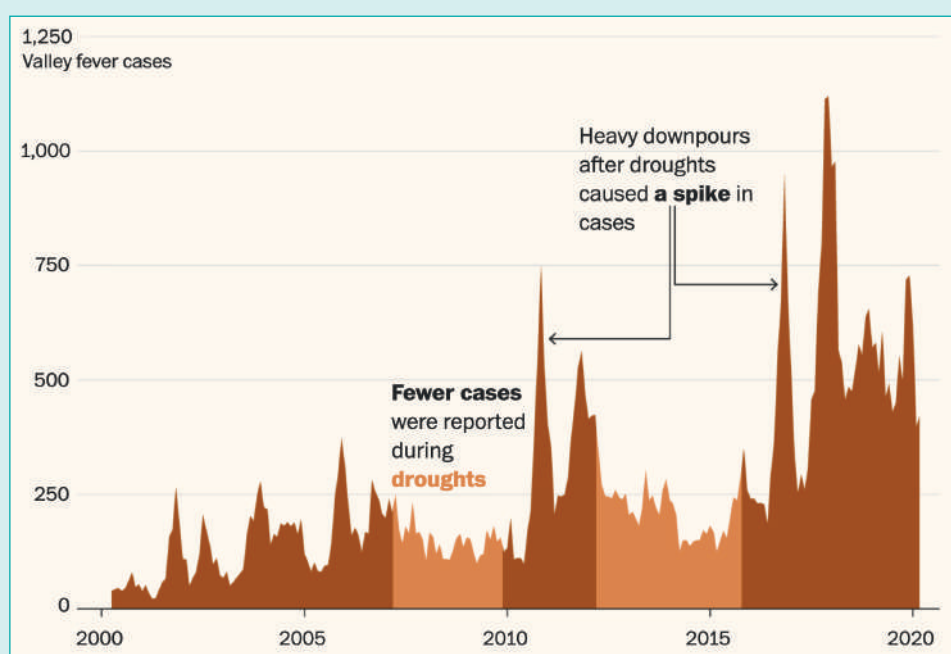


La fièvre de la vallée, exemple parfait de la maladie du changement climatique ?

La coccidioïdomycose, surnommée fièvre de la vallée (*valley fever*) en raison de sa découverte dans la vallée de San Joaquin, en Californie, est une maladie respiratoire transmise par les spores du champignon *coccidioides*. Générale-

ment bénigne, elle entraîne dans 15 % à 30 % des cas des pneumonies pouvant être mortelles — quelques centaines de personnes décèdent chaque année, sur environ 20 000 cas répertoriés en 2019 ¹.

GRAPHIQUE 4. Cas rapportés de fièvre de la vallée en Californie (2000-2020)



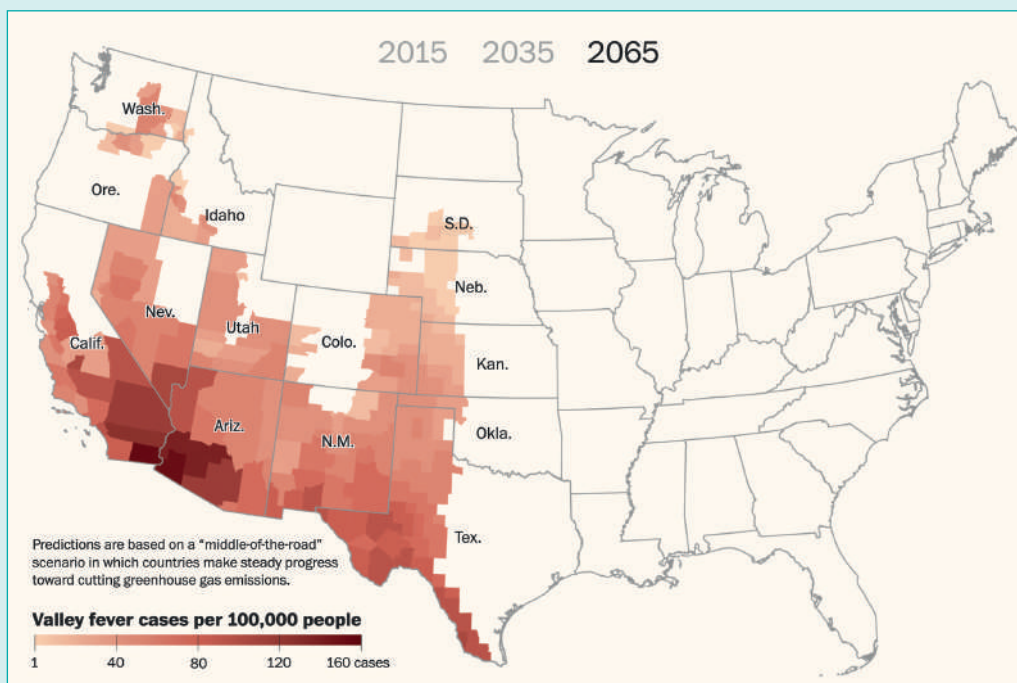
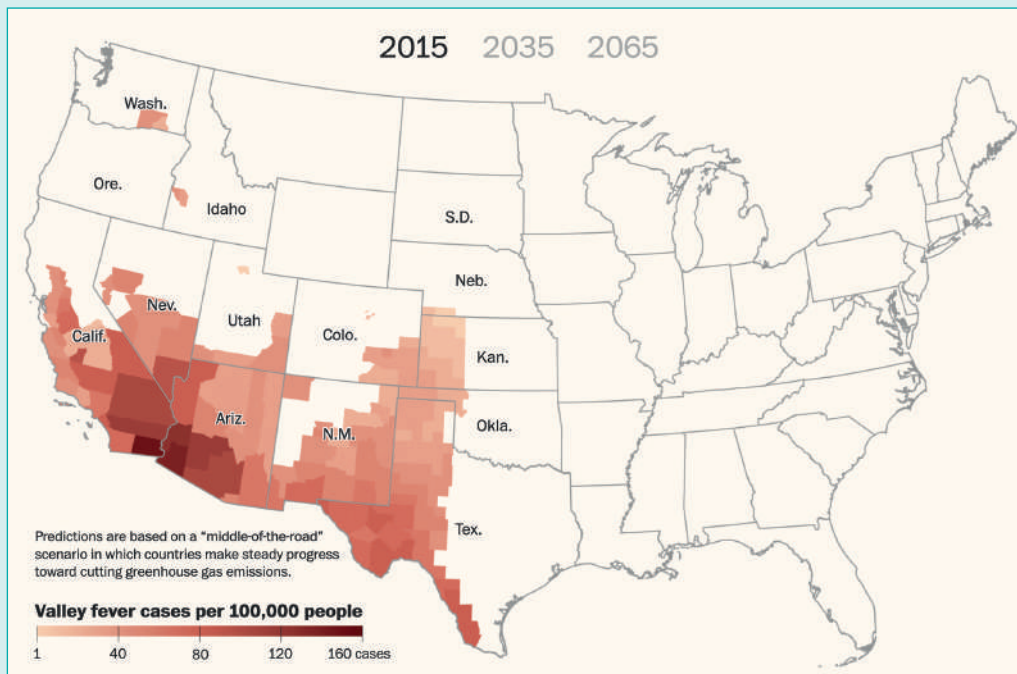
Source : PARTLOW Joshua, PENNEY Veronica et VAN HOUTEN Carolyn, « An Invisible Killer », *The Washington Post*, 13 novembre 2023. URL : https://www.washingtonpost.com/climate-environment/interactive/2023/valley-fever-spread-climate-change-coccidioides-fungus/?itid=fy_subs_readinghistory1. Consulté le 31 janvier 2024 (capture d'écran).

La particularité de cette maladie émergente, dont l'occurrence a été multipliée par quasiment 10 en l'espace de 20 ans, est qu'elle semble intimement liée au changement climatique — bien qu'aucune causalité ne soit à ce stade formellement établie. Si l'amélioration du dépistage et l'évolution de la population située dans les lieux endémiques originels du champignon ont pu contribuer à la

hausse de cas détectés, la hausse des températures permettrait au champignon de proliférer et de conquérir de nouveaux territoires, augmentant la part de population potentiellement exposée à la maladie, et pourrait affecter l'ensemble du quart sud-ouest des États-Unis, ainsi que le Mexique ².

Suite encadré ➤

CARTE 2. Projections de cas de fièvre de la vallée à 2065 dans une trajectoire tendancielle de maîtrise des émissions de gaz à effet de serre



Source : PARTLOW Joshua, PENNEY Veronica et VAN HOUTEN Carolyn, « An Invisible Killer », *op. cit.*

1. « Valley Fever (Coccidioidomycosis) », CDC (Centers for Disease Control and Prevention) / U.S. Department of Health & Human Services, décembre 2020. URL : <https://www.cdc.gov/fungal/diseases/coccidioidomycosis/index.html> ; et « Coccidioidomycose », *Le Manuel MSD*, septembre 2023. URL : <https://www.msdmanuals.com/fr/professional/maladies-infectieuses/mycoses/coccidio%C3%AFdomycose>. Consultés le 31 janvier 2024.
2. PARTLOW Joshua, PENNEY Veronica et VAN HOUTEN Carolyn, « An Invisible Killer », *op. cit.*

SCÉNARIO-FICTION #1.

La tentation du contrôle par l'éradication des agents pathogènes

En 2040, la prolifération du moustique tigre est générale : tous les départements et la majorité des communes sont infestés. L'ensemble du territoire français est en alerte rouge. Les cas d'arboviroses (dengue, zika, chikungunya...) ont fortement progressé **et sont devenus, à la fin de la décennie 2020, endémiques sur le territoire métropolitain** à l'instar d'autres régions du monde (océan Indien, Asie du Sud-Est...). Les campagnes de désinsectisation ont des effets réduits compte tenu de la résistance des espèces aux produits employés, ces derniers étant soumis à un contrôle très strict de dangerosité pour l'homme et l'environnement.

Un débat national puis européen est engagé pour apprécier l'intérêt **d'introduire une mutation génétique** rendant plusieurs espèces de moustiques stériles par forçage génétique. Le recours aux méthodes de forçage génétique soulève des questions éthiques (changement du vivant) et des discussions passionnées sur les risques majeurs encourus : dispersion et persistance des gènes forcés dans la nature, déséquilibre des chaînes trophiques...

Un débat de même ordre s'est développé rapidement, après les premiers cas de peste porcine africaine sur le sol français dans la seconde moitié de la décennie 2020, pour viser à la réduction massive du nombre de sangliers sur le territoire via la dispersion de stérilisants (produits contraceptifs ou vaccins, expérimentés en Espagne depuis les années 2020). Très vite, les solutions du forçage génétique sont également soumises à débat et font l'objet d'âpres discussions entre experts, politiques, associations et citoyens.

Dans un autre domaine, plusieurs campagnes d'abattage des cyprès, frênes et bouleaux dans certaines régions ou dans d'autres pays, pour limiter la diffusion des pollens les plus allergisants, ont été organisées au cours de la décennie 2030. Ces campagnes ont été préparées avec une procédure de vote collectif régional, en concertation avec les riverains, les associations de préservation des forêts ou encore les élus, et incluses dans les plans d'adaptation des forêts françaises aux changements climatiques.

D'une manière générale, une partie des citoyens et des politiques en relais préconisent fortement d'éradiquer les « porteurs » du problème plutôt que de s'adapter aux enjeux de moyen et long termes.

Un grand mouvement de l'« écologie de synthèse » émerge, voisin du mouvement transhumaniste. Ce discours est relayé par un cercle réduit d'acteurs puissants et influents (grandes entreprises, personnalités publiques...), qui promettent une solution rapide à des problèmes complexes.

Les modifications des écosystèmes qui résultent du forçage génétique, de la suppression de certaines espèces sont totalement imprévisibles. Plusieurs risques sont identifiés : déséquilibre des chaînes trophiques avec risque d'effondrement d'écosystèmes, émergence de populations plus résistantes ou virulentes, diffusion de séquence du forçage génétique à des populations non ciblées (animales ou humaines), etc. La déstabilisation des écosystèmes est un facteur connu de diffusion de vecteurs ou virus néfastes pour les populations humaines (par exemple la maladie de Lyme).

Face à ces enjeux, des voix s'élèvent pour prôner la prudence. Les chercheurs, les écologistes et même certains politiques mettent en garde contre une course effrénée vers une solution rapide. Las, face à l'urgence des enjeux, mais aussi à l'ampleur des profits potentiels, les expérimentations se multiplient au niveau mondial, avec des effets inconnus à terme, malgré de premiers retours préoccupants de pays ayant massivement adopté ces solutions.

Quels sont les phénomènes qui peuvent contribuer à cette situation ?

- **L'absence de solutions alternatives rapidement déployables** pour contrer ces enjeux sanitaires croissants — surtout si les techniques actuelles basées sur les insecticides sont freinées par le développement d'individus résistants et / ou par une réglementation plus stricte interdisant les produits les plus dangereux.
- **La culture de l'abattage**, déjà très présente dans certaines filières (cf. grippe aviaire), pourrait constituer un précédent important.
- **Le développement rapide des arbovirus et les allergies** : récents cas de dengue autochtones en métropole (vers une situation endémique à l'horizon 2030 ?), doublement des allergies en 20 ans (la moitié de la popu-

lation allergique en 2050²⁶ ?), etc. La pression sanitaire et économique croissante de ces affections pourrait légitimer l'adoption de mesures plus radicales.

- **Les progrès importants de l'édition génétique** ces dernières années pourraient, s'ils se prolongent, donner une assise scientifique suffisante pour convaincre une partie des voix appelant aujourd'hui à la prudence.
- Enfin, **la couverture médiatique de ces enjeux et le climat anxigène** provoqué par les crises récentes, et tout particulièrement la crise Covid, pourraient alimenter une demande sociale de mesures radicales et rapidement déployables.

Quels sont les phénomènes qui vont dans le sens inverse ?

- La nature de ces mesures engendrerait vraisemblablement de **forts mouvements d'opposition dans la société civile**, de la part de cercles très larges de personnes sensibilisées à la préservation de l'environnement et de la biodiversité, au bien-être animal, etc.
- Ces mesures susciteraient tout autant une **nette opposition scientifique** : la compréhension scientifique de la complexité et des bienfaits de la biodiversité, l'absence de preuves scientifiques d'efficacité et le nombre de contre-exemples documentés (cf. la myxomatose en France²⁷) invitent à la prudence quant à des mesures qui par ailleurs ne s'attaqueraient absolument pas à l'origine des problèmes traités.
- **Les coûts financiers de telles techniques** pourraient constituer un frein supplémentaire.
- **Le risque de réactions en chaîne** pouvant déclencher des imbroglios géopolitiques pourrait être dissuasif, avec la crainte d'ouvrir d'une boîte de Pandore (à l'instar de la géo-ingénierie).
- **Le développement de pistes de solutions alternatives**, notamment pour les animaux de rente : perma-

culture, introduction d'autres espèces, sélection naturelle par le génie génétique, système d'alerte précoce, restauration des écosystèmes et de la biodiversité comme frein aux zoonoses...

Enjeux et pistes de réponse

- Les **risques induits par ces solutions sont majeurs** et dépassent largement les cadres nationaux : déstabilisation des écosystèmes avec des impacts potentiellement majeurs et imprévisibles, pandémies animales voire zoonotiques, mais aussi un **risque de perte de vigilance** engendré par une impression de contrôle. Ces mesures constituent une **boîte de Pandore** (conséquences multiples et non maîtrisées, risque de tendre vers l'eugénisme...) qui provoquerait de profonds désaccords internationaux.
- Les tensions géopolitiques pourraient être de plus alimentées d'une part par les **retombées certainement très hétérogènes selon les régions** de telles mesures (effondrement d'écosystèmes locaux), d'autre part par des conceptions radicalement différentes du **rapport au vivant**, ces mesures pouvant être vues comme une intrusion inacceptable dans l'ordre naturel ou, selon les conceptions, divin. Ces divergences seront d'autant plus profondes que les chaînes de décision, de suivi et de responsabilité seront floues.
- La **connaissance imparfaite des conséquences**, tant positives que négatives de telles mesures, appelle à la mise en place d'études tant pour affiner la connaissance des écosystèmes que pour évaluer les **impacts des mesures mentionnées** (apports des données massives et de l'intelligence artificielle pour mener des études d'impact et d'évaluation).
- Le déploiement de solutions technologiques s'attaquant aux symptômes et non aux sources du problème pourrait de plus créer une **dépendance à ces technologies**, nécessitant des interventions régulières pour éviter un retour de bâton brutal.

26. Projection de l'OMS.

27. Les expériences, menées en France par le docteur Paul-Félix Armand-Delille en 1952, ont causé la mort d'environ 90 % de la population de lapins sauvages dans les quatre années qui ont suivi.

- **Les enjeux financiers sont aussi majeurs**, et on peut imaginer que des acteurs se positionneront rapidement pour mettre en avant les intérêts de la méthode (*lobbying* intensif). Face à cela, il est essentiel que les décideurs politiques soient acculturés aux recherches scientifiques sur le domaine.
- Il est aussi nécessaire **d'explorer la variété des solutions notamment alternatives**, ainsi que de se placer dans un cadre de réflexion holistique de type *One Health*.



Image créée avec ChatGPT à partir du récit du scénario.

Le risque majeur des désordres liés à l'antibiorésistance

LES CHIFFRES-CLÉS

5 500 décès et 125 000 infections par an en France aujourd'hui liés à l'antibiorésistance, plusieurs milliers à l'horizon 2050 si rien n'est fait.

Autre menace pesant sur la santé humaine, **l'antibiorésistance pourrait être à l'origine de nouvelles formes de pandémies causées par des bactéries**. L'utilisation massive d'antibiotiques chez le bétail et chez l'humain a en effet exercé une pression sur les populations bactériennes, conduisant à la sélection naturelle de souches résistantes à ces médicaments. Si, aujourd'hui, la mortalité liée à l'antibiorésistance semble relativement faible en Europe, comparée par exemple à celle du cancer, **son fardeau est d'ores et déjà comparable aux effets cumulés du VIH, de la tuberculose et de la grippe. En France, l'antibiorésistance est impliquée dans environ 5 500 décès et 125 000 infections par an** — à l'échelle mondiale, le nombre de décès est estimé selon les sources entre 700 000 et 1,3 million²⁸. Les impacts sont particulièrement prégnants pour les nouveau-nés et les seniors²⁹. Parmi les agents pathogènes les plus préoccupants, l'OMS identifie les *streptococcus pneumoniae*, responsables de méningites et de pneumonies, les *shigellas* (causant des dysenteries), ainsi que les *pseudomonas*,

les *acinetobacter* et les entérobactéries qui regroupent des bactéries multirésistantes pouvant provoquer des infections sévères voire mortelles et pour lesquelles il n'existe plus de solutions thérapeutiques³⁰. La France est particulièrement exposée à ce fléau, puisqu'elle reste en 2021 le quatrième pays le plus consommateur d'antibiotiques au sein de l'Union européenne, malgré une baisse continue depuis une décennie³¹.

Le Groupe spécial de coordination interinstitutions des Nations unies sur la résistance aux antimicrobiens (IACG) estime, dans un rapport de 2019, que **si rien n'est fait, l'antibiorésistance pourrait causer la mort de 10 millions de personnes par an dans le monde d'ici à 2050 — soit approximativement le nombre de décès annuels liés au cancer aujourd'hui**³². À l'échelle de la France, cela pourrait représenter quelques dizaines de milliers de morts à cet horizon. La prise de conscience de ces enjeux alimente une recherche scientifique active — la réalité du fardeau de l'antibiorésistance sera ainsi probablement moindre que dans la projection « toutes choses égales par ailleurs » de l'OMS. La lutte contre le développement de l'antibiorésistance reste néanmoins délicate, en cela qu'elle doit être multifactorielle et doit concerner :

- L'échelle individuelle : respect des prescriptions, prévention des infections (hygiène, alimentation...), etc.
- La sphère politique : mise en place de plans d'action, de surveillance des infections antibiorésistantes,

28. Sources :

- Pour l'estimation basse : « Un nouveau rapport appelle à agir d'urgence pour éviter une crise due à la résistance aux antimicrobiens », OMS, communiqué de presse, avril 2019. URL : <https://www.who.int/fr/news/item/29-04-2019-new-report-calls-for-urgent-action-to-avert-antimicrobial-resistance-crisis>. Consulté le 31 janvier 2024.
- Pour l'estimation haute : MURRAY Christopher J.L. et alii, « Global Burden of Bacterial Antimicrobial Resistance in 2019: A Systematic Analysis », *The Lancet*, vol. 339, n° 10325, février 2022, p. 629-655. URL : [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0). Consulté le 31 janvier 2024.

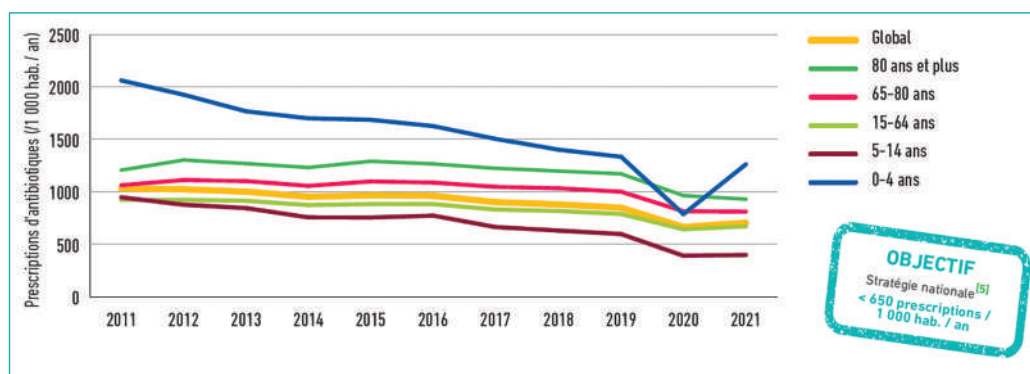
29. Programme prioritaire de recherche. Antibiorésistance, INSERM (Institut national de la santé et de la recherche médicale), septembre 2019. URL : <https://www.inserm.fr/wp-content/uploads/2020-01/inserm-pprantibioresistance.pdf>. Consulté le 31 janvier 2024.

30. « L'OMS publie une liste de bactéries contre lesquelles il est urgent d'avoir de nouveaux antibiotiques », OMS, communiqué de presse, 27 février 2017. URL : <https://www.who.int/fr/news-room/detail/27-02-2017-who-publishes-list-of-bacteria-for-which-new-antibiotics-are-urgently-needed>. Consulté le 31 janvier 2024.

31. « La France encore trop consommatrice d'antibiotiques », Santé publique France, 2 novembre 2022. URL : <https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2022/la-france-encore-trop-consommatrice-d-antibiotiques>. Consulté le 31 janvier 2024.

32. « Un nouveau rapport appelle à agir d'urgence pour éviter une crise due à la résistance aux antimicrobiens », OMS, communiqué de presse, 29 avril 2019. URL : <https://www.who.int/fr/news/item/29-04-2019-new-report-calls-for-urgent-action-to-avert-antimicrobial-resistance-crisis>. Consulté le 31 janvier 2024.

GRAPHIQUE 5. Prescription d'antibiotiques par classes d'âge et pour toute la population en France, 2011-2021 (pour mille habitants, par an)



Source : données SNDS (Système national des données de santé), France 2011-2021, in « Consommation d'antibiotiques et prévention de l'antibiorésistance en France en 2021 : où en sommes-nous ? », Santé publique France, 18 novembre 2022. URL : <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2022/consommation-d-antibiotiques-et-prevention-de-l-antibiorésistance-en-france-en-2021-ou-en-sommes-nous>. Consulté le 6 mars 2024.

Les allergies

Au cours des 20 dernières années, le nombre de personnes allergiques a doublé. **Si les tendances se prolongent, en 2050, 50 % de la population mondiale sera affectée par au moins une maladie allergique** selon l'OMS.

En France on estime à 30 % la population concernée par au moins une maladie allergique, à des degrés divers, avec des effets sur la santé fortement variables, allant d'allergies bénignes à des crises pouvant dans de rares cas être mortelles. Sur la même période, le pourcentage d'asthmatiques a augmenté de plus de 40 % chez les adolescents et en France. Alors que 4 millions de personnes sont asthmatiques en France, 5 % des personnes concernées souffrent de crises sévères, et environ 900 en meurent chaque année ¹. Dans le détail, la prévalence de l'asthme dans la population est évaluée à 8 %-10 %, celle de la dermatite atopique, de la conjonctivite entre 15 % et 20 %. Les allergies alimentaires concernent désormais 1 enfant sur 20 ².

De nombreux facteurs environnementaux et comportements contribuent vraisemblablement

à cette considérable progression, en sus des prédispositions génétiques :

- le changement climatique avec la prolifération d'espèces végétales très allergisantes ;
- le changement de régime alimentaire (produits transformés, etc.) ;
- le stress et les perturbations psychosociologiques ;
- les milieux confinés, trop chauffés, mal ventilés, etc. ;
- l'excès d'hygiène et l'exposition à des substances allergisantes ou biocides portant atteinte au microbiote ;
- la pollution atmosphérique, notamment l'ozone et les microparticules.

Contrairement à une idée reçue, l'augmentation de la consommation de médicaments, notamment des antibiotiques, n'est pas corrélée à cette hausse — bien que certains médicaments en soi puissent être allergisants. En revanche, cette augmentation du nombre de cas pose la question de l'impact financier et de la durabilité des mécanismes de protection sociale (budget de l'assurance maladie et coût pour la complémentaire santé).

1. « Asthme. Une inflammation chronique des bronches de mieux en mieux contrôlée », Dossier INSERM, 13 juillet 2023. URL : <https://www.inserm.fr/dossier/asthme/>. Consulté le 31 janvier 2024.

2. « Allergies. Un dérèglement du système immunitaire de plus en plus fréquents », Dossier INSERM, 30 mai 2017. URL : <https://www.inserm.fr/dossier/allergies/>. Consulté le 31 janvier 2024.

réglementation sur l'usage rationnel des médicaments, campagnes d'information, développement des approches non médicamenteuses et de la prévention primaire, etc.

- Les professionnels de santé : prévention, prescription uniquement dans les cas nécessaires, signalement, information aux patients, etc.

- Le secteur agricole : recours à la vaccination plutôt qu'au traitement antibiotique préventif ou à des fins de croissance accélérée des animaux, prévention des infections...

Les risques liés aux événements climatiques extrêmes et au réchauffement climatique

Des catastrophes plus nombreuses et intenses, des écosystèmes fortement dégradés

LE CHIFFRE-CLÉ

Jusqu'à **60 jours de canicule par an** en France à l'horizon 2050.

Les événements climatiques extrêmes sont des phénomènes inattendus, inhabituels, à forte intensité et / ou hors des moyennes saisonnières. Ils sont caractérisés par des cinétiques variables, parfois s'inscrivant sur un temps court (quelques heures ou quelques jours) ou, à l'inverse, persistant plusieurs semaines ou mois. Parmi les événements climatiques extrêmes les plus répandus ces dernières années, notons la multiplication des canicules, des sécheresses, des mégafeux, des inondations et pluies torrentielles, des vagues de froid intense, ainsi que des cyclones et ouragans.

La tendance à l'augmentation des occurrences d'événements climatiques extrêmes est très marquée pour les prochaines décennies, au regard des trajectoires de réchauffement climatique et de l'inertie du système climatique. À l'échelle mondiale, ces événements ont

ainsi déjà été multipliés par cinq en 50 ans, selon une corrélation non linéaire avec l'augmentation des températures moyennes³³.

En France, à l'horizon 2050, Météo France projette ainsi jusqu'à **60 jours de canicule par an** dans un scénario pessimiste.

Au-delà des événements climatiques extrêmes, le réchauffement climatique est aussi un facteur aggravant le risque de pandémie mondiale (voir plus haut la partie sur le risque pandémie).

Des impacts systémiques sur la santé humaine

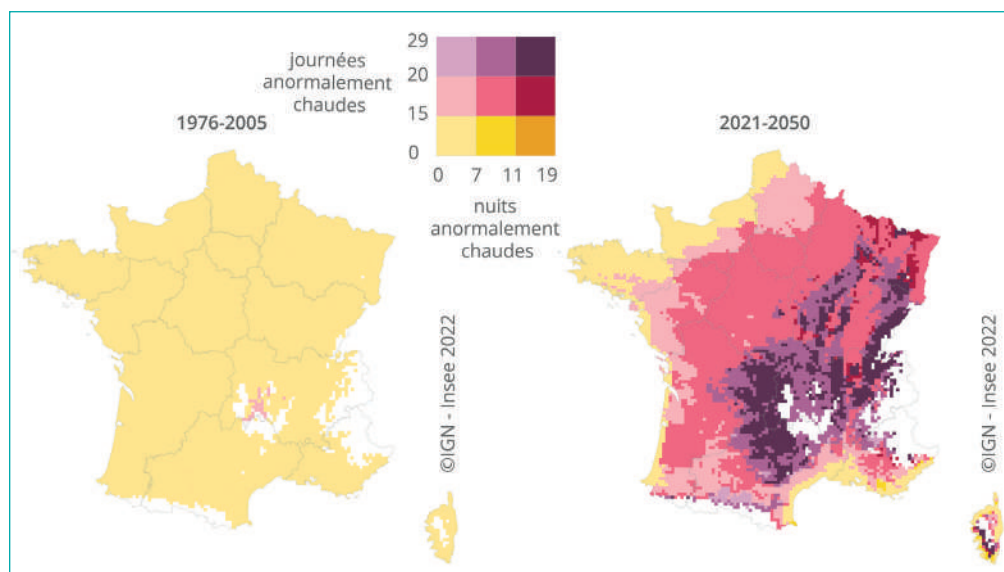
LE CHIFFRE-CLÉ

Cinq fois plus de seniors mourront des vagues de chaleur dans le monde en 2041-2060 par rapport à la période 1995-2014.

Les événements climatiques extrêmes ont de nombreuses conséquences sur la santé humaine, provo-

33. « Les catastrophes météorologiques se sont multipliées au cours des 50 dernières années, causant plus de dégâts, mais moins de décès », Organisation météorologique mondiale (OMM), communiqué de presse, 31 août 2021. URL : <https://wmo.int/fr/news/media-centre/les-catastrophes-meteorologiques-se-sont-multipliees-au-cours-des-50-dernieres-annees-causant-plus>. Consulté le 31 janvier 2024.

CARTE 3. Fréquence des journées et nuits anormalement chaudes en été pour les périodes 1976-2005 et 2021-2050



Note : les carreaux d'altitude moyenne supérieure à 1 000 mètres ne sont pas considérés.

Lecture : au cours des trois prochaines décennies, il y aura en moyenne, chaque été en Île-de-France, de 16 à 20 journées et de 8 à 11 nuits anormalement chaudes, c'est-à-dire dont la température excède d'au moins 5 °C la température maximale de référence (calculée au niveau local sur la période 1976-2005). Avant 2005, la région subissait au maximum 15 journées et 7 nuits anormalement chaudes.

Source : Météo-France, Drias 2020, in FONTÈS-ROUSSEAU Camille, LARDELLIER Rémi et SOUBEYROUX Jean-Michel, « Un habitant sur sept vit dans un territoire exposé à plus de 20 journées anormalement chaudes par été dans les décennies à venir », *INSEE Première*, n° 1918, août 2022. URL : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/6522912>. Consulté le 6 mars 2024.

quant des **morts directes** (au cours d'incendies, de canicules ou de tempêtes par exemple) **et des morts indirectes** (famines, contamination de l'eau potable, déstabilisations socioéconomiques, santé mentale, etc.). Entre 1980 et 2022, les canicules, les inondations et autres événements climatiques extrêmes auraient ainsi tué plus de 142 000 Européens, selon l'Agence européenne pour l'environnement. À court terme, le record de la canicule de 2003, qui avait provoqué plus de 70 000 décès à l'échelle européenne, devrait devenir monnaie courante : les différentes vagues de chaleur de 2022 ont ainsi tué plus de 61 000 personnes en Europe, alors même que les populations sont devenues, bien que de manière inégale, plus aptes à supporter les vagues de chaleur depuis le début du siècle³⁴. La part des personnes de plus de 65 ans mortes d'une vague de chaleur a crû en France d'environ 60 % entre les périodes 2000-2004 et 2018-2022 (85 % à l'échelle mondiale). Sans le réchauffement climatique, *The Lancet* estime que cette augmentation n'aurait été que de

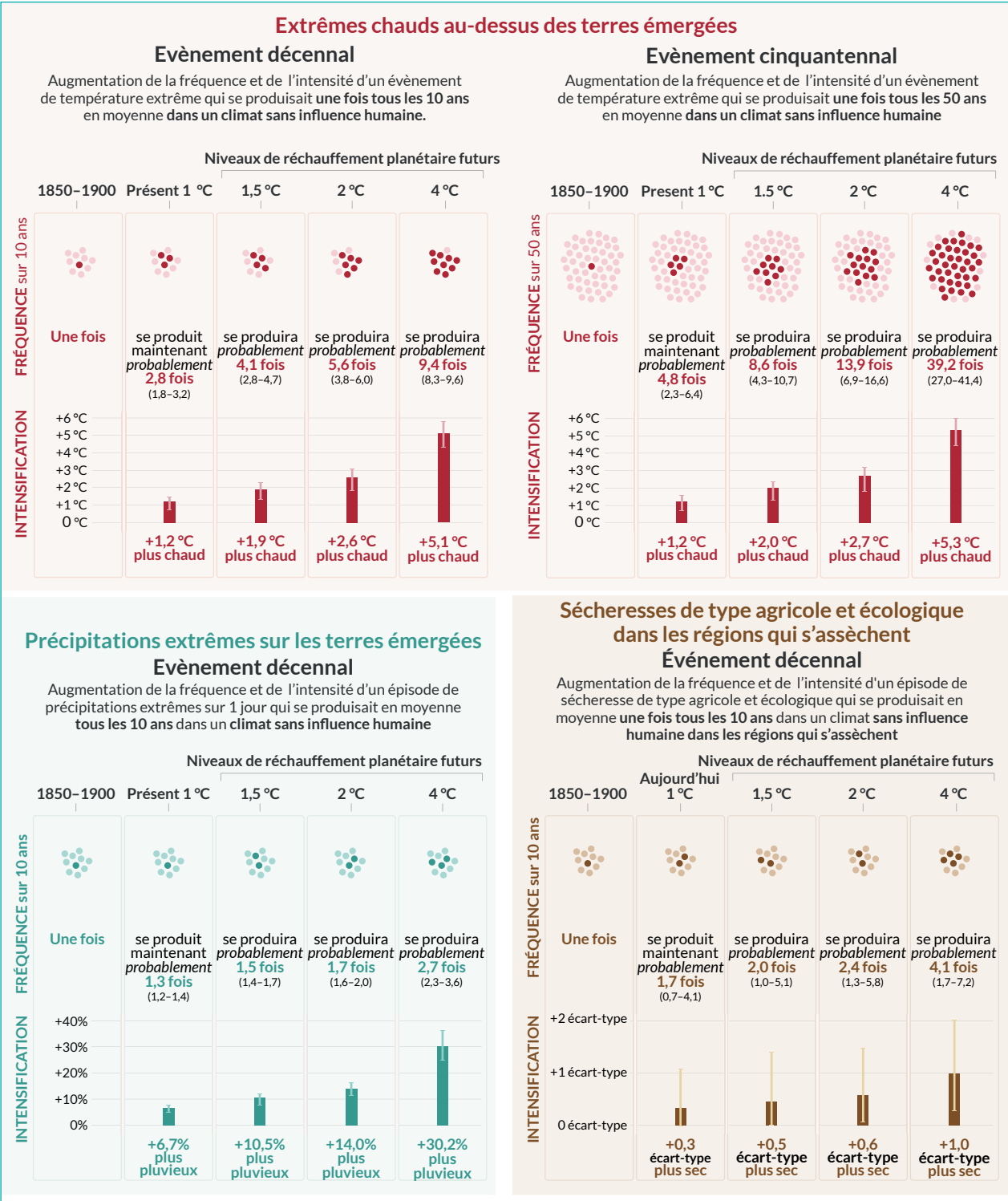
18 %, du fait essentiellement du vieillissement de la population (moins de 40 % à l'échelle mondiale). **Dans le scénario tendanciel de réchauffement de 2 °C (à l'échelle mondiale) à 2050, ce nombre pourrait être multiplié par cinq à l'échelle mondiale par rapport à la période 1995-2014 (en comprenant les effets du vieillissement) — à l'échelle de la France, cela représenterait plus de 9 000 morts en moyenne par an³⁵.** Ce chiffre n'inclut pas les conséquences d'un potentiel débordement des services de soins lors d'un tel épisode, pouvant entraîner des pertes de chances importantes pour les patients.

Les feux de forêt constituent un autre risque systémique : au-delà des effets directs, les feux peuvent déstabiliser des régions, détruire des infrastructures, notamment de soins... La multiplication des feux induite par le réchauffement climatique rendra aussi de plus en plus prégnants les effets différés sur la santé, en lien avec les polluants (particules fines, suies...) dégagées lors des incendies.

34. « La chaleur record de l'été 2022 a fait plus de 61 000 morts en Europe dont près de 5000 en France », INSERM, communiqué de presse, 10 juillet 2023. URL : <https://presse.inserm.fr/la-chaleur-record-de-lete-2022-a-fait-plus-de-61-000-morts-en-europe-dont-pres-de-5000-en-france/67249/>. Consulté le 31 janvier 2024 ; et SLAMA Rémy, *Le Mal du dehors [...]*, op. cit., p. 219.

35. ROMANELLO Marina et alii, op. cit.

GRAPHIQUE 6. Augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes selon le scénario de réchauffement climatique

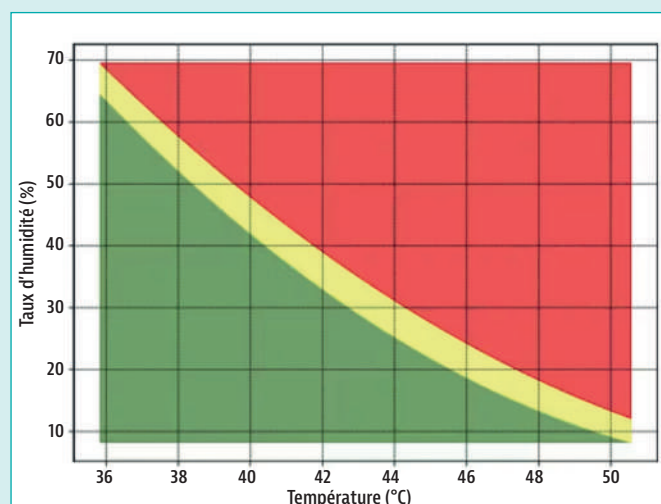


Wet bulb¹ : aux limites des capacités de survie humaine

La combinaison de fortes chaleurs et de taux d'humidité élevés peut s'avérer mortelle pour n'importe quel humain, même en bonne santé, car il bloque le mécanisme de sudation, sans lequel le corps humain ne peut réguler sa température. Alors que le seuil de 35 °C en température humide (correspondant schématiquement sous un ensoleillement direct à 35 °C à 100 % d'humidité ou 42 °C à 60 % d'humidité) est régulièrement présenté comme la limite physiologique théorique au-delà de laquelle la survie de n'importe quel individu peut être remise en cause en quelques heures, de récentes études suggèrent qu'une température humide de 31 °C (soit 38 °C à 60 % d'humidité) est suffisante pour provoquer le décès d'un individu en bonne santé². En deçà de ce seuil, les conséquences être délétères pour les personnes en mauvaises conditions de santé (nouveau-nés, personnes âgées...), les travailleurs en extérieur, les personnes ne disposant pas de logements décentes et isolés, etc.

La sous-estimation tant du seuil de danger mortel que du nombre de vagues de chaleur humide dans les projections passées³ fait de la chaleur humide un danger aussi majeur que sous-estimé. Ainsi, une étude de 2021 montre que dans une trajectoire de réchauffement à + 1,5 °C à l'horizon 2050, les vagues de température humide d'au moins 35 °C deviendront courantes en Asie du Sud — le nombre de personnes touchées serait doublé dans un scénario à + 2 °C, sachant que l'étude ne retient pas le

GRAPHIQUE 7. Limites au couple chaleur-humidité physiologiquement supportable pour l'humain



Lecture : la zone jaune correspond à la limite au-delà de laquelle la température corporelle centrale d'un jeune homme ou d'une jeune femme en bonne santé et ayant une activité physique minimale augmente, représentant un risque avéré pour sa santé proportionnel à l'intensité du couple chaleur-humidité et à la durée d'exposition à un tel couple.

Source : KENNEY W. LARRY *et alii*, « As Heat Records Fall, How Hot Is Too Hot for the Human Body? », *The Conversation*, 19 juillet 2023. URL : <https://theconversation.com/as-heat-records-fall-how-hot-is-too-hot-for-the-human-body-210088>. Consulté le 6 mars 2024.

seuil de 31 °C en température humide⁴. *A priori*, la France serait épargnée par les bulles de chaleur humide à l'horizon 2040, même si les lacunes de la recherche et la sous-évaluation par les modèles de la fréquence des épisodes de chaleur humide invitent à la prudence.

1. La *wet-bulb temperature* (traduction française : température au thermomètre mouillé) prend en compte les effets combinés de la température, de l'humidité et du rayonnement solaire sur l'homme.

2. VECCELIO Daniel J. *et alii*, « Evaluating the 35°C Wet-Bulb Temperature Adaptability Threshold for Young, Healthy Subjects (PSU HEAT Project) », *Journal of Applied Physiology*, vol. 132, n° 2, 2022, p. 340-345. URL : <https://journals.physiology.org/doi/epdf/10.1152/jappphysiol.00738.2021>. Consulté le 31 janvier 2024.

3. WAGNER Thomas, « Mourir de chaud : à quel degré la température devient-elle mortelle ? », *Bon Pote*, 18 juillet 2022. URL : <https://bonpote.com/mourir-de-chaud-a-quel-degre-la-temperature-devient-elle-mortelle/>. Consulté le 31 janvier 2024.

4. SAEED Fahad, SCHLEUSSNER Carl-Friedrich et ASHFAQ Moetasim, « Deadly Heat Stress to Become Commonplace across South Asia Already at 1.5°C of Global Warming », *Geophysical Research Letters*, vol. 48, n° 7, avril 2021. URL : <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2020GL091191>. Consulté le 31 janvier 2024.

Populations vulnérables et changements climatiques : la double peine

Si la multiplication des événements climatiques extrêmes est mondiale, **les territoires et les populations y sont inégalement vulnérables**, en fonction, notamment, de leur degré d'exposition et des politiques d'anticipation, de prévention et d'adaptation à ces risques. Globalement, les populations les plus défavorisées sont aussi celles qui ont tendance à la fois à être plus exposées, et à disposer de capacités d'adaptation et d'atténuation moindres. L'âge, l'existence d'antécédents médicaux et le statut socio-économique sont les principaux facteurs discriminants au sein des populations³⁶. Ainsi, certaines zones géographiques sont, bien sûr, plus susceptibles d'être soumises à ces événements (inondations en zones basses, mégafeux en zone forestière...). Les canicules et les sécheresses concernent l'ensemble du territoire métropolitain, mais affectent particulièrement les espaces urbains minéraux (phénomène d'îlots de chaleur) et les personnes ne disposant pas de logement correctement isolé — ainsi, à Berlin, le gradient social de la population locale est un critère pour décider de l'emplacement de projets de verdissement de la ville.

Par ailleurs, le poids de ces catastrophes est significativement plus lourd dans les pays en développement et pour les populations en situation de précarité. Plus de 91 % des décès liés aux événements climatiques extrêmes sont survenus dans les pays en développement entre 1980 et 2020³⁷. Cette différence se vérifie aussi à l'échelle européenne³⁸.

Santé mentale : vers une démultiplication des affections post-traumatiques et des situations de détresse

LES CHIFFRES-CLÉS :

Les **personnes évacuées** lors des inondations de la baie de Somme en 2001 présentaient **deux à trois fois plus de risques de développer des troubles psychologiques** que les personnes indemnes.
12 % des jeunes francophones affirment souffrir d'éco-anxiété et **58 % des Français** de 16 à 25 ans se disent très voire extrêmement **inquiets pour le climat**.

Au-delà des risques physiques que fait peser le changement climatique sur la santé humaine, **de plus en plus de chercheurs en psychologie et en psychiatrie tirent la sonnette d'alarme concernant ses conséquences sur la santé mentale**. C'est le cas, notamment, de la Climate Psychology Alliance aux États-Unis.

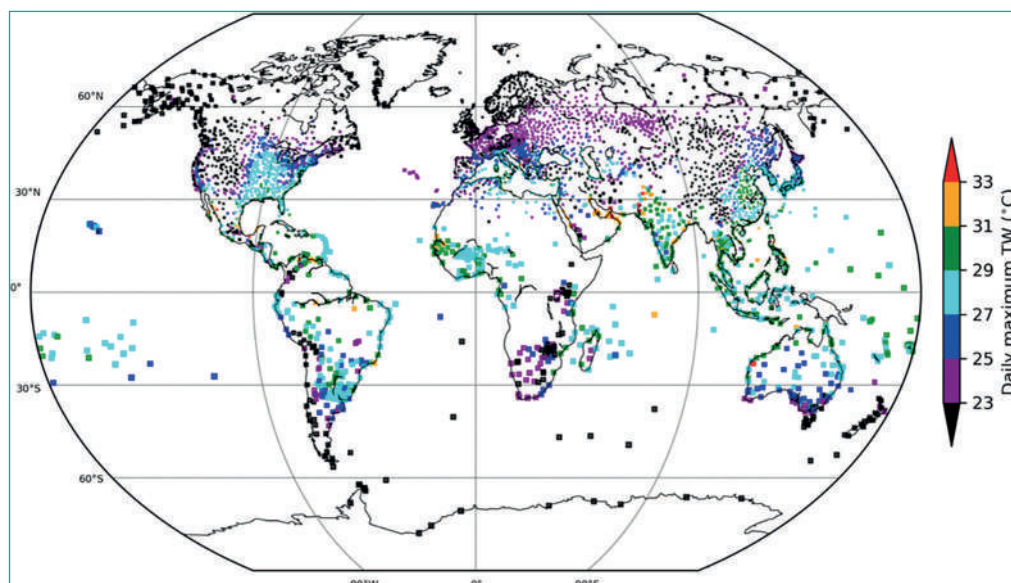
Deux catégories d'effets peuvent être distinguées : les conséquences d'ordre traumatique liées à des événements climatiques extrêmes vécus, et la dégradation de la santé mentale par anticipation de risques, dégradations et crises liés aux changements climatiques. Les premières sont quantifiables et objectivables, par comparaison de cohortes ayant ou non subi tel ou tel événement. La seconde, bien que très médiatiquement relayée, est liée à des concepts émergents qui ne correspondent pas à une définition clinique formalisée.

Ainsi, les dégradations environnementales et les crises climatiques sont des facteurs d'aggravation de la prévalence et de la gravité de troubles mentaux chez les populations affectées. Tout d'abord, car les personnes atteintes de troubles du comportement ou

36. EEA / AEE (Agence européenne pour l'environnement), *Unequal Exposure and Unequal Impacts: Social Vulnerability to Air Pollution, Noise and Extreme Temperatures in Europe*, AEE, rapport n° 22/2018, 2018. URL : https://www.eea.europa.eu/publications/unequal-exposure-and-unequal-impacts/at_download/file. Consulté le 6 mars 2024.

37. « Les catastrophes météorologiques se sont multipliées au cours des 50 dernières années », *op.cit.*

38. EEA / AEE, *op. cit.*

CARTE 4. Pics de chaleur humide observés entre 1979 et 2017

Lecture : chaque point correspond au 0,1 % des températures humides maximales observées de 1979 à 2017.

Source : RAYMOND Colin, MATTHEWS Tom et HORTON Radely M., « The Emergence of Heat and Humidity Too Severe for Human Tolerance », *Science Advances*, vol. 6, no 19, mai 2020. URL : <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw1838>. Consulté le 31 janvier 2024.

de la santé mentale sont particulièrement sensibles aux effets du changement climatique, en raison de capacités moindres d'adaptation à des événements ou des températures extrêmes, augmentant la probabilité de ces personnes à se rendre aux urgences, voire dans une moindre mesure le risque de décès³⁹. Lors des vagues de chaleur en Australie entre 1998 et 2006 a ainsi été constatée une hausse de l'ordre de 7 % à 11 % des consultations en urgence ayant pour cause principale ou sous-jacente des troubles de santé mentale ou de comportement⁴⁰. Cette hausse est d'autant plus pré-occupante qu'elle concerne des moments déjà souvent critiques en termes de capacité de prise en charge.

Mais les changements climatiques ne font pas qu'aggraver des pathologies ou troubles mentaux déjà existants : de nombreuses études pointent la hausse de l'occurrence de troubles de *stress* post-traumatique et de dépression chez les populations ayant été exposées à un événement météorologique extrême. Par exemple, deux ans après les inondations de 2001 dans la Somme, les populations ayant été évacuées présentaient une probabilité de présenter des troubles anxieux, des insomnies ou des symptômes dépres-

sifs significativement plus forte que les populations n'ayant été ni évacuées ni inondées (risque relatif [*odds ratio*] compris entre 1,9 et 2,9)⁴¹. Les événements climatiques extrêmes étant appelés à être plus nombreux et intenses à l'avenir (voir graphique 6), les traumatismes psychologiques provoqués par ces crises seront demain bien plus nombreux — si les populations vont dans l'ensemble vraisemblablement être mieux préparées à de telles crises, les populations les plus fragiles socio-économiquement seront plus démunies faces aux conséquences physiques et mentales du réchauffement climatique.

De plus en plus de discours s'élèvent pour qualifier les syndromes de *stress*, d'anxiété et / ou de dépression liés non pas à un événement vécu, mais à l'idée même de dégradations environnementales et de changements climatiques, dont les conséquences s'exacerberont inexorablement lors des prochaines décennies. Pour mieux qualifier ces affections, plusieurs concepts ont été développés. En 1997, la médecin-chercheuse Véronique Lapaige théorise et définit ainsi le concept d'éco-anxiété, comme la manifestation d'un *stress* prétraumatique chez des individus préoc-

39. BELANGER Diane et alii, *Changements climatiques et santé. Prévenir, soigner et s'adapter*, Laval : Presses universitaires de Laval, 2019, p. 136-152.

40. KHALAJ Behnoosh et alii, « The Health Impact of Heat Waves in Five Regions of New South Wales, Australia: A Case-Only Analysis », *International Archives of Occupational and Environmental Health*, vol. 83, n° 7, mai 2010, p. 833-842. URL : <https://doi.org/10.1007/s00420-010-0534-2>. Consulté le 31 janvier 2024.

41. LIGIER K. et alii, « Enquête santé chez les inondés de la Somme », *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, vol. 53, n° 6, décembre 2005.

cupés par la multiplication à venir de catastrophes environnementales⁴².

L'éco-anxiété n'est pas, à ce jour considérée comme une maladie ou un trouble psychiatrique, et ne figure pas dans les classifications de troubles mentaux produites par les institutions internationales comme l'OMS. Cependant, si elle concernait une portion marginale de personnes il y a encore une décennie, elle semble affecter aujourd'hui une part croissante de la population, notamment chez les plus jeunes. La revue *The Lancet Planetary Health* établit ainsi, dans une étude datant de 2021, que sur 10 000 jeunes âgés de 16 à 25 ans, interrogés dans 10 pays différents, 59 % sont au moins « très inquiets » (dont 27 % « extrêmement inquiets ») ; pour la France, les proportions sont respectivement de 58 % et 18 %⁴³. En 2022, une étude réalisée auprès de 2 080 adultes francophones d'Europe et d'Afrique révèle que 12 % d'entre eux souffrent d'éco-anxiété, au point d'en subir des répercussions dans leur vie quotidienne (incapacité à travailler ou à se rendre à l'école par exemple)⁴⁴. Le phénomène ne touche pas uniquement les jeunes générations : une étude de la DREES montre que la part d'individus affirmant que le dérèglement climatique les rend plus anxieux dans leur vie quotidienne, de 56 % en population générale (15 % répondent « tout à fait d'accord » et 41 % « plutôt d'accord »), est plus importante pour les tranches d'âge 35-49 ans et 50-64 ans que pour les 18-24 ans ou les 25-34 ans⁴⁵.

La médiatisation récente de l'éco-anxiété, tout comme celle du terme « solastalgie » qui traduit un sentiment de détresse psychologique lié à la perte irréversible de territoires ou de paysages en raison du changement climatique⁴⁶, est-elle responsable de cet essor ?

Quelle que soit la réalité de ces phénomènes, plusieurs chercheurs s'accordent simultanément à dire que **ces sentiments d'anxiété, de dépression, d'impuissance continueront à se développer dans les années à venir en population générale, mais ne seront pas nécessairement « pathologisés »**. Ils relèvent, en effet, de réponses psychologiques et émotionnelles à la crise environnementale, tout à fait rationnelles au regard de la gravité des effets du changement climatique.

La santé mentale illustre ainsi particulièrement bien l'effacement progressif entre le normal et le pathologique tel qu'il peut être ressenti par les populations (sans préjuger de la capacité à l'établir sur un plan médical)⁴⁷ alors que la montée des facteurs de risques santé liés à l'environnement est en train de se renforcer. Les changements climatiques, les dégradations environnementales et les événements météorologiques extrêmes peuvent ainsi être à la source de symptômes aigus, pathologiques (choc post-traumatique, dépression...) mais dégradent aussi de manière beaucoup plus diffuse la santé mentale des individus (montée de l'anxiété par exemple). Les deux correspondent dans tous les cas à

42. HIRIDJEE Kevin, « L'éco-anxiété : entre angoisse et lucidité », *Le Carnet Psy*, octobre 2022. URL : <https://www.cairn.info/dossiers-2022-22-page-1.htm>. Consulté le 31 janvier 2024.

43. Champ : Australie, Brésil, Finlande, France, Inde, Nigeria, Philippines, Portugal, Royaume-Uni, États-Unis. Voir MARKS, Elizabeth et alii, « Young People's Voices on Climate Anxiety, Government Betrayal and Moral Injury: A Global Phenomenon », *SSRN Electronic Journal*, janvier 2021. URL : https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3918955. Consulté le 31 janvier 2024.

44. FOGIER Eddy, *Éco-anxiété : analyse d'une angoisse contemporaine*, Fondation Jean Jaurès, novembre 2021. URL : <https://www.jean-jaures.org/publication/eco-anxiete-analyse-dune-angoisse-contemporaine/>. Consulté le 31 janvier 2024.

45. Enquête auprès de 4 002 personnes âgées de 18 ans ou plus résidant en France métropolitaine, données 2022. Source : DREES (Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques), *Baromètre d'opinion* 2022. URL : https://odin-dataviz-drees.sante.gouv.fr/digdash_dashboard_dataviz_drees/?defaultPage=Barom%C3%A8tre_d_opinion_Barom%C3%A8tre_d_opinion&user=dataviz_sante&pass=dataviz_sante#1. Consulté le 31 janvier 2024.

46. GALWAY Lindsa et alii, « Mapping the Solastalgia Literature: A Scoping Review Study », *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 16, n° 2662, juillet 2019. URL : <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/15/2662>. Consulté le 31 janvier 2024.

47. Pour une synthèse de l'antagonisme entre normal et pathologique, se référer à TRAN THE Jessica, « Le continuum entre normal et pathologique en psychopathologie. Freud, Canguilhem et les neurosciences », *Research in Psychoanalysis*, n° 26, 2018. URL : <https://www.cairn.info/revue-research-in-psychoanalysis-2018-2-page-154a.html>. Consulté le 6 mars 2024.

des situations de souffrance voire de détresse psychologiques qui s'aggraveront à l'horizon 2040 — dans un contexte de dispositifs de réponses aux enjeux de santé mentale aujourd'hui déjà insuffisants.

Stratégies d'adaptation et d'atténuation : dépasser les recommandations individuelles

Depuis la canicule de 2003, de nombreux progrès ont permis d'atténuer l'impact des vagues de chaleur sur la santé humaine, et plus largement des événements climatiques extrêmes — bien que la marge de progression soit moins flagrante, voire inexistante, pour d'autres types de crises comme les inondations. Il s'agit d'une

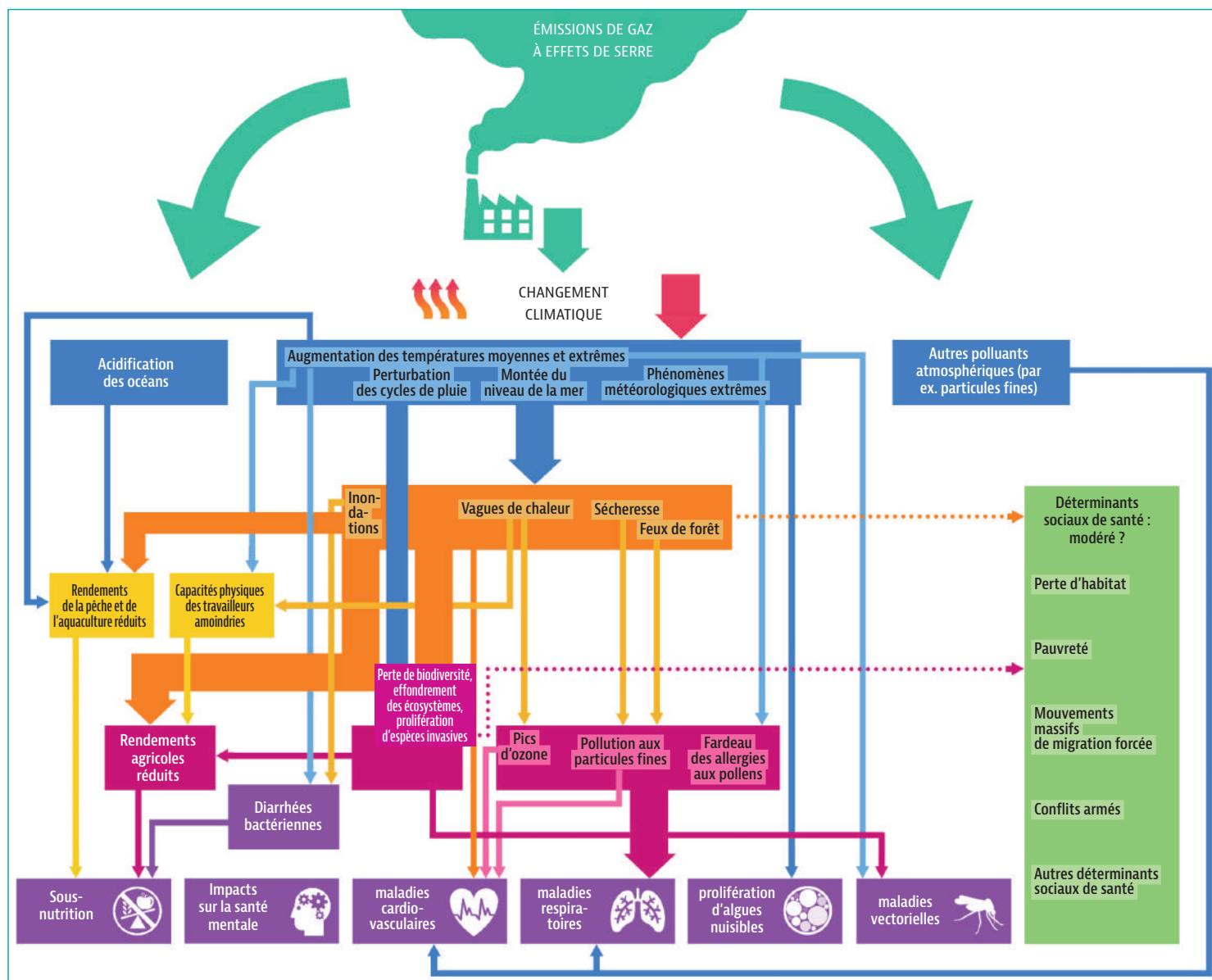
part d'outils permettant à la puissance publique de mieux anticiper et de réagir plus rapidement : coordination entre les agences météorologiques et sanitaires, suivi en quasi-temps réel de la mortalité et bientôt des causes de décès, etc. D'autre part, les recommandations individuelles adressées à la population ont permis à une partie de cette dernière d'adopter des comportements plus appropriés. **Mais face à l'ampleur des vagues de chaleur récentes et à venir, il est désormais nécessaire d'opérer la transition des recommandations individuelles, sources d'inégalités, à des mesures collectives :** mise à disposition de points fraîcheur, voire de piscines, à des tarifs accessibles et des horaires appropriés, végétalisation et désimperméabilisation des villes, adoption massive de revêtements clairs réfléchissant la lumière pour les bâtiments et les sols artificiels, etc.⁴⁸



La rue Garibaldi à Lyon, réaménagée et végétalisée fin 2017. Photo (DR) : N.Barriquand/Mediacités. URL : <https://www.mediacytes.fr/interview/lyon/2022/02/22/%25E2%2580%25AFen-densifiant-nos-villes-sommes-nous-en-train-de-sacrifier-nos-derniers-espaces-de-nature>. Consulté le 6 mars 2024.

48. SLAMA Rémy, *Le Mal du dehors* [...], op. cit., p. 219-220.

GRAPHIQUE 8. Changement climatique et santé humaine : des liens systémiques



Source : Watts Nick et alii, « The Lancet Commission on Health and Climate Change: Key findings », p. 11. URL : https://env-health.org/IMG/pdf/overview_presentation_-_brussels_final.pdf (présentation basée sur « The 2018 Report of The Lancet Countdown on Health and Climate Change: Shaping the Health of Nations for Centuries to Come », The Lancet, vol. 392, no 10163, 8 décembre 2018, p. 2479-2514. URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673618325947>). Consultés le 6 mars 2024.

Avènement de la santé globale, *One Health* et émergence de la santé planétaire

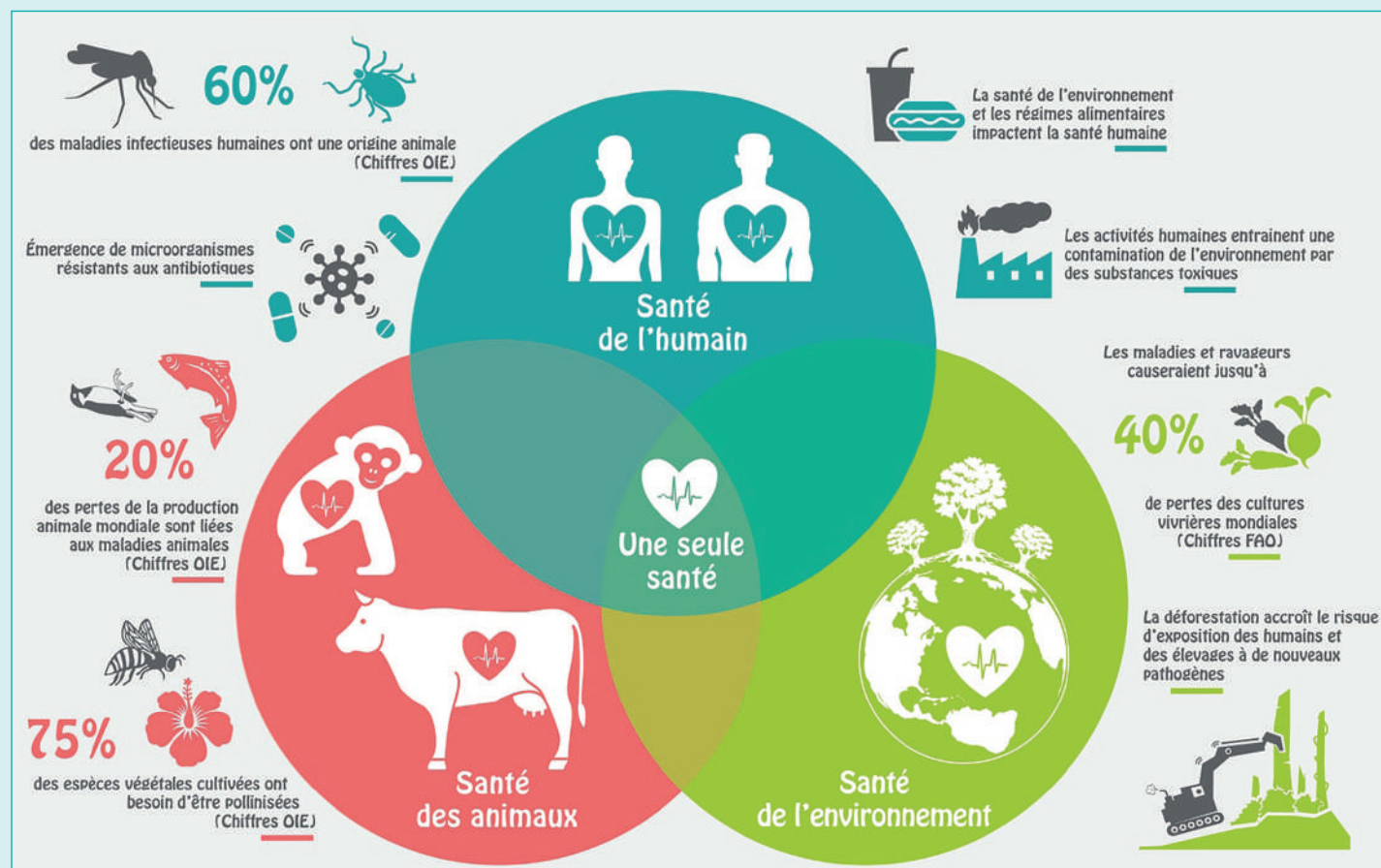
La montée des facteurs de risques globaux liés à l'environnement contribue à faire évoluer la notion de santé vers une approche plus globale, la prise en compte de déterminants de santé environnementaux, et un élargissement aux questions qui ne touchent pas seulement la santé humaine. Certes, l'action en santé publique à l'horizon 2040 restera marquée par les impacts du vieillissement de la population et de la chronicisation des maladies, et par une orientation très forte des financements publics sur la prise en charge et les soins. Cependant, pour comprendre et répondre aux enjeux en matière d'évolution de la santé humaine en lien avec l'environnement, il convient d'élargir la notion de la santé aux problématiques touchant à la santé animale, aux écosystèmes, à nos milieux de vie.

Se développent ainsi, depuis les années 2000, une conscience et des préoccupations collectives sur la question de la santé et de l'équilibre appliqué à nos écosystèmes, voire de la santé planétaire, parmi lesquelles l'approche *One Health* (« une seule santé ») et l'approche *Planetary Health* (« santé planétaire ») ont récemment particulièrement contribué à faire évoluer la notion de santé et, ce faisant, les discours et progressivement les pratiques ¹ :

- L'approche *One Health* est une initiative visant à intégrer les dimensions médicales, vétérinaires et écologiques dans la gestion de la santé globale. Initiée par la World Conservation Society en 2004 avec l'appellation « *One World One Health* », elle est adoptée en 2007 par la tripar-

Suite encadré ➤

GRAPHIQUE 9. L'approche *One Health* (une seule santé)



Source : « One Health, une seule santé », INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) / conception graphique : Michaël Le Boulout, juillet 2020. URL : <https://www.inrae.fr/alimentation-sante-globale/one-health-seule-sante>. Consulté le 6 mars 2024.

tie OMS-OIE (devenue WOA, World Organisation for Animal Health)-FAO et déployée pour la première fois l'année suivante au Vietnam. Le concept *One Health* reconnaît l'interdépendance entre la santé humaine ou animale et l'environnement. Il prône une approche unifiée et interdisciplinaire pour prévenir et répondre aux menaces de maladies et aux défis environnementaux. En considérant l'ensemble de ces éléments comme interconnectés, *One Health* cherche à élaborer des stratégies holistiques pour une planète plus saine et durable.

- La santé planétaire, inspirée par les travaux du Stockholm Resilience Centre sur l'Anthropocène, met en avant l'interdépendance entre la santé humaine et la vitalité des écosystèmes naturels. Elle prône une redéfinition de la prospérité, centrée sur l'amélioration de la qualité de vie et la santé pour tous, tout en respectant l'intégrité des systèmes naturels. Elle reconnaît que les systèmes de gouvernance actuels sont insuffisants pour faire face aux menaces pesant sur cette santé planétaire. Cette approche, soutenue par des institutions telles que *The Lancet* et la Rockefeller Foundation, souligne l'existence de limites planétaires aux activités humaines, dont le dépassement serait synonyme de déstabilisation quasi irréversible des équilibres naturels et de conditions de vie défavorables à l'humanité ².

Dans l'ensemble, ces nouveaux discours remobilisent des concepts et des lectures historiques déjà existants. Ainsi, de nombreux peuples ont pu, par le passé ou toujours actuellement (par

exemple les populations autochtones au Canada), concevoir la relation entre êtres humains et environnement non pas comme une nécessaire maîtrise voire domination des premiers sur le second, mais comme un idéal d'équilibre, que l'on retrouve dans les approches de santé planétaire. Par ailleurs, la relation entre santé et environnement a été conceptualisée, dès 1962, par Rachel Carson ³, puis développée par différentes approches antérieures à *One Health* dans la seconde moitié du XX^e siècle (santé écologique, santé des écosystèmes, santé mondiale) ⁴.

Il est possible de reprocher aux approches *One Health* ou santé planétaire de relever en partie d'une forme d'anthropomorphisation des débats. Elles n'en apportent pas moins des grilles de lecture, des outils et des approches qui considèrent la santé à l'échelle du vivant voire des grands équilibres planétaires (notion d'homéostasie). Ces lectures, qui se développent depuis les années 2000, continueront de transformer profondément les pratiques de la santé publique.

La mise en débat dans le cadre du Plan national nutrition santé (PNNS) d'un objectif de réduction de moitié de consommation de viande est un exemple d'application de l'approche planétaire, reprenant les trois piliers de *One Health*, jouant à la fois sur la santé des écosystèmes et de la planète (diminution des gaz à effets de serre, de l'utilisation des sols), la santé des animaux et la santé humaine.

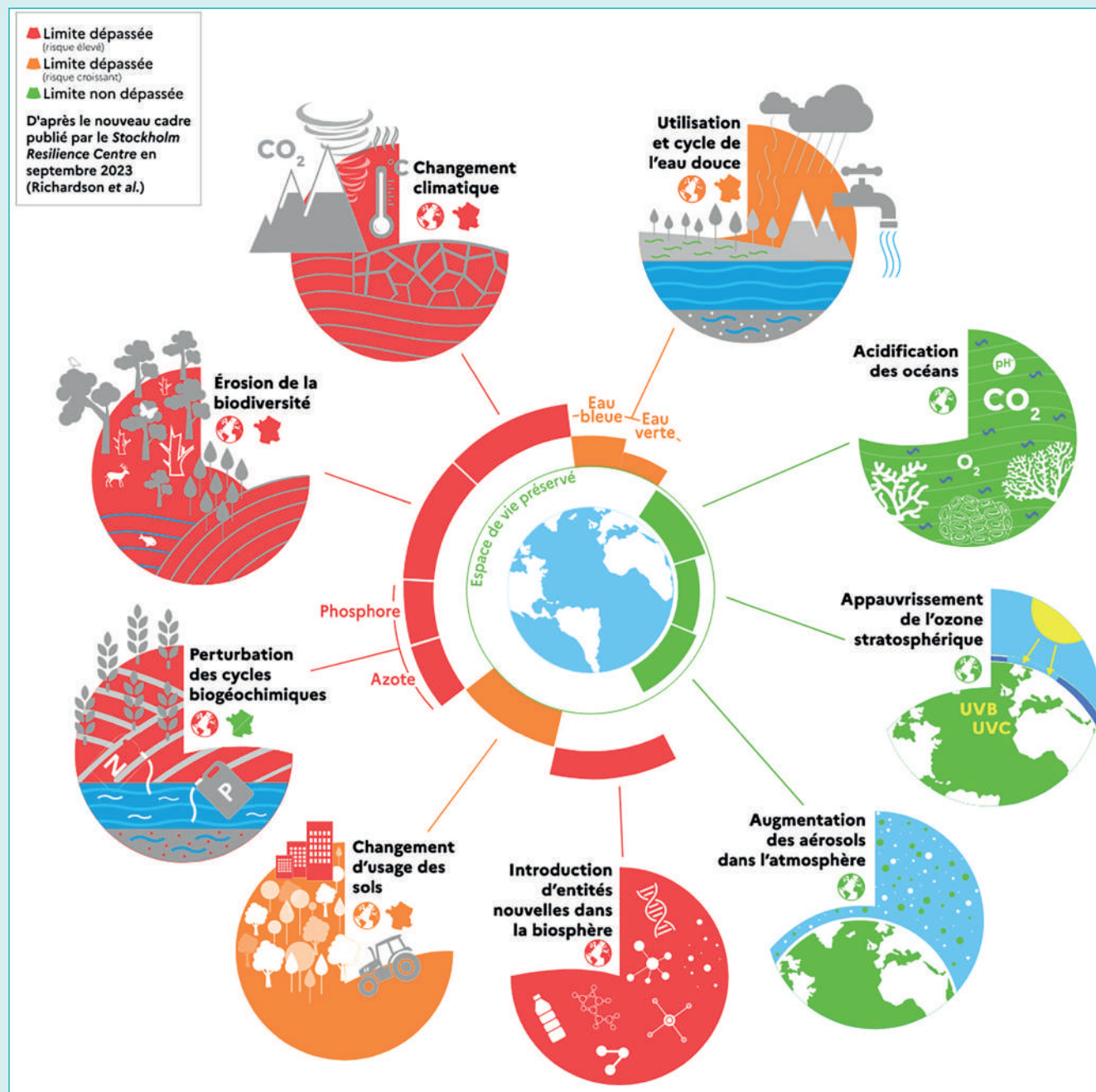
1. MORAND Serge, « Environnement, écosystèmes et impacts sur la santé humaine », *Annales des Mines — Responsabilités et environnement*, n° 104, octobre 2021 ; et MORAND Serge, GUÉGAN Jean-François et LAURANS Yann, « From One Health to Ecohealth, Mapping the Incomplete Integration of Human, Animal and Environmental Health », *Issur Brief*, n° 4-20, mai 2020, IDDRI (Institut du développement durable et des relations internationales). URL : <https://www.iddri.org/en/publications-and-events/issue-brief/one-health-ecohealth-mapping-incomplete-integration-human>. Consulté le 6 mars 2024.

2. CGDD (Commissariat général au développement durable), « Limites planétaires », *Notre Environnement*, mis à jour le 20 novembre 2023. URL : <https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/societe/article/limites-planetaires>. Consulté le 31 janvier 2024.

3. CARLSON Rachel, *The Silent Spring*, Boston : Houghton Mifflin Company, 1962.

4. MORAND Serge, *op. cit.*

GRAPHIQUE 10. Les neuf limites planétaires



Source : CGDD, op. cit.

SCÉNARIO-FICTION #2.

Dérèglements climatiques, déplacements de population et inégalités

Au milieu de la décennie 2030, les événements météorologiques et climatiques exceptionnels des années 2019 et 2022 sont devenus récurrents, et continuent de s'amplifier et de s'étendre sur tout le territoire. Les épisodes de vagues de chaleur s'intensifient jusqu'à atteindre des températures records de 45 °C. Il en résulte une **surmortalité des populations âgées, populations les plus vulnérables aux canicules**. La qualité de vie des Français se dégrade et les modes de vie sont perturbés : difficulté à travailler pendant des périodes de plus en plus longues dans l'année, logement et cadre de vie inadapté, surtout chez les populations les plus précaires dont l'isolement des habitats est vétuste, *stress*, perte du sommeil. Les coupures d'eau se multiplient pendant les grandes phases de sécheresse.

Les personnes souffrant de pathologies respiratoires et d'asthme sont particulièrement vulnérables. Les personnes sans abri, très isolées ou vivant dans des logements mal isolés sont les premières victimes, notamment si elles ne peuvent accéder à aucun endroit frais ou climatisé. Les populations vivant dans les territoires ultramarins sont particulièrement exposées.

Avec les activations successives du Plan blanc durant les périodes caniculaires, les hôpitaux se retrouvent submergés de patients et n'ont pas les ressources humaines, techniques et financières pour faire face à ces phénomènes. Faute d'équipements adaptés, de nombreux lieux publics (établissements scolaires et universitaires, certains services hospitaliers, établissements de moyens séjours...), d'habitat y compris collectif et de travail **doivent cesser ou réduire leurs activités** pendant les périodes de canicule, avec des effets délétères sur la santé mentale des populations, sur l'activité économique, etc.

Des solutions d'urgence (accueil temporaire...) se mettent en place dans un grand nombre de territoires. Les lieux publics climatisés sont réquisitionnés par les élus des communes. Un appel à volontariat pour héberger les personnes vulnérables est lancé pour désengorger les hôpitaux et les lieux publics,

faisant émerger de **nouvelles formes de solidarité et d'organisation sociale**.

Certaines périodes de l'année sont anticipées avec crainte. Les plus aisés s'équipent, déménagent ou partent hors des régions les plus touchées ; certaines populations doivent quitter leur domicile et migrer de manière temporaire ou définitive. Certains par choix (certains retraités ou actifs mobiles), d'autres par obligation. **Ces migrations imposent des politiques d'accueil et des arbitrages sur les nouveaux lieux de résidence, l'adaptation des services publics**, etc.

Le marché de la climatisation est florissant avec une progression de 10 % par an en France⁴⁹. Pourtant, les coûts énergétiques pour les entreprises et les particuliers sont considérables, et les mesures de limitation (voire d'interdiction) de leurs usages sont importants. Le sujet devient politique et polémique⁵⁰. **Par ailleurs, dans un contexte assurantiel très tendu, les conditions d'accès des ménages aux assurances sur les risques naturels sont de plus en plus réduites.**

Les impacts des changements climatiques sur la santé sont majeurs dans les pays aux infrastructures réduites ou fragiles. Dans les années 2030, les situations de malnutrition, l'augmentation des zoonoses, le paludisme, les maladies à transmission hydrique ou vectorielle progressent fortement dans le reste du monde. De plus en plus de régions étrangères sont perçues comme dangereuses. Les systèmes de quarantaine se généralisent entre régions mondiales. **Touchés par des phénomènes de « bulles de chaleur humide », des populations migrent par millions au sein de leur région d'origine.**

Quels sont les phénomènes qui peuvent contribuer à cette situation ?

- **Sans réponses individuelles et collectives à la hauteur des enjeux, le scénario décrit correspond à la trajectoire climatique tendancielle** de la France. Jusqu'à présent, les réponses politiques restent

49. Selon l'Agence internationale de l'énergie, il y aura d'ici 2050 environ 5,6 milliards de climatiseurs dans le monde, contre 1,6 milliard actuellement, consommant à eux seuls la même quantité d'électricité que la Chine aujourd'hui.

50. La climatisation peut constituer une mesure de mal-adaptation puisqu'elle consomme une quantité importante d'énergie et rejette de l'air chaud en extérieur, aggravant de fait le réchauffement climatique, avec un risque de cercle vicieux : une hausse des températures entraîne un recours accru à la climatisation, qui à son tour amplifie cette hausse des températures...

largement insuffisantes, et la majorité de la population ne semble pas prête, ni volontairement ni sous la contrainte, à réellement questionner ses modes de vie — les discours climatosceptiques ou niant la nature anthropique du changement climatique convainquant, selon les enquêtes, entre un et deux cinquièmes de la population⁵¹.

- **L'inadaptation des villes françaises amplifie les effets** du dérèglement (sols artificialisés, manque de végétation, mauvaise isolation thermique, recours aux climatiseurs...), les rendant plus vulnérables aux canicules et plus globalement aux événements climatiques extrêmes.
- **Le manque de préparation des systèmes de santé** et plus largement des politiques publiques va dans le sens des impacts sanitaires majeurs décrits dans le scénario.
- **Les tensions géopolitiques** (conflits sur les ressources, mouvements migratoires internationaux, crise de la gouvernance mondiale) favorisent les déstabilisations et limiteront les capacités de réponse collective.
- **Le fléchage des investissements publics et privés**, encore largement orienté vers des infrastructures peu résilientes et / ou durables, obère les capacités d'adaptation et d'atténuation des populations et des territoires.

Quels sont les phénomènes qui vont dans le sens inverse ?

- **L'adoption d'objectifs globaux et de réglementations de plus en plus contraignantes** (neutralité carbone en 2050, rénovation des bâtiments, fin de la vente de voitures thermiques neuves en 2035...) constitue un élément positif, bien qu'encore largement insuffisant. À l'échelle nationale, la capacité à opérationnaliser ces règles et à aller plus loin sans exacerber les inégalités sociales sera déterminante. À l'échelle internationale, ce sera aussi la volonté de dépasser les clivages géopolitiques et à inventer des mécanismes internationaux de solidarité environnementale qui jouera.
- **La multiplication des initiatives locales** : permaculture, urbanisme résilient, économie circulaire... : les

citoyens, la société civile ou les territoires sont la source de nombreuses pistes de réponse, qui doivent néanmoins surmonter le défi de la généralisation à l'échelle supérieure (y compris auprès d'acteurs plus sceptiques ou ayant plus à perdre).

- **De même, les entreprises adoptent des objectifs de durabilité**, qui pourraient devenir structurants à condition d'être durablement encouragés par les demandes des consommateurs et les réglementations publiques.

Enjeux et pistes de réponse

- Un tel scénario sous-tend une **démultiplication de la surmortalité et de la morbidité liées aux risques environnementaux**, en raison des événements climatiques extrêmes, des canicules, des pics de pollution, du *stress* hydrique extrême, des effets sur les systèmes agricoles, des impacts sur la santé mentale, etc. La France basculerait dans une **société des risques** dans laquelle le risque sanitaire lié à l'environnement serait présent au quotidien et socialement accepté.
- **Les systèmes de réponses collectives, notamment le système de santé, sont largement déstabilisés et doivent régulièrement hiérarchiser** les besoins auxquels ils doivent faire face selon leurs propres capacités. Le système de santé et la formation du personnel sont en partie réorientés vers les impacts sanitaires du changement climatique et la gestion du risque pandémique. À défaut de pouvoir répondre à l'ensemble des besoins de santé environnementale, les pouvoirs publics développent des outils de prévention et d'information (alertes météorologiques, aménagement des horaires d'activité en cas de canicule...).
- **Les initiatives et solidarités locales deviennent des excipients indispensables**, mais différemment accessibles selon les populations et les territoires, qui doivent davantage se reposer sur leurs capacités individuelles d'adaptation.

51. FOUCAIT Stéphane, « L'aggravation récente des effets du réchauffement coïncide, et c'est une autre cause de sidération, avec un retour apparent du climatoscepticisme », *Le Monde*, 10 septembre 2023. URL : https://www.lemonde.fr/idees/article/2023/09/10/l-aggravation-recente-des-effets-du-rechauffement-coinci-de-et-c-est-une-autre-cause-de-sideration-avec-un-retour-apparent-du-climatoscepticisme_6188661_3232.html. Consulté le 31 janvier 2024.



Image créée avec ChatGPT à partir du récit du scénario.

Les risques à effet indirect ou cocktail

Effets cocktail et effets indirects : un nouveau paradigme en santé environnementale

LE CHIFFRE-CLÉ

Environ 100 000 substances chimiques ont été synthétisées depuis le XX^e siècle, sans que nous disposions, pour la majorité d'entre elles, de preuves formelles de leur innocuité en cas d'exposition à de faibles doses sur une période prolongée.

L'identification de risques santé à effet indirect et / ou effet cocktail est, entre autres, **corrélée à la découverte et à l'étude des perturbateurs endocriniens** dans les années 1990.

Les perturbateurs endocriniens (PE) sont des substances chimiques, naturelles ou artificielles, exogènes à l'organisme exposé, susceptibles d'interférer avec le fonctionnement du système endocrinien et donc d'induire, selon l'OMS, des effets délétères sur cet organisme ou sur ses descendants. Ils affectent les processus de synthèse, de sécrétion, de transport, d'action ou d'élimination des hormones. Ces dernières remplissent des fonctions essentielles à la santé, telles que la croissance et le développement, la régulation des émotions ou encore le contrôle de certaines constantes physiologiques (pression artérielle, température corporelle, glycémie)⁵². **Les conséquences peuvent donc être**

lourdes et s'avérer irréversibles. Ainsi, l'exposition aux perturbateurs endocriniens est, entre autres, corrélée, au développement de l'obésité, du diabète, à des problèmes de reproduction chez l'homme comme chez la femme, à des effets thyroïdiens, neurodéveloppementaux et neuroendocriniens⁵³.

Le mode d'action des perturbateurs endocriniens est fondamentalement différent de celui des autres substances polluantes à effets directs décrites plus loin. En effet, contrairement au célèbre paradigme de Paracelse datant du XVI^e siècle selon lequel « la dose fait le poison », les recherches ont démontré que, pour les PE⁵⁴ :

- Les effets peuvent être plus forts à faible dose qu'à forte dose — on parle alors de « dose-réponse non monotone ».
- La période d'exposition fait le poison.
- Les mécanismes d'action des perturbateurs endocriniens dans l'organisme sont nombreux : action sur la glande endocrine, sur l'hormone elle-même ou sa cible naturelle dans l'organisme (généralement un récepteur nucléaire), contrôle épigénétique par les perturbateurs endocriniens de l'expression des récepteurs hormonaux, voire potentiellement de l'expression des gènes, etc.⁵⁵
- Il existe une latence entre l'exposition et l'effet, qui peut s'exprimer à court et / ou à long terme, voire de façon transgénérationnelle.

52. « Travaux et implication de l'ANSES sur les perturbateurs endocriniens », ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), juillet 2019. URL : <https://www.anses.fr/fr/content/travaux-et-implication-de-lanses-sur-les-perturbateurs-endocriniens>. Consulté le 31 janvier 2024.

53. GORE Andrea C. et alii, « The Endocrine Society's Second Scientific Statement on Endocrine-Disrupting Chemicals », *Endocrine Reviews*, vol. 36, n° 6, décembre 2015, p. 1-150. URL : <https://doi.org/10.1210/er.2015-1010>. Consulté le 31 janvier 2024.

54. CARO Denise et SLAMA Rémy, *Les Perturbateurs endocriniens. Comment affectent-ils notre santé au quotidien ?*, Versailles : Quæ, 2017 ; et DIAMANTI-KANDARAKIS Evanthia et alii, « Endocrine-disrupting Chemicals: An Endocrine Society Scientific Statement », *Endocrine Reviews*, vol. 30, n° 4, juin 2009, p. 293-342. URL : [https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/67126/1/ENDOCR REV 2009 \(Diamanti et al\).pdf](https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/67126/1/ENDOCR REV 2009 (Diamanti et al).pdf). Consulté le 31 janvier 2024.

55. SLAMA Rémy, *Le Mal du dehors [...], op. cit.*, p. 173-177.

Les principales familles de perturbateurs endocriniens

Les perturbateurs endocriniens sont des substances susceptibles de se fixer sur des récepteurs présents dans ou sur les cellules humaines, se substituant ainsi aux molécules endogènes. Il peut s'agir de résidus médicamenteux, de pesticides ou de composés chimiques de produits cosmétiques ou alimentaires. **Le spectre d'exposition aux perturbateurs endocriniens est donc large** (environnement intérieur ou extérieur, alimentation, eau potable, consommation et usage d'objets ou de produits de confort, de beauté, de santé...).

De nombreux perturbateurs endocriniens ont déjà été identifiés :

- **Le bisphénol A (BPA)**, utilisé pour fabriquer des plastiques en polycarbonate (CD, lunettes, petit électroménager...) ainsi que des résines époxy qui vernissent les boîtes de conserve, les canettes, les couvercles, les canalisations d'eau, les cuves alimentaires et viticoles... Depuis 2011, le BPA est interdit dans les biberons, puis à l'échelle française à tous les contenants en contact direct avec les produits alimentaires. Néanmoins, des études suggèrent que les principales alternatives, les bisphénols B et S, sont tout aussi dangereuses — sinon plus ¹.
- **Les phtalates**, utilisés pour assouplir les plastiques, notamment le polychlorure de vinyle (PVC), sont notamment présents dans les revêtements de sols et muraux, les câbles électriques, mais aussi certains produits cosmétiques

(parfums, rouges à lèvres, crèmes...) et certains produits de santé.

- **Les parabènes**, qui ont une fonction antimycosique et antibactérienne, sont des conservateurs répandus dans les produits de santé.
- **Les substances per- et polyfluoroalkylées** (communément appelées perfluorés ou PFAS) sont une famille de plusieurs milliers de molécules différentes : le nombre de 4 700 substances est souvent retenu, mais certaines études suggèrent un nombre bien plus important, potentiellement supérieur à 12 000 ², voire plusieurs millions ³. Ces substances sont utilisées à de nombreuses fins du fait de leurs propriétés antiadhésives, hydrofuges, résistantes aux fortes chaleurs, tensioactives, etc. On les retrouve donc dans les textiles, les moquettes, les canapés, emballages alimentaires, mousses anti-incendies, etc. Ils ont la particularité d'être à la fois très mobiles, et particulièrement persistants dans l'environnement et dans l'organisme une fois assimilés, s'accumulant pendant des années avant de commencer à être dégradés. La principale source d'exposition est l'alimentation, notamment de chair animale, d'œufs, de fruits et d'eau, qui représente plus de 97 % de l'exposition estimée ⁴.
- **Certains pesticides** comme le prochlorza, un fongicide, sont aussi des perturbateurs endocriniens ⁵. Une récente étude indique ainsi que plus de 40 % des enfants ont dans leurs urines des taux de concentration de divers pesticides dangereux (PE, cancérigènes et / ou reprotoxiques) « au-delà des valeurs-guide » ⁶.

1. « Le bisphénol B, un perturbateur endocrinien pour l'homme et l'environnement », ANSES, 9 mars 2021. URL : <https://www.anses.fr/fr/content/le-bisph%C3%A9nol-b-un-perturbateur-endocrinien-pour-l%E2%80%99homme-et-l%E2%80%99environnement> ; et GAYRARD Véronique *et alii*, « Oral Systemic Bioavailability of Bisphenol A and Bisphenol S in Pigs », *Environmental Health Perspectives*, vol. 127, n° 7, juillet 2019. URL : <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/EHP4599>. Consultés le 31 janvier 2024.

2. « PFAS Master List of PFAS Substances (RETIRED) », U.S. Environmental Protection Agency (EPA). URL : <https://comptox.epa.gov/dashboard/chemical-lists/pfasmaster>. Consulté le 6 mars 2024.

3. SCHYMANSKI Emma L. *et alii*, « Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in PubChem: 7 Millions and Growing », *Environmental Science & Technology*, vol. 57, n° 44, octobre 2023. URL : <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c04855> ; et SCHYMANSKI Emma *et alii*, « PFAS and Fluorinated Compounds in PubChem Tree », Luxembourg Centre for Systems Biomedicine (LCSB) / National

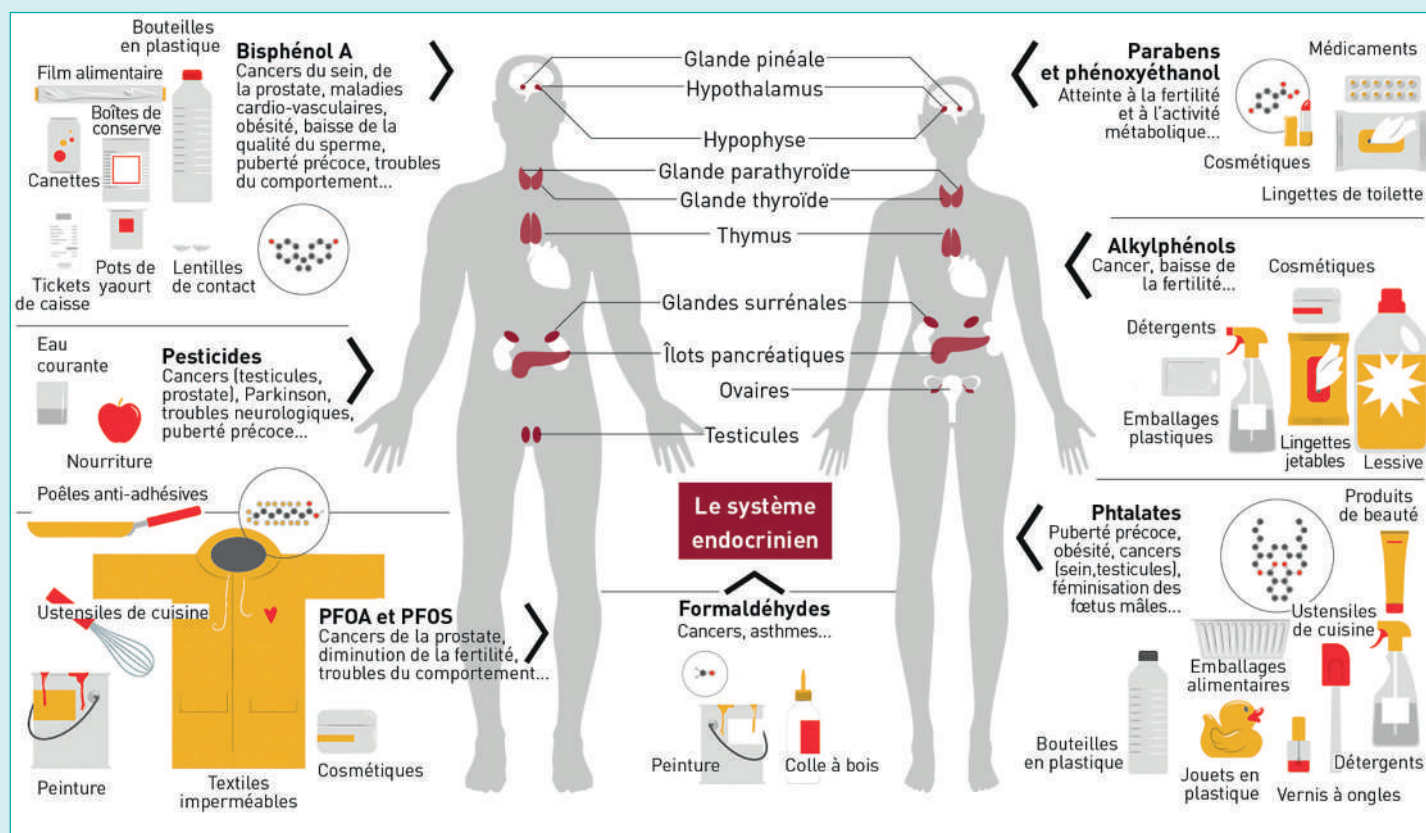
Institutes of Health (NIH), 22 décembre 2023. URL : https://gitlab.lcsb.uni.lu/eci/pubchem-docs/-/raw/main/pfas-tree/PFAS_Tree.pdf. Consultés le 31 janvier 2024.

4. « Prioritised Substance Group : Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs) », HBM4EU (European Human Biomonitoring Initiative), 2020. URL : https://www.hbm4eu.eu/wp-content/uploads/2021/02/HBM4EU_AD54_Reporting_first_and_second_set_substances_v1.1-1-PFAS.pdf. Consulté le 31 janvier 2024.

5. « Perturbateurs endocriniens », Réseau environnement santé. URL : <https://www.reseau-environnement-sante.fr/perturbateurs-endocriniens-3/>. Consulté le 31 janvier 2024.

6. GOVARTS Eva *et alii*, « Harmonized Human Biomonitoring in European Children, Teenagers and Adults: EU-Wide Exposure Data of 11 Chemical Substance Groups from the HBM4EU Aligned Studies (2014-2021) », *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 249, avril 2023. URL : <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2023.114119>. Consulté le 31 janvier 2024.

GRAPHIQUE 11. Les principaux perturbateurs endocriniens et leurs effets sur le corps humain



Source : infographie BIG in « Perturbateurs endocriniens : urgence sanitaire dans nos placards », *Libération*, 27 février 2017. URL : <http://www.liberation.fr/planete/2017/02/27/perturbateurs-endocriniens-urgence-sanitaire-dans-nos-placards.1551518>. Consulté le 8 mars 2024.

Certains perturbateurs endocriniens pris isolément ne sont pas nécessairement nocifs mais le deviennent lorsqu'ils se combinent à d'autres substances chimiques. Ce mécanisme, qualifié d'effet cocktail, n'est pas spécifique aux perturbateurs endocriniens et a été identifié, lui aussi, au début des années 1990. **Les perturbateurs endocriniens sont donc, pour partie, la cause d'un changement de paradigme scientifique** dans la compréhension des mécanismes d'empoisonnement du corps humain, **justifiant l'émergence des concepts d'effet indirect et d'effet cocktail**, qui aujourd'hui s'appliquent à un champ bien plus large de molécules partageant des caractéristiques similaires, comme les polluants organiques persistants (pesticides organochlorés et polychlorobiphényles [PCB], les éthers diphenyliques polybromés [PBDE], les substances per- et polyfluoroalkylés [PFAS], les phénols, parabènes et phtalates utilisés notamment dans les emballages et revêtements, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et acrylamides formés lors de la combustion incomplète de certaines matières organiques comme les viandes, etc.)⁵⁶. On estime au total que plus de 100 000 produits chimiques différents ont été synthétisés avec l'avènement de la chimie au lendemain de la Seconde Guerre mondiale. Si toutes ne sont évidemment pas toxiques, pour la majorité nous ne disposons pas de preuve formelle de l'absence totale d'effets sur la santé humaine d'une exposition prolongée à de faibles doses — encore moins dans le cas d'expositions combinées.

Contrairement aux polluants à effets directs, **les polluants à effets indirects et à effet cocktail, par leur mode d'action et pour certains par leur persistance dans l'environnement, sont beaucoup plus difficiles à identifier et à individualiser**. Ils peuvent affecter l'interaction gène-environnement et provoquer des altérations épigénétiques. Les **effets des multi-expositions** ont été mis en évidence au moyen d'études expérimentales toxicologiques, *in vitro* ou chez des

animaux. Chez l'humain, exposé depuis sa vie intra-utérine à une infinité de mélanges, la connaissance des impacts sur la santé humaine de l'exposition à des polluants à faibles doses est difficile et encore très insuffisante. L'action conjuguée d'une exposition à plusieurs agents dangereux est notamment différente selon les réactions entre composants du mélange (additivité, synergie, antagonisme). Ces substances exigeraient une approche globale de prévention et de réglementation, raison pour laquelle elles restent encore peu régulées aujourd'hui. Cependant, la recherche progresse et des programmes européens sont dédiés à ce sujet, comme le Partenariat européen pour l'évaluation des risques liés aux substances chimiques (PARC), auquel Santé publique France contribue.

La prise en compte d'une pollution invisible et omniprésente : l'exemple des PFAS

LE CHIFFRE-CLÉ

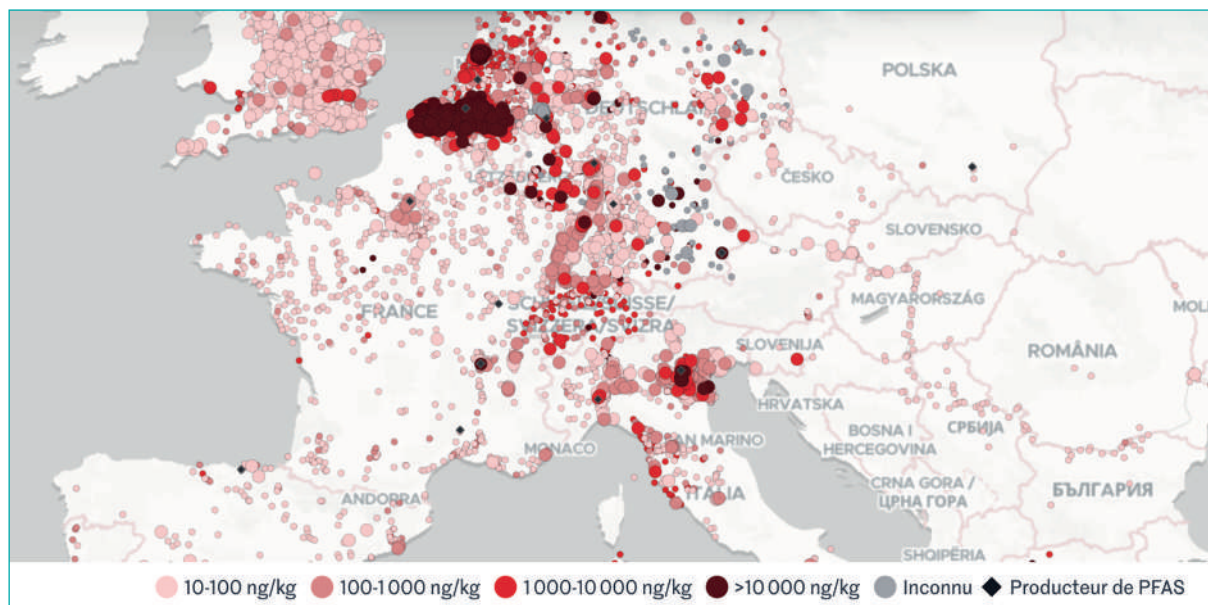
Au moins **17 000 sites en Europe sont contaminés** par des niveaux préoccupants de PFAS dans l'eau.

Utilisés depuis les années 1950 et soupçonnés par les industriels les produisant d'être néfastes pour la santé humaine (se basant sur le suivi des ouvriers présents sur les chaînes de production), **les PFAS sont toujours massivement intégrés dans de nombreux produits du quotidien**. Leur caractère néfaste a été progressivement médiatisé, notamment par l'affaire DuPont, industriel condamné pour avoir dissimulé la nocivité des composés du Téflon et la contamination des eaux à proximité de son site de production, dont le cycle judiciaire n'est à ce jour pas clos, malgré de premières investigations menées par l'avocat Robert Bilott remontant aux années 1990⁵⁷.

56. GOUPILO-SORMANY Isabelle et alii (sous la dir. de), *Environnement et santé publique*, op. cit., p. 683-693.

57. SLAMA Rémy, *Le Mal du dehors [...]*, op. cit., p. 286-288.

CARTE 5. Sites où une contamination aux PFAS a été détectée en France et dans les pays voisins



Source : *Forever Pollution Project in DAGORN Gary et alii*, « "Polluants éternels" : explorez la carte d'Europe de la contamination par les PFAS », *Le Monde / Les Décodeurs*, 23 février 2023. URL : https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2023/02/23/polluants-eternels-explorez-la-carte-d-europe-de-la-contamination-par-les-pfas_6162942_4355770.html. Consulté le 8 mars 2024.

Parmi les effets néfastes sur la santé documentés — qui ne représentent vraisemblablement qu'une partie des effets réels —, les plus importants et certains à ce jour sont la diminution de la réponse immunitaire, le déséquilibre des lipides dans le sang comme le cholestérol, la baisse du poids de naissance et l'augmentation du risque de certains cancers. Des preuves limitées suggèrent l'existence de nombreux autres effets : risque accru de cancer du sein et des testicules, maladies ou dysfonctions de la thyroïde, hypertension lors de la grossesse...⁵⁸

Une enquête du consortium journalistique *Forever Pollution Project*, a ainsi recensé en 2023, sur le sol européen, 17 000 sites où une contamination de l'eau a été détectée à des niveaux préoccupants (plus de 10 nanogrammes par litre [ng/l] d'eau), dont 2 100 zones avec des concentrations supérieures à 100 ng/l, seuil de dangerosité retenu en France (à titre de comparaison, au Danemark ce même seuil est fixé à 2 ng/l), en sus de 21 500 sites présumés contaminés et de larges zones où, faute de données, les estimations sont lacunaires voire inexistantes (voir carte 5).

Même si la plupart des PFAS « à chaîne longue » (composés de plus de six atomes de carbone) sont interdits

par la convention de Stockholm depuis les années 2000, leur persistance dans l'environnement les rend toujours dangereux, potentiellement pour une très longue durée encore — d'où leur surnom de « polluants éternels ». De plus, les 4 700 substances identifiées de la famille des PFAS comptent de nombreux composés à « chaîne courte », qui ne font pas pour l'instant l'objet d'interdiction, bien que figurant dans la feuille de route de la Commission européenne (voir parties suivantes). La multiplicité des substances, le peu de volonté longtemps montrée par certains industriels pour faciliter la recherche et l'omniprésence de ces substances dans les produits de consommation courante sont autant de freins à l'établissement d'une réglementation efficiente.

Il est peu probable qu'à moyen terme les usages industriels des PFAS diminuent, tant ces substances se sont rendues indispensables à de nombreux processus industriels. D'autant que l'explosion des besoins en batterie, liée à l'électrification des transports, nécessite, avec les technologies actuelles, de recourir à ces composés.

Face à l'ampleur des enjeux, de nombreux scientifiques se mobilisent pour mettre au point des solutions de décontamination, qui passeront notamment par une

⁵⁸. *Guidance on PFAS Exposure, Testing, and Clinical Follow-Up*, Washington : National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine / The National Academies Press, 2022. URL : <https://doi.org/10.17226/26156>. Consulté le 31 janvier 2024.

La contamination aux PFAS autour de Lyon

En France, La ville de Lyon est particulièrement concernée par ces problématiques, puisque des analyses menées début 2023 ont révélé des taux de PFAS dans le sang des habitants 8 à 16 fois supérieurs aux seuils réglementaires. Ces mesures ont conduit les autorités à interdire la consom-

mation d'œufs et de volailles produits par des particuliers dans plusieurs communes proches et arrondissements de Lyon. Les interdictions pourraient s'étendre, puisqu'un nombre limité de PFAS (moins d'une dizaine) sont testés sur une étendue géographique restreinte ¹.

1. « Pollution aux PFAS au sud de Lyon : présence confirmée dans les œufs, extension du périmètre d'interdiction de consommation », *Le Monde* et AFP, avril 2023. URL : https://www.lemonde.fr/planete/article/2023/04/03/pollution-aux-pfas-au-sud-de-lyon-presence-confirnee-dans-les-ufs-extensi-on-du-perimetre-d-interdiction-de-consommation_6168087_3244.html ; et Rosso Émilie, « Enquête. Polluants éternels 1/5 : les habitants de Pierre-Bénite, au sud de Lyon, ont des PFAS dans le sang », *FranceInfo*, 5 juin 2023. URL : <https://france3-regions.francetvinfo.fr/auvergne-rhone-alpes/rhone/lyon/enquete-exclusive-polluants-eternels-des-pfas-retrouves-en-sur-nombre-dans-le-sang-d-habitants-du-sud-de-lyon-2786430.html>. Consultés le 31 janvier 2024.

bactérie capable de dégrader la liaison carbone-fluor avec assez suffisamment d'efficacité pour être employée à ces fins. Si de premiers éléments sont porteurs d'espoir, la communauté scientifique s'accorde à dire que la mise au point à l'échelle industrielle d'un tel antidote ne pourrait constituer qu'un élément de réponse ⁵⁹.

Autres substances cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR)

Le chiffre-clé : 2,7 millions de salariés du secteur privé (soit 11 % de la population active) déclarent être exposés à au moins une substance cancérigène dans le cadre de ses activités professionnelles

Au-delà des perturbateurs endocriniens et des PFAS, **il existe d'autres substances, dites cancérigènes, mutagènes (ou génotoxiques) et / ou reprotoxiques ou cancérigènes**, dont les mécanismes d'action sur l'organisme sont similaires aux perturbateurs endocriniens et relèvent donc aussi de risques santé à effet indirect et / ou cocktail.

Une substance (ou un rayonnement) génotoxique est « susceptible d'entraîner un dysfonctionnement ou une altération du génome en endommageant l'ADN », augmentant notamment le risque de cancer, y compris pour les descendants de l'individu exposé ⁶⁰. Attention toutefois, la génotoxicité d'une substance n'est pas tou-

jours synonyme de mutagénicité, ni de cancérogénicité. À l'inverse, certaines substances sont cancérigènes mais ne sont pas génotoxiques.

Parmi les substances et / ou rayonnements génotoxiques et / ou cancérigènes à effet indirect les plus courants, retenons **les rayonnements ionisants, certaines nanoparticules et certains nanomatériaux** (composés, par exemple, de silice, de nanotubes de carbone ou de dioxyde de titane), des polluants industriels, agricoles ou d'origine domestique qui contaminent, par exemple, l'eau potable, les plus courants étant les trihalométhanes, les acides acétiques, les cétones ou encore les hydroxyfuranones ⁶¹. Quant aux rayonnements non ionisants, comme les micro-ondes, leurs effets sur la santé humaine ne sont pas clairs en l'état actuel des connaissances ⁶².

Le travail constitue une source d'exposition majeure à ce type de facteurs de risque : 2,7 millions de salariés du secteur privé (soit 11 % de la population active) déclarent être exposés à au moins une substance cancérigène dans le cadre de leurs activités professionnelles, notamment dans l'industrie (métallurgie, chimie, pharmacie, cuir et caoutchouc, bois, pétrochimie), le bâtiment et la construction, l'agriculture... Santé publique France estime ainsi qu'entre 4 % et 8,5 % des cancers sont attribuables à une cause professionnelle — sans que le statut de maladie professionnelle puisse nécessairement être établi ⁶³.

59. VUILLEUMIER Stéphane et RYCKELYNCK Michaël, « Le péril silencieux des polluants éternels », *Polytechnique insights*, janvier 2024. URL : <https://www.polytechnique-insights.com/tribunes/planete/le-peril-silencieux-des-polluants-eternels/>. Consulté le 31 janvier 2024.

60. « #Génotoxicité : définition et propriétés », *Techniques de l'ingénieur*. URL : <https://www.techniques-ingenieur.fr/glossaire/genotoxicite>. Consulté le 31 janvier 2024.

61. *Ibidem*.

62. SLAMA Rémy, *Le Mal du dehors [...]*, op. cit., p. 281-283.

63. Dossier « Agents chimiques CMR », INRS (Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des

Focus : des risques liés à l'alimentation encore largement sous-estimés

L'alimentation constitue l'une des principales voies d'entrée dans l'organisme des risques sanitaires. Si une partie d'entre eux sont essentiellement d'ordre comportemental (régime alimentaire déséquilibré), d'autres relèvent plus de facteurs environnementaux.

Le premier facteur de risque environnemental historique lié à l'alimentation est la présence de toxines produites par les micro-organismes et s'accumulant dans les fruits de mer et poissons, les virus, bactéries et parasites (*Campylobacter*, *salmonelle*, vers parasites...). Du fait des régimes alimentaires présents en France et de l'existence de nombreuses normes et réglementations, ces facteurs de risque ne constituent pas, sauf cas exceptionnel, des enjeux sanitaires importants, et ne sont pas appelés à le devenir.

Le principal risque environnemental lié à l'alimentation est la présence de produits chimiques, notamment de pesticides et de métaux lourds, dans les denrées alimentaires. Les pesticides les plus toxiques et persistants comme le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) ont certes été interdits, mais la majorité des aliments contiennent des résidus de pesticides au-delà des seuils de détection, bien que les normes soient rarement dépassées. Il est à l'heure actuelle difficile d'affirmer avec certitude que le non-dépassement des normes signifie une absence de risque pour la santé, pour plusieurs raisons : les normes sont basées sur des

expositions à de fortes doses sur une période courte à une seule molécule ; or, les humains sont exposés sur des périodes très longues à de faibles doses à une multitude de polluants. De plus, les normes restent fondées sur les données fournies par les chimistes⁶⁴. L'exposition à des pesticides est particulièrement néfaste au bon développement cognitif des embryons, et en général à la santé des enfants⁶⁵. En population générale, l'exposition à des pesticides semble associée à une plus grande prévalence de maladies neurodégénératives (maladie de Parkinson notamment), de certains cancers et de troubles de la fertilité, avec des degrés de présomption forts à faibles selon les publics (agriculteurs fortement exposés, riverains, population générale...) et les pesticides étudiés⁶⁶.

L'amélioration de la connaissance des effets sur la santé d'expositions prolongées à de faibles doses de cocktails de molécules constitue ainsi un enjeu majeur. Des leviers sont activables pour réduire ces expositions, d'autant que les pesticides ont en général une faible persistance dans l'environnement : amélioration de la réglementation à l'échelle européenne (déjà l'une des plus protectrices à l'échelle des grandes puissances agricoles), meilleure information aux consommateurs, changements d'habitudes alimentaires et de modes de vie (labels garantissant une absence de résidus de pesticides, diversification de l'alimentation, nettoyage des fruits et les légumes...) ⁶⁷.

L'alimentation est aussi un vecteur d'exposition aux PFAS et aux microplastiques — des microplastiques ont été détectés de manière systématique dans les

maladies professionnelles). URL : <https://www.inrs.fr/risques/cmr-agents-chimiques/>. Consulté le 12 février 2024.

64. BOUCHARD Maryse, LEMIRE Mélanie et DELESALLE Léa, « Alimentation », in Isabelle GOUPIL-SORMANY *et alii* (sous la dir. de), *Environnement et santé publique*, *op. cit.*, p. 683-708.

65. HERTZ-PICCIOTTO Irva *et alii*, « Organophosphate Exposures during Pregnancy and Child Neurodevelopment: Recommendations for Essential Policy Reforms », *PLoS Medicine*, vol. 15, n° 10, e1002671, octobre 2018. URL : <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002671> ; et BOUCHARD Maryse, *et alii*, « Prenatal Exposure to Organophosphate Pesticides and IQ in 7-year-old Children », *Environmental Health Perspective*, vol. 119, n° 8, août 2011, p. 1189-1195. URL : <https://doi.org/10.1289/ehp.1003185>. Consultés le 16 février 2024.

66. « Pesticides et effets sur la santé : nouvelles données », INSERM, 19 novembre 2021. URL : <https://www.inserm.fr/expertise-collective/pesticides-et-sante-nouvelles-donnees-2021/>. Consulté le 16 février 2024.

67. BOUCHARD Maryse, LEMIRE Mélanie et DELESALLE Léa, « Alimentation », *op. cit.*

Les risques sanitaires liés à l'eau

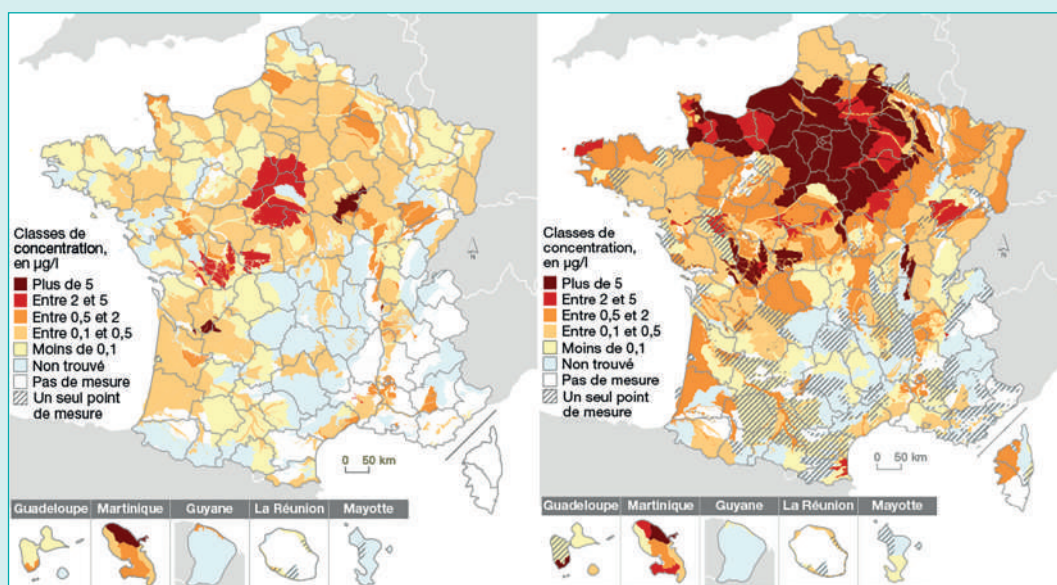
Tout comme l'alimentation, l'eau, par son omniprésence dans la vie et les activités humaines, constitue un enjeu majeur en termes de risques sanitaires. La qualité de l'eau, notamment de consommation, peut être altérée par des pollutions microbiologiques, chimiques, thermiques ou radiologiques — les deux premiers types constituant les enjeux sanitaires les plus importants.

L'eau peut en effet être contaminée par divers virus, bactéries ou parasites, plus ou moins résistants aux techniques de désinfection. Fléau majeur dans les pays en voie de développement, la contamination microbienne des eaux potables reste relativement rare en France métropolitaine, hors accident — l'enjeu peut être plus prégnant dans des territoires d'outre-mer, comme à Mayotte. Les épisodes de prolifération de cyanobactéries (ou efflorescence), de plus en plus nombreux à l'échelle mondiale, sans qu'un lien avec le réchauffement climatique soit formellement établi, constituent un enjeu émergent préoccupant. Ces algues — à l'origine de changements

de couleur des plans d'eau et d'odeurs nauséabondes — sont, lors d'épisodes de prolifération massive des facteurs de déstabilisation majeure des écosystèmes locaux, pouvant indirectement affecter la santé humaine. Pour le moment, le fardeau sanitaire sur la santé humaine du contact direct ou indirect avec des cyanobactéries est très faible — 95 cas d'infection recensés en France entre 2006 et 2018, dont aucun mortel — mais probablement très sous-estimé¹. D'autant qu'il est fortement probable que l'augmentation des épisodes d'efflorescence se prolonge à l'horizon 2040.

L'eau est aussi un vecteur d'exposition prolongée à de faibles doses de produits chimiques, certains bien connus (fluorures, nitrates, pesticides, sous-produits de désinfection...), d'autres constituant des sujets plus émergents et moins documentés (PFAS, perturbateurs endocriniens, nanoparticules, microplastiques). Ces derniers polluants font l'objet de recherches pour évaluer leur impact sur la santé humaine². Ils constituent

CARTE 6. Concentration moyenne en pesticides dans les eaux souterraines françaises, 2010-2018 (en microgrammes/litre)



N.B. : sont présentées ici uniquement les masses d'eau les plus proches du niveau du sol et les plus exposées.

Champ : France entière.

Source : *Eau et milieux aquatiques. Les chiffres clés. Édition 2020*, Datalab, SDES (Service des données et études statistiques du ministère de la Transition écologique), 2020. URL : https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/Fichiers/Plaquettes_et_rapports_instit/datalab_80_chiffres_cles_eau_edition_2020_decembre2020_1.pdf. Consulté le 11 mars 2024.

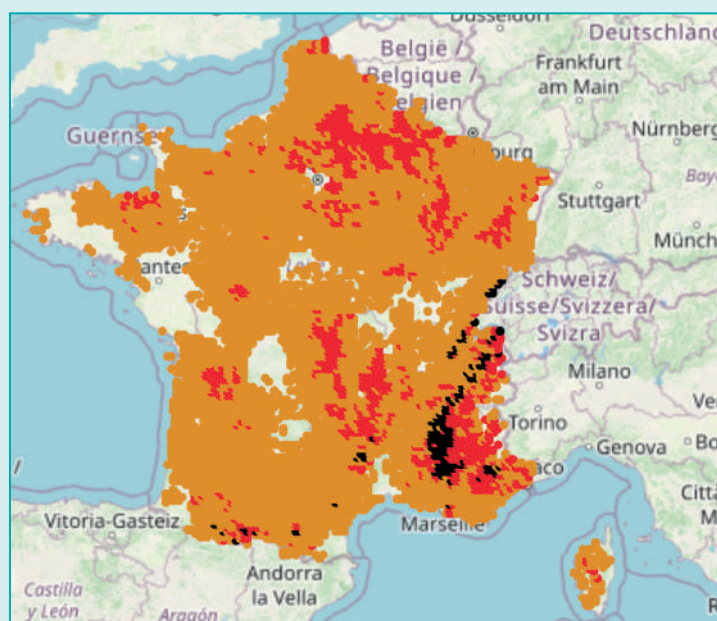
dès à présent un sujet de pré-occupation sociétale croissant, en témoigne la récente médiatisation de contamination des eaux potables aux PFAS, ou des pratiques de purification des eaux minérales, dont la législation française a évolué en toute discrétion en 2023 pour accompagner les changements de technique ³.

L'eau en tant que milieu est enfin particulièrement sensible aux effets du changement climatique, qui a un impact direct sur la qualité des eaux, et sur les situations de *stress* hydrique auxquelles sont soumis les territoires, les écosystèmes, le système agroalimentaire, et *in fine* les populations. Ces enjeux, déjà largement présents par exemple en Espagne, deviendront des préoccupations de plus en plus ordinaires, avec de manière récurrente des restrictions pour les usages non prioritaires.

Au-delà des sécheresses, les précipitations extrêmes comme les feux de forêt constituent des risques majeurs de dégradation de la qualité et de la disponibilité des eaux potables — de manière générale, les systèmes de distribution et de traitement des eaux sont particulièrement vulnérables aux événements climatiques extrêmes ⁴.

L'ensemble de ces facteurs vont dans le sens d'une eau qui deviendra à l'horizon 2040 un enjeu de santé publique de plus en plus majeur. L'un des leviers pour amoindrir son impact sur la santé humaine, au-delà de la rationalisation des

CARTE 7. Projection des seuils d'alerte liés aux pénuries d'eau en France au printemps, à l'horizon 2030-2040



- **Alerte** : limitations du droit d'utiliser l'eau.
- **Crise** : les sols sont extrêmement secs. Presque toute l'agriculture, l'industrie et les citoyens n'ont plus le droit d'utiliser l'eau en dehors des usages prioritaires (eau potable, hôpitaux, etc.). Forêts et rivières sont durablement impactées. [En savoir plus](#)
- **Risques de pénuries en eau (dont potable)** : plus de 10% des communes du territoire risquent des ruptures de l'alimentation en eau potable durant plusieurs semaines/mois. En plus de sols extrêmement secs. [En savoir plus](#)

Source : « Sécheresses : ne pas être pris par surprise ». URL : <https://secheresses.fr/>. Consulté le 11 mars 2024.

usages et de leur restriction, est la séparation des réseaux d'eau potable et d'eau non potable, cette dernière pouvant remplir de nombreux usages en dehors de la consommation (y compris avec un traitement domestique *in situ* pour des usages comme le lavage). Cela constitue néanmoins un chantier colossal pour doubler les réseaux domestiques — le réseau public d'eau potable française représentant quelque 875 000 kilomètres de canalisations.

1. « Qualité de l'eau potable », ministère français du Travail, de la Santé et des Solidarités, *op. cit.*

2. SAUVANT-ROCHAT Marie-Pierre, « Eaux », in Isabelle Goupil-Sormany et alii (sous la dir. de), *Environnement et santé publique*, *op. cit.*, p. 629-656.

3. FOUART Stéphane, « Eaux en bouteille : des pratiques trompeuses à grande échelle », *Le Monde*, 30 janvier 2024. URL : https://www.lemonde.fr/planete/article/2024/01/30/eaux-en-bouteille-des-traitements-non-conformes-utilises-a-grande-echelle_6213815_3244.html. Consulté le 16 février 2024.

4. *Ibidem*.

selles humaines⁶⁸, bien que leurs effets potentiels sur la santé humaine soient encore très peu renseignés. Pour ces derniers, le rôle des emballages alimentaires semble important, avec des phénomènes de migration de l'emballage vers l'aliment, sans qu'il soit responsable de la totalité de l'exposition. Une partie de l'exposition semble ainsi atténuable par des changements comportementaux (attention portée aux emballages, pas de cuisson dans des emballages plastiques...).

L'alimentation illustre particulièrement comment la connaissance et la transparence change fondamentalement le statut des risques. Ainsi, l'exemple de la mise en évidence de l'augmentation du risque de cancer (sein, prostate) par la consommation régulière d'aliments contenant certains émulsifiants, révélée en février 2024⁶⁹, transforme la notion de risque, qui passe d'un statut de risque environnemental presque collectif, car non connu, à un risque environnemental connu et associé à un comportement individuel (consommation de produits transformés et ultratransformés). De manière générale, la diffusion d'information sur la qualité sanitaire des aliments (applications comme Yuka, informations sur la qualité de l'eau potable publique⁷⁰...).

Enfin, l'alimentation et le système agroalimentaire ont des impacts systémiques sur la santé des écosystèmes et des humains, quoique très difficilement quantifiables (voir la partie sur les risques socio-environnementaux globaux). L'agriculture est ainsi un vecteur

majeur de perte d'espaces naturels, de dégradation de la biodiversité et de pollution de la faune et de la flore. À l'inverse, les changements climatiques font à leur tour peser sur le système agroalimentaire de nouvelles contraintes (rendements, adaptation des espèces au réchauffement, etc.) pouvant avoir un impact sur la santé humaine très important.

Des polluants retrouvés dans le sang de la totalité des Européens

Globalement, en 2020, environ **230 millions de tonnes de substances dangereuses ont été consommées à l'intérieur de l'Union européenne, dont 34 millions de tonnes de produits cancérigènes, mutagènes et / ou reprotoxiques**, d'après le HBM4EU⁷¹. En France, 2,1 millions de tonnes de produits CMR ont été importés en 2020 — et 1,3 million ont été exportés⁷². Phtalates, bisphénols et PFAS se retrouvent dans l'urine de la quasi-totalité des Européens. Le coût économique des impacts sanitaires est immense : le Bureau européen de l'environnement l'estime pour « les substances chimiques les plus problématiques » entre 11 et 31 milliards d'euros par an (la structure estime par ailleurs le coût de leur interdiction pour les industriels dans une fourchette comprise entre 0,9 et 2,7 milliards d'euros par an)⁷³ ; l'estimation du Conseil nordique des ministres se situe, elle, plutôt entre 52 et 84 milliards d'euros annuels pour les seuls PFAS.

68. SCHWABL Philipp et alii, « Detection of Various Microplastics in Human Stool: A Prospective Case Series », *Annals of Internal Medicine*, vol. 171, octobre 2019, p. 453-457. URL : <https://doi.org/10.7326/M19-0618> ; et ZHANG Na et alii, « You Are What You Eat: Microplastics in the Feces of Young Men Living in Beijing », *Science of the Total Environment*, vol. 767, mai 2021. URL : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144345>. Consultés le 16 février 2024.

69. SELLEM Laury, « Food Additive Emulsifiers and Cancer Risk: Results from the French Prospective NutriNet-Santé Cohort », *PLoS Medicine*, vol. 21, n° 2, e1004338, 13 février 2024. URL : <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1004338>. Consulté le 16 février 2024.

70. « Qualité de l'eau potable », ministère français du Travail, de la Santé et des Solidarités, 15 janvier 2024. URL : <https://sante.gouv.fr/sante-et-environnement/eaux/eau>. Consulté le 16 février 2024.

71. Interview de Marika Kolossa-Gehring, « We Need a Sustainable Human Biomonitoring System for Europe to Understand Which Chemicals Impact Health, to Which Extent We Are Exposed to and How We Can Protect Ourselves », HBM4EU (European Human Biomonitoring Initiative), *Insights*, 2022. URL : <https://www.hbm4eu.eu/insights/dr-marika-kolossa-gehring/>. Consulté le 31 janvier 2024.

72. Dossier « Agents chimiques CMR », *op. cit.*

73. FOUCART Stéphane, « En Europe, le retrait du marché des substances chimiques les plus dangereuses permettrait d'économiser entre 11 et 31 milliards d'euros par an », *Le Monde*, 11 juillet 2023. URL : https://www.lemonde.fr/planete/article/2023/07/11/l-exposition-des-europeens-aux-produits-chimiques-dangereux-est-generalisee-et-alarmante_6181390_3244.html. Consulté le 31 janvier 2024.

Baisse de la fertilité masculine : un exemple d'effet cocktail (et de controverse scientifique)

Le sujet fait encore l'objet d'une controverse scientifique, mais **de nombreuses études et méta-études alertent sur la baisse de la concentration des spermatozoïdes dans la plupart des populations humaines**, de l'ordre de 50 % entre 1973 et 2018 ¹. Celle-ci serait en effet passée d'environ 101 millions de spermatozoïdes par millilitre en 1973 à 49 millions en 2018, avec derrière cette moyenne globale un nombre croissant d'hommes en deçà du seuil de 15 millions, seuil considéré par l'OMS comme étant un facteur d'infertilité — parmi de nombreux autres (volume et pH du sperme, mobilité, vitalité et malformations des spermatozoïdes, etc.). Si l'infertilité n'empêche pas d'avoir des enfants, à l'inverse de la stérilité, elle oblige souvent à recourir à une assistance à la procréation, plus ou moins complexe selon les cas.

De nombreuses substances reprotoxiques joueraient un rôle plus ou moins important dans la baisse de concentration de spermatozoïdes. Une étude récente en a identifié 29, sans prétention à l'exhaustivité ² :

- Des composés des plastiques, et particulièrement des bisphénols A, S et F, de loin les premiers en cause, et des phtalates.
- Les polychlorodibenzo-p-dioxines (PCDD), issues de la combustion et s'accumulant ensuite dans les graisses animales.
- Le paracétamol, lorsque l'embryon est exposé à des doses répétées.

Surtout, l'étude a observé les taux d'exposition combinés de neuf substances les plus présentes. **La puissance de l'effet cocktail est majeure**, puisque le taux d'exposition combiné est supérieur à 17 fois le taux acceptable pour la moitié du groupe. Ce constat, inquiétant, sous-estime certainement la réalité, de l'aveu même des auteurs, du fait du manque de données disponibles sur

l'exposition et la toxicité de nombreuses autres substances, qui pourraient encore aggraver l'effet cocktail. Les chercheurs suspectent ainsi un rôle nocif des polychlorobiphényles (les PCB, interdits mais encore présents dans l'environnement), des PFAS ou encore de la pollution atmosphérique. Enfin, d'autres facteurs entrent en jeu, compliquant encore le tableau : comportementaux (tabac, alcool...), psychiques (*stress*), environnementaux (exposition aux sources de chaleur, aux ondes électromagnétiques notamment des téléphones ³), surpoids...

Les données manquent encore pour qualifier précisément le phénomène, et encore plus pour en déterminer les causes et, ce faisant, les trajectoires d'évolution possible. **Si la tendance observée dans les études venait à se prolonger, la part des naissances résultant de techniques de procréation médicalement assistée, plus ou moins poussées et donc invasives et onéreuses, augmenterait fortement** ⁴. La probabilité de ce scénario est certes délicate à déterminer. Néanmoins, plusieurs facteurs n'invitent pas à l'optimisme :

- La multiplicité des substances potentiellement en cause dans la baisse de qualité du sperme et leurs interactions (effet cocktail), réduisant l'efficacité d'interdictions ciblées (exemple du bisphénol A).
- La persistance de certaines de ces substances dans l'environnement et les organismes (les PCB ou les composés perfluorés), qui pourraient même se cumuler au fil des générations.
- La multiplicité déjà mentionnée des causes d'infertilité, au-delà de la qualité du sperme.

Dans un contexte de controverse scientifique et de données encore lacunaires, l'enjeu constitue, par son ampleur potentielle, un cas d'école presque parfait concernant l'application du principe de précaution.

1. Parmi les travaux de référence récents, deux méta-études concluent respectivement à une baisse majeure de la qualité du sperme, et à une absence de preuve d'une telle baisse :

LEVINE Hagai *et alii*, « Temporal Trends in Sperm Count: A Systematic Review and Meta-Regression Analysis of Samples Collected Globally in the 20th and 21st Centuries », *Human Reproduction Update*, vol. 29, n° 2, mars-avril 2023, p. 157-176. URL : <https://academic.oup.com/humupd/article/29/2/157/6824414?login=false>. Consulté le 31 janvier 2024.

CIPRIANI Sonia *et alii*, « Trend of Change of Sperm Count and Concentration Over the Last Two Decades: A Systematic Review and Meta-Regression Analysis », *Andrology*, vol. 11, n° 6, septembre 2023, p. 949-1217. URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/andr.13396>. Consulté le 31 janvier 2024.

2. KORTENKAMP Andreas *et alii*, « Combined Exposures to Bisphenols, Polychlorinated Dioxins, Paracetamol, and Phthalates as Drivers of Deteriorating Semen Quality », *Environment International*, vol. 165, juillet 2022. URL : <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107322>. Consulté le 31 janvier 2024.

3. SUNGJOON Kim *et alii*, « Effects of Mobile Phone Usage on Sperm Quality — No Time-dependent Relationship on Usage: A Systematic Review and Updated Meta-analysis », *Environmental Research*, vol. 202, n° 6, novembre 2021. URL : <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111784>. Consulté le 31 janvier 2024.

4. Scénario développé dans SWAN Shanna et COLINO Stacey, *Count Down: How Our Modern World Is Threatening Sperm Counts, Altering Male and Female Reproductive Development, and Imperiling the Future of the Human Race*, New York : Scribner, 2022.

La nocivité de ces substances est potentiellement importante pour tous les organismes exposés, quelles que soient leurs caractéristiques. Néanmoins, parce qu'ils affectent directement le système endocrinien, les perturbateurs endocriniens sont plus spécifiquement dangereux pour certaines populations, en fonction, notamment, des âges de la vie. On parle de « **fenêtres d'exposition** ». Les périodes de développement fœto-embryonnaire, la petite enfance et la puberté sont ainsi des périodes de grande vulnérabilité aux perturbateurs endocriniens parce qu'un dérèglement hormonal à ces âges-là est susceptible d'altérer de manière irréversible certaines fonctions de l'organisme.

Par ailleurs, les recherches conduites par le HBM4EU indiquent que le sexe est aussi un facteur important dans le degré d'exposition, à la fois en raison de réponses physiologiques différentes et d'habitudes de consommation distinctes. Ainsi, le bisphénol A est la cause de plus de problèmes cognitifs chez les hommes que chez les femmes ; à l'inverse, de nombreuses molécules se retrouvent en moyenne à de plus hauts niveaux chez les femmes que chez les hommes⁷⁴. Au-delà des degrés d'exposition, des études ont démontré que l'exposition à des faibles doses de cocktails de pesticides (présents dans les pommeraies françaises) provoquait des effets différents chez les souris cobayes, en fonction de leur sexe. Tandis que les mâles ont présenté une accumulation de graisses dans le foie, un surpoids significatif et un diabète, les femelles, elles, ont montré des perturbations hépatiques et une modification de l'activité de leur microbiote intestinal. Selon les chercheurs, ces différences de réponse entre mâle et femelle découleraient de capacités de détoxification des pesticides spécifiques à chaque sexe⁷⁵.

Des freins majeurs pour réglementer et réduire l'exposition aux polluants indirects à l'horizon 2040

En raison des intérêts économiques majeurs liés à l'usage de produits chimiques (pesticides pour l'agriculture, industrie...), le levier principal pour diminuer l'exposition des populations reste la réglementation, aux échelles européenne, nationale et locale, elle-même dépendante de l'état des connaissances scientifiques. Les travaux conduits sur les différentes substances chimiques génotoxiques, cancérogènes et / ou mutagènes se développent et permettent de comprendre de mieux en mieux leurs effets indirects et leur effet cocktail⁷⁶.

À l'échelle européenne, le règlement REACH (*Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals*, ou Enregistrement, évaluation et autorisation des produits chimiques) prévoit depuis 2007 que toutes les substances susceptibles de perturber le système endocrinien soient soumises à autorisation. Mais en pratique, les exceptions sont nombreuses, et les taux de concentration autorisés (souvent 0,1 % du poids total du produit) n'excluent pas tout danger — la plupart des substances en question étant dangereuses même à très faible dose⁷⁷. De même, les produits phytopharmaceutiques ou biocides sont encadrés par des règlements spécifiques qui comprennent déjà l'exclusion de potentiels perturbateurs endocriniens. Le règlement CLP (*Classification, Labelling and Packaging* / Classification, étiquetage et emballage des substances et mélanges) classe quant à lui les agents chimiques CMR, et impose des étiquetages spécifiques et définit des seuils d'exposition. Il est régulièrement mis

74. Interview de Marika Kolossa-Gehring, *op. cit.*

75. « Effet cocktail de pesticides à faible dose par l'alimentation : les premiers résultats chez l'animal montrent des perturbations métaboliques », INRAE, 27 juin 2018. URL : <https://www.inrae.fr/actualites/effet-cocktail-pesticides-faible-dose-l'alimentation-premiers-resultats-l'animal-montrent-perturbations-metaboliques>. Consulté le 31 janvier 2024.

76. « L'effet cocktail des perturbateurs endocriniens mieux compris », INSERM, communiqué de presse, 13 janvier 2021. URL : <https://presse.inserm.fr/effet-cocktail-des-perturbateurs-endocriniens-mieux-compris/41920/>. Consulté le 12 février 2024.

77. « La réglementation REACH », ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, 4 juin 2018. URL : <https://www.ecologie.gouv.fr/reglementation-reach>. Consulté le 31 janvier 2024.



© jittawit21 / Shutterstock

à jour au fur et à mesure que de nouvelles connaissances scientifiques sont produites sur le sujet⁷⁸. Enfin, concernant les nanomatériaux, l'ANSES a lancé en 2013 le projet Nanogenotox, en partenariat avec plusieurs pays européens, pour tenter de mieux détecter leur potentiel génotoxique.

Néanmoins, la complexité induite par l'interaction entre plusieurs molécules, certaines de structures variables, et la persistance de certaines de ces substances dans l'environnement et dans le corps humain rendent toujours **difficile à ce jour la mise en place de politiques de prévention et de régulation efficaces**. Ainsi, pour de nombreux produits, l'état actuel de la recherche ne permet pas de fixer de « valeur guide » faute de données suffisantes ; du fait de la multitude des molécules et des interactions potentielles, la plupart des impacts sur la santé humaine des effets cocktail sont aujourd'hui inconnus. Ces lacunes s'expliquent aussi par la difficulté de mener, avec les moyens publics, les études de toxicité de long terme de nouveaux produits avant leur mise sur le marché, ni après en suivi sanitaire, et par les limites des systèmes d'homologation des substances chimiques, la déclaration des substances actives étant laissées à la discrétion des industriels⁷⁹. Malgré une connaissance accrue du rôle joué par ces substances dans l'apparition de maladies chroniques, leur prise en compte à l'hôpital et en médecine de ville

reste insuffisante alors qu'elle permettrait, d'une part, de diminuer le risque de maladies liées aux facteurs environnementaux et, d'autre part, d'influencer positivement l'évolution naturelle d'une maladie chronique une fois celle-ci diagnostiquée⁸⁰. L'omniprésence de ces polluants dans l'environnement impose, enfin, une approche sur le temps long, comme l'a initiée l'Union européenne, qui prévoit une interdiction progressive d'un certain nombre de perturbateurs endocriniens comme les parabènes, phtalates, bisphénols, plastiques PVC, retardateurs de flamme bromés, ou encore composés perfluorés, d'ici 2030, même si le report *sine die* de la révision du règlement REACH rend plus incertaine la concrétisation de cette volonté, tout comme le renouvellement de l'autorisation du glyphosate pour une durée de 10 ans par l'Union européenne.

Il est probable qu'à l'horizon 2040 une partie importante de ces substances soit fortement réglementée voire interdite, à l'instar des premières molécules historiquement identifiées comme problématiques (des pesticides organochlorés comme le DDT, des polluants organiques persistants comme le PCB et ses dérivés ou l'acide perfluorooctanesulfonique [PFOS], etc.). La feuille de route du REACH d'avril 2023 — avant son report donc — incluait ainsi six groupes de substances visées : les PFAS, le plastique PVC, les bisphénols, les retardateurs de flamme et l'ensemble des produits

78. « Classification, emballage et étiquetage des substances chimiques et des mélanges », EUR-Lex, 31 juillet 2023. URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=LEGISSUM:ev0013>. Consulté le 31 janvier 2024.

79. Par exemple, une étude a montré la présence de plusieurs substances toxiques, notamment des métaux lourds, dans des herbicides sans glyphosate ou vendus comme étant « naturels ». SERANILI Gilles-Éric et JUNGERS Gérard, « Toxic Compounds in Herbicides without Glyphosate », *Food and Chemical Toxicology*, vol. 36, décembre 2020. URL : <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111770>. Consulté le 12 février 2024.

80. RANNAUD-BARTAIRES Patricia, « Perturbateurs endocriniens et origine environnementale des maladies : intégrer ces données pour un nouveau modèle d'accompagnement des patients vers la santé environnementale », *Recherche en soins infirmiers*, vol. 149, n° 2, 2022, p. 7-18. URL : <https://www.cairn.info/revue-recherche-en-soins-infirmiers-2022-2-page-7.htm>. Consulté le 31 janvier 2024.

cancérogènes, mutagènes ou reprotoxiques dans les articles pour enfants⁸¹. Néanmoins, la rapidité de déploiement de telles mesures dépendra largement des actuels débats au sommet de l'UE entre politiques, scientifiques et industriels sur les interdictions, exceptions, et les modalités techniques de mise en œuvre de la réglementation (temps accordé avant interdiction, interdiction totale ou seuil maximal à respecter, etc.), qui laisseront plus ou moins de marges de manœuvre aux industriels pour contourner la réglementation, notamment en utilisant des substances analogues mais non répertoriées dans les textes européens. De plus, **la teneur des futures réglementations sera aussi fonction des arbitrages des décideurs**, entre diminution des risques santé, compétitivité économique, sécurité alimentaire face aux changements climatiques, etc.

Le paysage à l'horizon 2040 sera, dans tous les cas, contrasté, avec des situations très différenciées selon les territoires et les catégories de polluants autorisés ou interdits. Même dans l'hypothèse d'interdictions massives des principaux polluants aujourd'hui connus, les impacts sur la santé humaine seront toujours forts, en raison :

- Du remplacement probable de produits chimiques par des produits de substitution qui ne sont pas moins néfastes que leur produit originel — cf. les bisphénols B et S, utilisés en remplacement du bisphénol A, aujourd'hui suspectés d'être autant voire plus nocifs encore⁸².
- De la persistance de certains polluants dans l'en-

vironnement (faune et flore) pendant plusieurs décennies, sous leur forme primaire ou sous une forme dégradée (métabolites). C'est par exemple le cas des PFAS ou de certains pesticides (comme la chlordécone en Martinique et en Guadeloupe, toujours détectable dans le sang des populations 30 ans après son interdiction⁸³). La dégradation de polluants primaires en métabolites pose des enjeux particuliers de mesure de l'exposition et d'impacts sur la santé, les produits de dégradation étant dans l'ensemble bien moins connus que les substances produites par les humains.

- De la période de latence parfois élevée entre l'exposition à un facteur de risque et les impacts sur la santé : par exemple, le délai habituel de latence entre le début d'une exposition à l'amiante et le développement des premiers symptômes est compris entre 20 et 40 ans (dépendant notamment de la durée et de l'intensité de l'exposition)⁸⁴. Les expositions actuelles auront ainsi toujours un impact significatif sur le fardeau sanitaire en 2040.

Le développement d'outils de mesures individuelles et d'information aux populations contribuera à rendre les populations plus sensibles à ces enjeux — facteur de mobilisation politique — et éventuellement à faire évoluer les comportements pour minimiser l'exposition à certains facteurs de risque (alimentation notamment), avec des réponses très contrastées selon les individus et leur rapport à la santé.

81. *Restrictions Roadmap under the Chemicals Strategy for Sustainability*, Bruxelles : Commission européenne, *Staff Working Document*, n° 122(final), 25 avril 2022. URL : <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/49734>. Consulté le 31 janvier 2024.

82. « Le bisphénol B, un perturbateur endocrinien pour l'homme et l'environnement », ANSES, *op. cit.* ; et GAYRARD Véronique et alii, « Oral Systemic Bioavailability of Bisphenol A and Bisphenol S in Pigs », *op. cit.*

83. « Chlordécone aux Antilles : les risques liés à l'exposition alimentaire », ANSES, 9 décembre 2022. URL : <https://www.anses.fr/fr/content/chlordecone-aux-antilles-les-risques-lies-a-l'exposition-alimentaire>. Consulté le 31 janvier 2024.

84. « Exposition environnementale à l'amiante : état des données et conduite à tenir », HAS (Haute Autorité de santé), Fiche d'information médecin traitant. URL : https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-03/amiante_environnementale_fiche_medecin_version_finale.pdf. Consulté le 12 février 2024.

Les risques à effets directs

La pollution atmosphérique : un fléau en recul mais toujours meurtrier

Les polluants atmosphériques, premier risque environnemental connu

LES CHIFFRES-CLÉS

Une **baisse de plus de moitié des expositions** mesurées aux particules fines, au dioxyde d'azote et au dioxyde de soufre en France en 20 ans.

La pollution atmosphérique est toujours liée à plus de **40 000 décès annuels** en France.

La pollution atmosphérique constitue l'un des principaux risques environnementaux connus en termes de morbidité et de mortalité puisqu'elle est impliquée — avec d'autres facteurs — dans :

- À l'échelle mondiale, **6,7 millions de décès prématurés** en 2019 (dont 4,2 associés à la pollution de l'air extérieur)⁸⁵, et une perte d'environ 2,2 années d'espérance de vie pour les individus de plus de 30 ans⁸⁶. Une grande partie de ces pertes se concentre en Asie du Sud-Est, l'une des rares régions où les taux d'exposition ont continué d'augmenter depuis le début du siècle.

- À l'échelle européenne (27 pays), environ **330 000 décès** prématurés en 2021 causés par l'exposition aux particules fines (PM), au dioxyde d'azote (NO₂) et / ou aux concentrations d'ozone, par ailleurs responsable d'environ 350 000 années vécues en incapacité (liés à des obstructions pulmonaires chroniques pour les PM et à un diabète de type 2 pour le dioxyde d'azote)⁸⁷.
- En France, sur la période 2016-2019, environ **40 000 morts par an** liées aux particules fines inférieures à 2,5 µg (PM_{2,5}) et 7 000 attribuables à l'exposition au dioxyde d'azote, soit 8 % de la mortalité totale (contre 4,6 % pour les accidents routiers et domestiques). Elle fait perdre aux adultes de plus de 30 ans, en moyenne, huit mois d'espérance de vie⁸⁸.

Ces chiffres globaux sont **très probablement sous-estimés**, car les statistiques des études d'impact prennent en compte uniquement les décès pour lesquels le lien de causalité est clairement établi.

Derrière le terme générique se cache **une multitude de polluants**, aux origines et aux effets sur la santé hétérogènes et cumulatifs (voir tableau 2). La famille des particules fines regroupe ainsi une multitude de

85. FULLER Richard et alii, « Pollution and Health: A Progress Update », *The Lancet Planetary Health*, vol. 6, n° 6, mai 2022, p. 535-547. URL : [https://www.thelancet.com/journals/lanph/article/PIIS2542-5196\(22\)00090-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanph/article/PIIS2542-5196(22)00090-0/fulltext). Consulté le 31 janvier 2024.

86. GREENSTONE Michael, HASENKOPF Christa et LEE Ken, *Air Quality Life Index: Annual Update*, Chicago : EPIC (Energy Policy Institute at the University of Chicago), juin 2022. URL : https://aqli.epic.uchicago.edu/wp-content/uploads/2022/06/AQLI_2022_Report-Global.pdf. Consulté le 31 janvier 2024.

87. « Harm to Human Health from Air Pollution in Europe: Burden of Disease 2023 », Agence européenne de l'environnement, 24 novembre 2023. URL : <https://www.eea.europa.eu/publications/harm-to-human-health-from-air-pollution/>. Consulté le 14 février 2024.

88. Medina Sylvia et alii, *Impact de la pollution de l'air ambiant sur la mortalité en France métropolitaine. Réduction en lien avec le confinement du printemps 2020 et nouvelles données sur le poids total pour la période 2016-2019*, Santé publique France, 23 août 2021. URL : <https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/369929/3138075?version=1>. Consulté le 31 janvier 2024.

La famille des particules fines

Dans le détail, on peut distinguer les particules :

- Selon leur composition chimique : matières minérales, salines, aqueuses et organiques.
- Selon leur taille :
 - Inférieure à 10 µg (PM₁₀), parfois appelées « particules grossières », comme les poussières et sables soulevés par l'agriculture ou le vent. À l'inverse des particules supérieures à 10 µg, elles peuvent aller plus loin que la trachée et pénétrer dans les poumons les bronches et les bronchioles — d'où leur dangerosité. Néanmoins, elles présentent moins de risque que les particules plus fines (PM_{2,5} et inférieures).
 - Inférieure à 2,5 µg (PM_{2,5}), notamment les fumées de combustion ou les aérosols, qui

peuvent atteindre les alvéoles. L'exposition à des PM_{2,5} augmente le risque de maladies cardio-vasculaires et respiratoires, tout en étant cancérigène.

- Inférieure à 1 µg (PM_{1,0}), et à 0,1 µg (PM_{0,1}), comme différents types de fumée, ou le noir de carbone (ou carbone-suie). Elles présentent les mêmes types de risques sur la santé que les PM_{2,5} mais sont plus dangereuses, car capables de pénétrer la circulation sanguine et ce faisant, d'autres organes. Elles ne font pas l'objet de réglementations spécifiques, malgré de premières expérimentations. Les PM_{0,1} font partie de la famille des nanoparticules, dont les impacts sur la santé humaine sont encore peu connus.

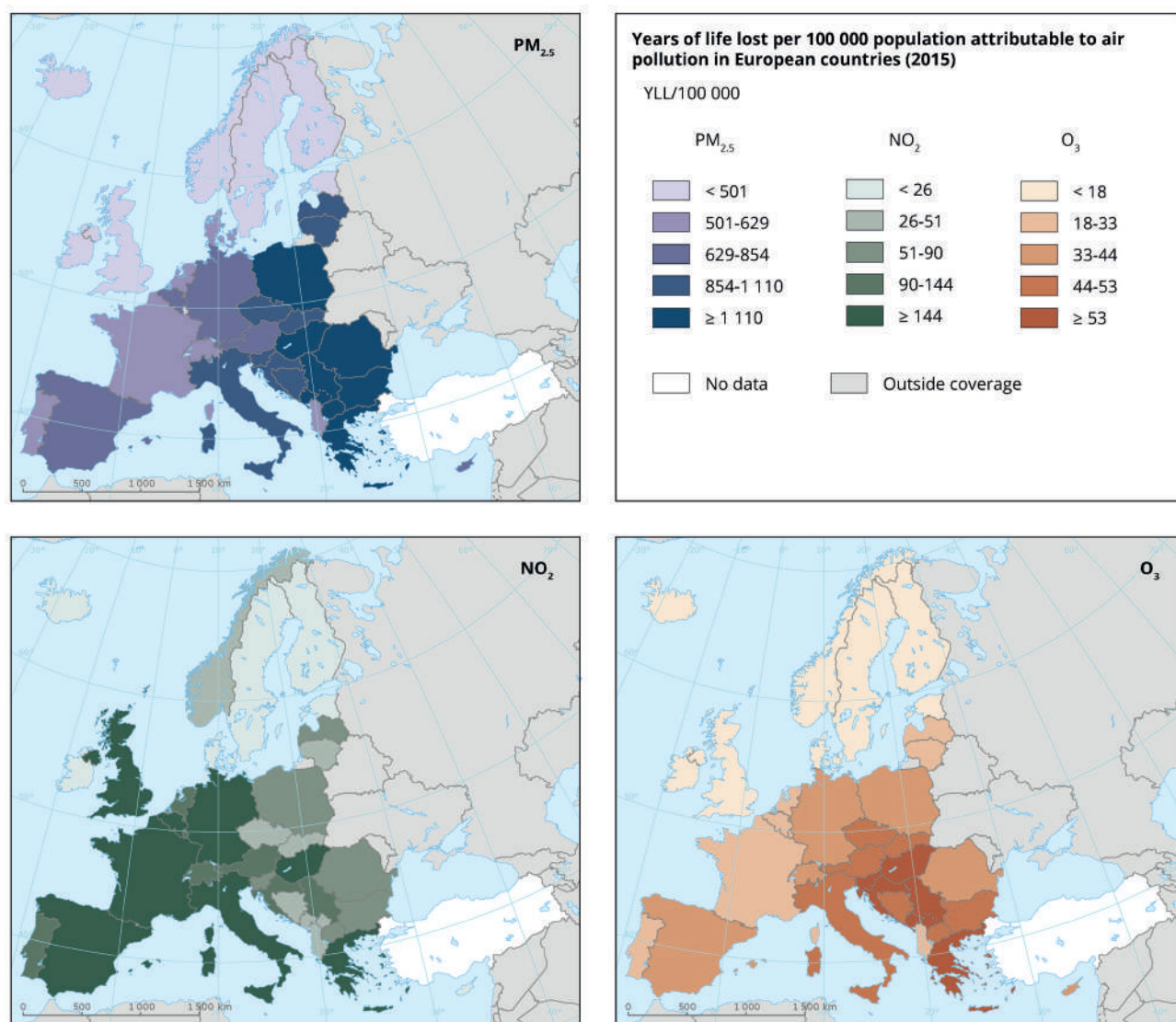
Sources : « Les particules fines », Palais de la découverte / Universcience. URL : https://www.palais-decouverte.fr/fileadmin/fileadmin_Palais/fichiers/Contribs/au-programme/activites/1chercheur1manip/Ressources/LOAC/Panneaux-LOAC-web.pdf ; CITEPA, *Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques. Bilan des émissions en France de 1990 à 2022. Rapport d'inventaire Secten*, Citepa, 2023. URL : https://www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/secten/2023/Citepa_Secten_ed2023_v1.pdf. Consultés le 31 janvier 2024.

composés dont la dangerosité dépend de leur composition chimique et de leur taille : on distingue ainsi les particules grossières dont la taille est inférieure à 10 µg (PM₁₀), les particules inférieures à 2,5 µg (PM_{2,5}), les particules ultrafines inférieures à 1 µg (PM_{1,0}) et les nanoparticules inférieures à 0,1 µg (PM_{0,1}). Plus une particule est fine, plus elle peut pénétrer profondément dans l'organisme, bien que les effets sur la santé des particules les plus fines soient moins renseignés.

L'exposition ponctuelle à de hautes doses peut être nocive pour la santé, voire mortelle, comme dans le cas des intoxications au monoxyde de carbone. Mais **l'exposition prolongée à de faibles doses a d'importants effets néfastes pour la santé** : la plupart des polluants atmosphériques augmentent significativement le risque de maladies respiratoires, cardio-vasculaires, neurodégénératives, et / ou de cancers (poumon et sein notamment)⁸⁹. L'ampleur de l'effet cocktail lié à l'exposition prolongée à plusieurs de ces polluants est encore peu appréhendée.

89. « Cancer du sein : la pollution atmosphérique associée à un risque accru », INSERM, communiqué de presse, 27 mai 2021. URL : <https://presse.inserm.fr/cancer-du-sein-la-pollution-atmospherique-associee-a-un-risque-accru/43037/>. Consulté le 11 mars 2024.

CARTE 8. Années de vie perdues pour 100 000 habitants attribuables à la pollution de l'air dans les pays européens (2015)



Source : EEA / AEE (Agence européenne pour l'environnement), *Unequal Exposure [...]*, op. cit.

TABLEAU 2. Les principaux polluants atmosphériques et leurs effets sur la santé en France

TYPE	NOM DU POLLUANT	EFFETS SUR LA SANTÉ HUMAINE	PRINCIPALES SOURCES	ÉVOLUTION DE L'EXPOSITION 2000-2021
Particules	Particules fines (PM ₁₀ et PM _{2,5})	<i>Exposition forte ponctuelle</i> : maladies cardio-vasculaires et respiratoires. <i>Exposition chronique</i> : <i>idem</i> + cancers, diabète de type 2, maladies neurodégénératives, croissance de l'enfant. Plus les particules sont fines, plus les effets sont délétères.	- Combustions domestiques, de transport et industrielles. - Vent et agriculture (PM₁₀).	– 50 % (PM ₁₀) – 60 % (PM _{2,5})
	Particules très fines (PM _{1,0} et PM _{0,1})			Non mesurée
Gaz	Dioxydes d'azote (NO ₂)	<i>Exposition forte ponctuelle</i> : irritation respiratoire, aggravation de l'asthme. <i>Exposition chronique</i> : maladies respiratoires, diabète de type 2, asthme, cancers.	Combustions : trafic, centrales thermiques, chauffage, incinération de déchets, cuisinières à gaz, etc.	– 60 %
	Ozone (O ₃)	<i>Exposition forte ponctuelle</i> : toux, irritation des yeux, maux de tête, mortalité cardio-vasculaire.	Réactions chimiques entre des polluants (NO_x, COV) et la chaleur, les ultraviolets et / ou une haute tension électrique.	Légère baisse des pics
	Monoxyde de carbone (CO)	<i>Exposition forte ponctuelle</i> : intoxication, suffocation, voire mort à très forte dose.	- Activités industrielles. - Combustion des carburants. - Métallurgie.	?
	Dioxyde de soufre (SO ₂)	Maladies respiratoires, aggravation de l'asthme.	- Centrales thermiques, chauffage. - Industrie lourde (raffinage, fusion...).	– 80 %
	Composés organiques volatils (benzène...) (COV)	<i>Exposition forte ponctuelle</i> : inflammations, maux de tête, fatigue, nausées. <i>Exposition chronique</i> : asthme, cancers, impact probable sur les facultés d'apprentissage et de mémorisation.	<i>S'accumulent dans l'air intérieur et en milieu urbain</i> - Combustion (bois, trafic). - Évaporation de produits chimiques ou pétroliers. - Solvants, insecticides, etc.	– 10 %
Métaux lourds	Arsenic, cadmium, nickel, plomb, mercure, chrome, zinc, cuivre...	<i>Exposition forte ponctuelle</i> : effets variés selon le métal. <i>Exposition chronique</i> : maladies cardio-vasculaires, neurodégénératives, troubles du développement de l'enfant, etc.	<i>S'accumulent aussi dans les sols</i> - Incinération des déchets. - Métallurgie. - Combustion de produits fossiles. - Transports (usure / abrasion du matériel).	Importante baisse globale (sauf cuivre)
	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	<i>Exposition forte ponctuelle</i> : irritations respiratoires. <i>Exposition chronique</i> : cancers (poumon, etc.).	Combustion partielle de combustibles fossiles et de bois.	Données manquantes

Source : SLAMA Rémy, *Le Mal du dehors [...]*... op. cit. ; « Qu'est-ce que la pollution de l'air ? », Santé publique France, 27 juin 2019.
 URL : <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/articles/qu-est-ce-que-la-pollution-de-l-air>.
 Consulté le 31 janvier 2024.

Le bruit, une pollution sous-estimée

Le bruit est un risque sanitaire et un enjeu de santé publique. *Stress*, acouphènes, troubles du sommeil, effets négatifs sur le système cardio-vasculaire et sur le métabolisme, baisse des performances cognitives notamment chez les enfants sont autant de conséquences liées à l'exposition de longue durée au bruit.

Cette exposition prolongée détruit peu à peu les cellules ciliées de l'oreille interne, et conduit progressivement à la surdité (dont on sait qu'elle est irréversible) : aujourd'hui, on ne sait pas soigner la surdité, et bien que les prothèses auditives permettent de corriger le problème, seules 17 % des personnes atteintes de surdité en France disposent d'un tel dispositif ¹. Alors qu'un enfant sur 1 000 naît complètement sourd (plus de 90 déci-

bels de perte auditive), on estime qu'en Europe 18 millions de personnes souffrent de gêne chronique élevée liée au bruit, et que 41 000 nouveaux cas de maladie cardiaque et 11 000 décès sont imputables chaque année au bruit ².

La prévalence des limitations auditives est largement liée à l'âge. En 2010, à 50 ans, une personne sur cinq a de légères difficultés auditives ; à 80 ans, il s'agit d'une personne sur deux. La perte d'audition est précoce, puisque deux tiers des adolescents de 15 à 17 ans sont concernés par des troubles auditifs au moins occasionnels mais à effet durable (acouphènes, traumatisme sonore), et plus d'un adolescent sur dix souffre d'un début de baisse auditive.

1. « La surdité et les causes de la perte auditive », Ameli (Assurance maladie), 18 décembre 2023. URL : <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/perde-acuite-auditive/definition-causes>. Consulté le 31 janvier 2024.

2. « Remarquez-vous les nuisances sonores autour de vous ? », Agence européenne de l'environnement, 16 novembre 2023. URL : <https://www.eea.europa.eu/fr/signaux/signaux-2023/articles/remarquez-vous-les-nuisances-sonores>. Consulté le 31 janvier 2024.

Des perspectives de baisse globale des expositions malgré la persistance de risques pour la santé

L'exposition à la **plupart des polluants atmosphériques mesurés (particules fines, dioxydes d'azote, dioxydes de soufre..., à l'exception notable des COV) diminue à l'échelle de la France et de l'Europe**, avec des effets sensibles sur la santé des populations : dans l'Union européenne, le nombre de décès prématurés annuels dus à l'exposition à des concentrations de PM_{2,5} supérieures aux seuils de l'OMS est ainsi passé d'une moyenne de 350 000 entre 2005 et 2007, à environ 250 000 en 2019 ou 2020.

Contrairement aux polluants à effets indirects, la traduction du plan d'action européen « zéro pollution 2050 » pour les polluants atmosphériques est déjà engagée (notamment la directive *National Emission reduction Commitments 90*). L'atteinte de l'objectif intermédiaire de réduction de 55 % des morts prématurées dues à l'exposition aux PM_{2,5} à l'horizon 2030

par rapport à 2005 (objectif qui ne résume pas la lutte contre la pollution atmosphérique) semble en bonne voie — horizon auquel des engagements plus ambitieux sont prévus⁹¹.

La baisse constatée sur les 20 dernières années a été permise par des changements de pratiques et d'infrastructures principalement dans les domaines :

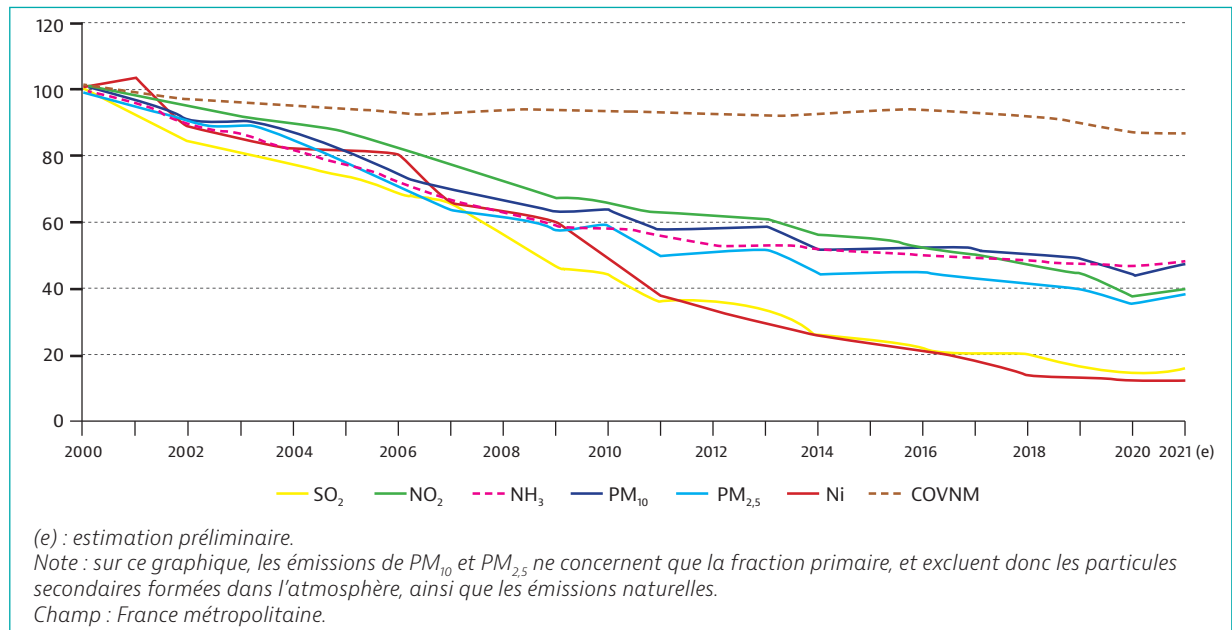
- De l'énergie : 44 % des émissions de PM₁₀ et 58 % de celles de PM_{2,5} sont liées à la consommation d'énergie dans les secteurs résidentiels, commerciaux et institutionnels ;
- des transports, qui représentent 37 % des émissions d'oxydes d'azote (transports routiers) ;
- de l'industrie, émettrice notamment de COV (47 % des émissions), de dioxyde de soufre (37 %), de particules fines (19 % pour les PM₁₀, 14 % pour les PM_{2,5}) et d'oxydes d'azote (15 %) ;
- de l'agriculture, émettrice principalement de COV (27 % hors méthane), d'oxydes d'azote (19 %) et de PM₁₀ (19 %) ⁹².

90. Directive n° 2016/2284, présentée sur le site de l'AEE. URL : <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution/necd>. Consulté le 11 mars 2024.

91. *Sources and Emissions of Air Pollutants in Europe*, AEE, Web Report, 24 novembre / 1^{er} décembre 2022. URL : <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/sources-and-emissions-of-air>. Consulté le 11 mars 2024.

92. *Ibidem*.

GRAPHIQUE 12. Évolution des émissions anthropiques de quelques polluants (indice base 100 des émissions en 2000)



Source : Cltepa in Zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m) : sortir de l'impasse, Sénat, rapport d'information n° 738, juin 2023. URL : https://www.senat.fr/rap/r22-738/r22-738_mono.html. Consulté le 12 mars 2024.

Ainsi, la transition vers des sources de chauffage plus propres, l'isolation des bâtiments, la diminution de la consommation de charbon et l'utilisation de moyens de transport moins émetteurs ont joué un rôle significatif.

Les taux restent néanmoins élevés et certains polluants pourtant très nocifs, comme les particules très fines (PM₁ et PM_{0,1}), ne font toujours pas l'objet de réglementation ni d'outils de suivi spécifiques — étant englobées dans la catégorie des PM_{2,5}. L'Europe de l'Est et l'Italie sont globalement plus polluées, en raison de l'utilisation massive de combustibles solides dans les industries et le chauffage domestique.

La prolongation à long terme de la baisse constatée demande des efforts massifs sur les différents secteurs, dont certains sont déjà engagés, comme la sortie du charbon à 2030 — quoique de plus en plus incertaine — et à plus long terme la neutralité carbone, la meilleure efficacité des systèmes de chauffage (réseaux de chaleur collectifs, pompes à chaleur...) et de l'isolation thermique des bâtiments, l'électrification des moyens de transport et le renforcement de l'offre de transports collectifs, etc.

Cependant, de nombreux freins crédibilisent l'hypothèse d'un ralentissement de la baisse des expositions, voire d'une stagnation à moyen terme. Une partie des sources de pollution aux particules fines requiert d'importants changements matériels, voire d'innovations technologiques aujourd'hui inexistantes : par exemple, les pneus des voitures génèrent près de 2 000 fois plus de particules fines que les gaz d'échappement, sans que nous ne disposions ni des réglementations appropriées, ni des technologies permettant de supprimer cette source d'émission⁹³. De la même manière, les stations de métro ou ferroviaires fermées constituent des espaces particulièrement pollués qui demanderaient des transformations structurelles importantes pour être plus correctement protégés et ventilés⁹⁴ : de récentes mesures font état de niveaux d'exposition aux PM_{2,5} jusqu'à 19 fois supérieures aux normes OMS dans les stations du métro parisien, avec en moyenne un taux de concentration en particules fines deux fois supérieur à celui mesuré en air extérieur dans la capitale⁹⁵. Cet exemple montre néanmoins qu'en cas de mobilisation citoyenne importante, des réponses publiques peuvent être rapidement apportées ponc-

93. « Gaining Traction, Losing Tread Pollution from Tire Wear Now 1,850 Times Worse than Exhaust Emissions », *Emissions Analytics*, 10 mai 2022. URL : <https://www.emissionsanalytics.com/news/gaining-traction-losing-tread>. Consulté le 31 janvier 2024.

94. « Station de métro et de RER », Airparif. URL : <https://www.airparif.asso.fr/gares-rer-et-metros>. Consulté le 31 janvier 2024.

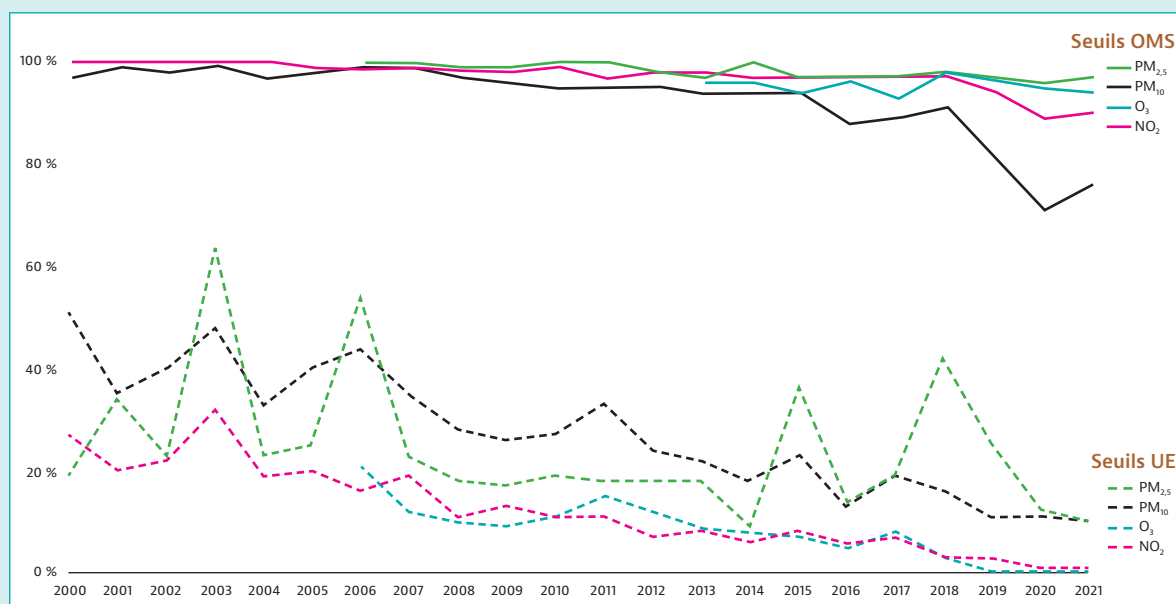
95. LE BORGNE Brice et alii, « Pollution dans le métro parisien : découvrez les mesures inédites de la qualité de l'air dans votre station », *FranceInfo*, 22 mai 2023. URL : https://www.francetvinfo.fr/monde/environnement/crise-climatique/pollution-air/enquete-france-tv-pollution-dans-le-metro-parisien-decouvrez-les-mesures-inedites-de-la-qualite-de-l-air-dans-votre-station_5815343.html. Consulté le 31 janvier 2024.

Pollutions atmosphériques, quels seuils retenir ?

Les **seuils d'exposition recommandée sont aussi sujets à débat**, d'autant que pour certains polluants comme les particules fines, il n'existe aucun seuil en deçà duquel les impacts sur la santé humaine sont nuls ¹. Ainsi, au-delà de la baisse constatée pour une grande partie des polluants, le tableau est diamétralement différent selon les indicateurs retenus, puisque les seuils d'exposition maximale recommandée par l'Union européenne (UE) sont systématiquement plus élevés que ceux de l'OMS. Par exemple, la

limite annuelle de l'UE pour les PM₁₀ est fixée à 40 µg par mètre cube, quand l'OMS recommande depuis 2021 de ne pas dépasser 15 µg par mètre cube ². Néanmoins, l'UE a engagé des travaux pour renforcer sa politique de lutte contre les polluants aériens, dans le cadre du *Green Deal* de 2021 : elle prévoit notamment de diviser par deux les seuils d'exposition aux PM_{2,5}, aux PM₁₀ et au dioxyde d'azote, les faisant concorder pour les particules fines aux anciens seuils de l'OMS — soit le double des valeurs OMS révisées en 2021 ³.

GRAPHIQUE 13. Part de la population urbaine de l'UE27 exposée à des polluants atmosphériques selon les seuils retenus (en %)



Source : « Exceedance of Air Quality Standards in Europe », EEA, *op. cit.*

1. DOMINICI Francesca et alii, « Assessing Adverse Health Effects of Long-Term Exposure to Low Levels of Ambient Air Pollution: Phase 1 », Boston : Health Effects Institute, *Research Report*, n° 200, 2019. URL : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7300216/pdf/hei-2019-200.pdf>. Consulté le 31 janvier 2024.

2. « Exceedance of Air Quality Standards in Europe », EEA, 4 avril 2023. URL : <https://www.eea.europa.eu/ims/exceedance-of-air-quality-standards>. Consulté le 31 janvier 2024.

3. « Nouvelles valeurs limites d'exposition aux polluants pour 2030 », *Ecomesure*, 16 novembre 2022. URL : <https://ecomasure.com/fr/actualites/nouvelles-valeurs-limites-d-exposition-aux-polluants-pour-2030>. Consulté le 31 janvier 2024.

tuellement : à défaut de pouvoir amoindrir les sources de polluants, des travaux pour améliorer la ventilation de quelques stations du métro parisien particulièrement polluées ont été engagés en 2024. L'enjeu est d'autant plus important que les changements climatiques augmentent vraisemblablement l'intensité et

la fréquence de certaines sources de pollution (tempêtes de sable, mégafeux de forêt, érosion éolienne, formation d'ozone par temps chaud et sec, etc.)⁹⁶, même si les études sont contradictoires quant aux effets globaux des changements climatiques sur la pollution atmosphérique : certaines analyses anticipent une

96. GOUPIE-SORMANY Isabelle et alii (sous la dir. de), *Environnement et santé publique*, *op. cit.*, p. 569.

augmentation des polluants liée au réchauffement quand d'autres ne permettent pas d'établir une telle corrélation⁹⁷.

Le déploiement de mesures réglementaires contraignantes, déjà amorcé depuis plusieurs années, se heurte d'ores et déjà à des enjeux non moins sensibles de justice sociale lorsqu'elles ne sont doublées de mesures d'accompagnement efficaces (par exemple un réseau de transports en commun dense, uniformément réparti et peu onéreux, voire gratuit). En France, les zones à faibles émissions (ZFE) dans les métropoles les plus polluées sont une illustration parlante de cette tension. En effet, la simple interdiction des véhicules les plus polluants touche avant tout les populations les plus précaires, plus susceptibles de posséder des véhicules anciens sans avoir les ressources suffisantes pour les remplacer. En l'absence d'alternatives viables à large échelle, les futurs durcissements des restrictions de circulation ont été récemment abandonnés à l'exception des cinq métropoles les plus polluées — sous couvert de respect des seuils français, pourtant bien supérieurs aux recommandations OMS —, interrogeant sur la pérennité d'un tel dispositif⁹⁸. Ainsi, la baisse globale de l'exposition à l'ensemble des polluants atmosphériques devrait se prolonger à moyen terme, mais nous devrions connaître des situations contrastées selon les types de polluants, et surtout selon les territoires. Il est probable qu'en 2040 certains environnements comme les cœurs de ville connaissent toujours des niveaux d'exposition supérieurs aux seuils OMS, en raison de sources de pollutions spécifiques (transport routier, chauffage...) ou de caractéristiques sociodé-

mographiques rendant la mise en place de mesures restrictives comme les ZFE plus difficile.

Des polluants qui affectent aussi la santé des écosystèmes

Les différents polluants atmosphériques ont aussi des effets directs sur la santé des écosystèmes — au-delà des gaz à effet de serre, dont la plupart (CO₂, méthane...) ne sont pas associés à des effets directs sur la santé humaine. D'une part, car les effets sur la morbidité et la mortalité observés chez les humains s'appliquent aussi à la plupart des animaux. Mais les polluants ont aussi des effets plus globaux : l'accumulation des particules, tout comme l'ozone, peut amoindrir les capacités de photosynthèse ; les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre favorisent les pluies acides, l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques et le dépérissement des forêts ; les métaux lourds s'accumulent dans les chaînes trophiques, etc.

Une partie de ces polluants joue aussi un **rôle dans l'effet de serre**, soit par effet direct, soit par effet indirect. Par exemple, les composantes organiques des particules fines, en diffusant le rayonnement solaire, présentent un forçage radiatif négatif et refroidissent l'atmosphère ; à l'inverse, les particules issues de la combustion, comme le noir de carbone, participent au réchauffement climatique, notamment lorsqu'elles se déposent sur des étendues glaciaires, bien que leur effet soit amoindri par leur faible durée de vie⁹⁹.

97. BELANGER Diane et alii, *Changements climatiques et santé* [...], op. cit. p. 83-84.

98. MANDARD Stéphane, « ZFE : assouplissement des restrictions de circulation dans les agglomérations où les seuils de pollution ne sont pas dépassés », *Le Monde*, 10 juillet 2023. URL : https://www.lemonde.fr/planete/article/2023/07/10/zfe-le-gouvernement-assouplit-les-restrictions-de-circulation-dans-les-agglomerations-ou-les-seuils-de-pollution-ne-sont-pas-depasses_6181309_3244.html. Consulté le 31 janvier 2024.

99. CITEPA, *Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques [...] Rapport d'inventaire Secten*, op. cit.

La pollution intérieure : un risque oublié

LES CHIFFRES-CLÉS

Alors que nous passons plus de 80 % de notre temps dans des environnements clos, environ 40 % des logements français étaient moyennement à fortement pollués en 2007 (dernières données disponibles).

Les milieux clos ou semi-clos, par nature moins ventilés que les espaces extérieurs, sont propices à l'accumulation de polluants. Ce facteur de risque, souvent peu pris en compte, est majeur dans la mesure où le Français moyen passe près de 80 % de son temps dans des environnements clos (domicile, locaux de travail, transports, écoles...). L'exposition des logements français est mal connue : la dernière étude remonte à 2007 et indiquait qu'au moins 40 % d'entre eux étaient moyennement à fortement pollués¹⁰⁰. Le fardeau sanitaire de l'ensemble des polluants de l'air en espace confiné n'est pas connu en France, du fait de la multiplicité des polluants en jeu et de la difficulté à discriminer les lieux d'exposition (par exemple, pour les particules fines que l'on retrouve aussi bien en espace confiné qu'en air ambiant).

On retrouve ainsi dans les espaces intérieurs l'ensemble des polluants présents dans l'air ambiant, à l'exception de l'ozone, qui s'infiltrant dans les habitations, notamment lorsque celles-ci sont proches d'axes routiers ou d'installations industrielles polluantes. Mais les espaces clos présentent aussi des **sources de pollution anthropique spécifiques**, liées notamment à l'ameublement, au revêtement des murs, à l'utilisation de

produits de consommation, au tabagisme, ou encore à la combustion en foyer ouvert, quoique peu présente en France (2,4 milliards de personnes cuisinent en utilisant des combustibles solides dans des foyers ouverts dans le monde, et 3,2 millions en sont mortes en 2020¹⁰¹).

Ces différentes sources génèrent notamment des **composés organiques volatils** (COV), qui se dispersent rapidement à l'extérieur, mais peuvent au contraire s'accumuler en milieu clos. L'un des plus dangereux est le benzène, que l'on retrouve dans le tabac, l'essence et le trafic routier, le chauffage urbain par le bois, et dans certains intermédiaires de synthèse industriels. Interdit aux États-Unis, le benzène est autorisé en Europe jusqu'à 0,1 % de la masse totale d'un produit, et jusqu'à 1 % pour l'essence. De nombreux autres COV, comme le formaldéhyde ou l'acétone, sont utilisés comme solvants, dégraissants ou dissolvants, et se retrouvent à ce titre dans de nombreux produits de consommation utilisés en intérieur comme les produits d'entretien — la plupart de ces COV sont classés en cancérigènes certains ou probables.

Enfin, la présence de certains polluants est liée aux **activités domestiques** (cuisine, bricolage, ménage, séchage du linge, etc.).

Les **logements insalubres sont concernés par des pollutions spécifiques**, comme les moisissures ou, pour les logements les plus anciens, le plomb, utilisé notamment dans les peintures et canalisations jusqu'au milieu du XX^e siècle¹⁰².

100. OQAI (Observatoire de la qualité de l'air intérieur), *Campagne nationale Logements 1. État de la qualité de l'air intérieur dans les logements français*, CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment), mai 2007. URL : https://www.oqai.fr/media/download/216/1_LOG_CN1_Etat-QAI.pdf. Une nouvelle enquête est en cours, et les premiers résultats devraient être disponibles en 2024, voir le site <https://www.oqai.fr/fr/campagnes/campagne-nationale-logements-2>. Consulté le 22 février 2024.

101. « Pollution de l'air à l'intérieur des habitations », OMS, Focus, 15 décembre 2022. URL : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>. Consulté le 31 janvier 2024.

102. SLAMA Rémy, *Le Mal du dehors* [...], op. cit.

Le radon

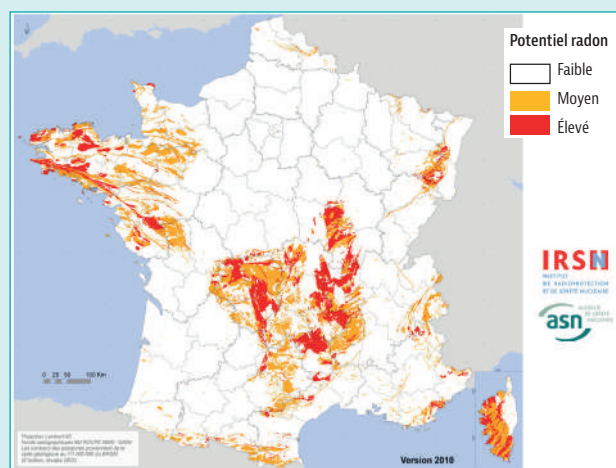
En France, le cancer du poumon est la troisième cause de décès toutes causes confondues et le cancer le plus meurtrier, avec plus de 33 000 décès en 2018. Le tabagisme actif explique 70 % des cas chez les femmes, et 87 % chez les hommes. Mais la deuxième cause de prévalence de ce cancer est un gaz radioactif, inodore et incolore, que l'on retrouve naturellement dans certaines régions de France : le radon, qui serait à l'origine d'environ 5 % à 12 % des cancers du poumon, soit entre 1200 et 2900 cas en France — les proportions sont analogues en Grande-Bretagne ou aux États-Unis ¹. Le radon est associé à un sur-risque de cancer des poumons chez les personnes fumeuses qui, à exposition au radon équivalente, ont un risque de développer un cancer du poumon 20 fois supérieur à une personne non fumeuse.

Le radon est naturellement présent dans les sols français, notamment dans les grands massifs granitiques. La présence de failles géologiques, d'ouvrages souterrains (mines, carrières...), de sources hydrothermales, etc., accroît la probabilité de transport du radon jusqu'à la surface.

Le radon est inoffensif à l'air libre, car il se dilue rapidement dans l'atmosphère. Mais il peut s'accumuler dans les espaces clos — bâtiments, mines, caves, grottes, etc. — particulièrement lorsque l'isolation entre le sol et le bâti est peu performante et que

le lieu est mal aéré. Ainsi, il est possible d'établir une probabilité de présence importante du radon à l'échelle de la commune — appelée potentiel radon —, bien que la concentration réelle puisse grandement varier d'un bâtiment à l'autre en fonction de ces conditions particulières. Le radon constitue la principale source d'exposition naturelle aux rayonnements ionisants. Il n'existe *a priori* pas de seuil en deçà duquel l'exposition au radon est sans danger, même si le temps d'apparition des symptômes, la faible prévalence de ces derniers en population générale, et la difficulté à isoler les sources d'exposition rendent difficile encore la compréhension fine des impacts du radon sur la santé ².

CARTE 9. Carte du potentiel radon des formations géologiques (2010)



Source : « Cartographie du potentiel radon des formations géologiques », IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire), 21 mai 2012. URL : <https://www.irsn.fr/savoir-comprendre/environnement/cartographie-potentiel-radon-formations-geologiques>. Consulté le 31 janvier 2024.

1. « Cancer du poumon », Centre de lutte contre le cancer Léon-Berard, 20 juillet 2023. URL : <https://www.cancer-environnement.fr/fiches/cancers/cancer-du-poumon/>. Consulté le 31 janvier 2024.

2. GOUPILO-SORMANY Isabelle et alii (sous la dir. de), *Environnement et santé publique, op. cit.*, p. 839-847.

Perspectives et réglementations

La pollution de l'air intérieur reste avant tout **une problématique de ventilation des logements** : il est recommandé, dans les locaux sans système de ventilation efficace et régulièrement entretenu, d'aérer quotidiennement les logements au moins 10 minutes, et après chaque activité émettrice. Néanmoins, l'amélioration tendancielle d'isolation des logements induit

une moindre ventilation passive des logements, favorisant les concentrations plus élevées des COV et autres polluants — ce qui rend d'autant plus prégnant l'enjeu de sensibilisation autour de l'aération. D'autant que des températures plus élevées dans les espaces intérieurs favorisent les émissions de COV¹⁰³.

S'attaquer à la source des polluants reste délicat, en raison de la multiplicité des composés et de leurs cas

103. GOUPILO-SORMANY Isabelle et alii (sous la dir. de), *Environnement et santé publique, op. cit.*, p. 592.

d'application respectifs — même si l'exemple du plomb, certes plus simple à appréhender, montre qu'une politique volontariste et ambitieuse peut porter rapidement ses fruits (voir encadré ci-après). Ainsi, l'interdiction partielle du benzène a poussé les industriels à leur substituer les éthers de glycol, dont l'innocuité a été progressivement remise en question par des études successives — aujourd'hui une partie d'entre eux sont classés comme reprotoxiques et leur concentration est limitée à 0,5 % dans les produits de consommation. En dehors du benzène et de ses substituts, les pouvoirs publics européens et français misent, pour les autres COV, sur l'étiquetage obligatoire, plutôt que sur la limitation voire l'interdiction desdites substances. Si ces politiques peuvent produire à bas coût des effets sur la santé des populations, elles n'éliminent pas les substances en jeu, et comportent le risque de pénaliser

les populations les moins sensibilisées — souvent les plus défavorisées en termes socio-économiques¹⁰⁴.

L'épuration de l'air intérieur, par des appareils autonomes ou des plantes, est parfois présentée comme une troisième **voie envisageable en dernier recours**. Cependant, les appareils disponibles n'ont pas tous fait preuve de leur efficacité ni de leur innocuité, pas plus que les plantes en conditions réelles, bien différentes des expérimentations de laboratoire¹⁰⁵.

Les enjeux sont d'autant plus forts que, malgré des volontés réaffirmées dans les années 1980, **la France ne dispose pas de politique de l'air intérieur coordonnée et uniforme**, les efforts prenant plutôt la forme de mesures disparates (voir tableau 3).

TABEAU 3. Principaux types d'actions publiques et exemples en matière d'air intérieur

APPROCHES	INSTRUMENTS D'ACTION PUBLIQUE			
	CONTRAINANTS	INCITATIFS	GUIDAGE PAR L'INFORMATION ET LA CONNAISSANCE	ORGANISATION
Par lieu ou gestionnaire d'espaces (services et lieux publics, logements, bureaux)	Interdictions d'usage dans les lieux publics (tabac). Normes (ventilation, construction, bâtiments). Surveillance obligatoire.	Aides à la rénovation sous condition.	Guides et brochures (pour habitants, bailleurs, gestionnaires). Certificats (bâtiments). Campagnes de mesure (capteurs).	Services d'intervention, inspections sanitaires, conseillers en environnement intérieur. Enquêtes statistiques.
Par substance ou source de pollution	Seuils et valeurs réglementaires, valeurs limites d'exposition.	–	Valeurs guides sanitaires ou de gestion.	Plans et programmes d'action.
Par produit	Normes par produits de consommation.	Politique d'achats publics orientée vers la réduction des sources polluantes.	Étiquetage, labellisation (décoration, ameublement). Formation des professionnels et artisans.	Mise en place ou recommandation aux agences publiques techniques (bâtiment, matériaux).

Source : tiré de GOUPILO-SORMANY Isabelle et alii (sous la dir. de), *Environnement et santé publique*, op. cit., p. 590.

¹⁰⁴. SLAMA Rémy, *Le Mal du dehors* [...], op. cit.

¹⁰⁵. GOUPILO-SORMANY Isabelle et alii (sous la dir. de), *Environnement et santé publique*, op. cit., p. 587-588.

Le plomb, un exemple de politique sanitaire volontariste et efficace

Plusieurs polluants ont fait l'objet d'une action publique ambitieuse ayant produit des effets positifs sur la santé publique, comme l'amiante ou le plomb.

Le saturnisme est une intoxication au plomb, aux effets particulièrement nocifs et directs chez l'enfant, ainsi que chez la femme enceinte et son bébé (retard de croissance, retard mental, impact sur la moelle osseuse et les reins). Il est l'un des nombreux effets nocifs du plomb, l'un des plus anciens polluants utilisés, sur la santé humaine. En France, en 1996, 85 000 enfants de moins de six ans étaient concernés par une intoxication par le plomb. Récemment, l'incendie de Notre-Dame en 2019 et la dispersion du plomb de sa couverture ont conduit à des analyses poussées sur l'exposition des enfants à proximité.

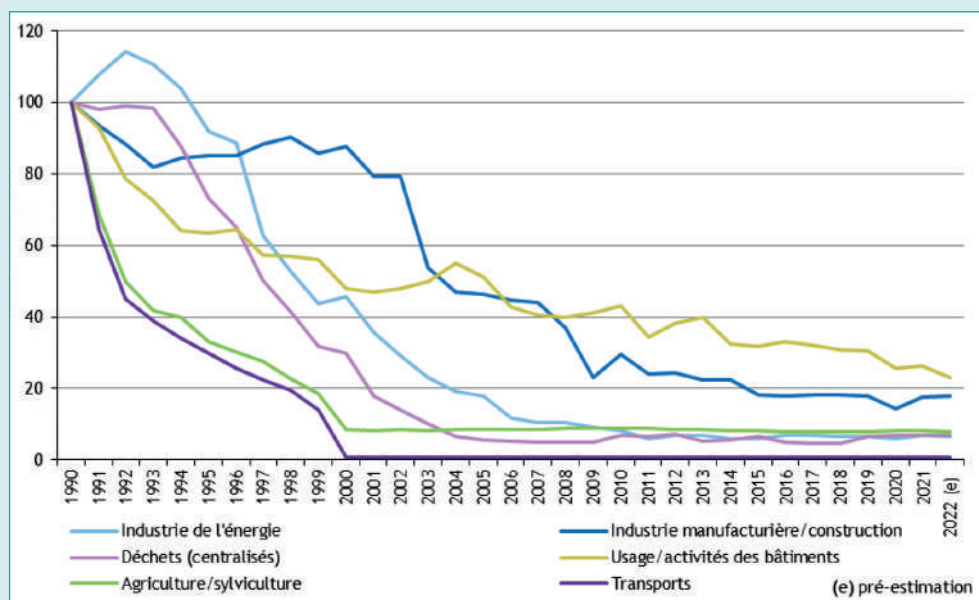
Alors que le plomb était massivement utilisé au moins jusqu'à la seconde moitié du XX^e siècle (peintures, canalisations, essence, etc.), les mesures pour lutter contre l'exposition au plomb (traitement des eaux, contrôle des émissions, etc.) ont permis une diminution majeure

de la prévalence du saturnisme. Selon l'enquête nationale de prévalence du saturnisme infantile en France menée par l'Institut de veille sanitaire (InVS) en 2008-2009, le nombre d'enfants âgés d'un à six ans ayant une concentration en plomb dans le sang supérieure à 100 µg/l a été divisé par 20 depuis 1995-1996. La prévalence du saturnisme infantile est estimée à 0,1 % en 2008-2009 (contre 2,1 % en 1995-1996). Cette diminution peut être attribuée notamment à la mise en œuvre de l'ensemble des mesures prises pour limiter l'exposition au plomb de la population.

En 2018, 720 cas de saturnisme ont été enregistrés, notamment en Île-de-France, en Guyane, et pour les facteurs résiduels, parmi les personnes fréquentant des stands de tir¹.

Ces progrès sensibles s'expliquent néanmoins en grande partie par le caractère unifactoriel du saturnisme, qui facilite grandement la compréhension du problème et la prise de mesures ciblées et efficaces, avec une part d'incertitude très faible.

GRAPHIQUE 14. Évolution des émissions dans l'air de plomb en France métropolitaine (1990-2019) (base 100 en 1990)



Source : CITEPA, Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques [...] Rapport d'inventaire Secten, op. cit., p. 260.

1. « Saturnisme », ministère du Travail, de la Santé et des Solidarités, 3 mars 2022. URL : <https://sante.gouv.fr/sante-et-environnement/batiments/article/saturnisme> ; et « Intoxications par le plomb chez les enfants de moins de 18 ans en lien avec la fréquentation de stands de tir entre 2015 et 2018 », Santé publique France, 1^{er} juin 2021. URL : <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2021/intoxications-par-le-plomb-chez-les-enfants-de-moins-de-18-ans-en-lien-avec-la-frequentation-de-stands-de-tir-entre-2015-et-2018>. Consultés le 31 janvier 2024.

SCÉNARIO-FICTION #3.

La massification du monitoring et de l'information aux citoyens

D'ici 2040, les **outils de suivi des milieux ambiants** se sont largement généralisés dans notre quotidien. Ainsi, des capteurs de la qualité de l'air sont disponibles pour quelques dizaines d'euros (contre plusieurs centaines en 2024). Ils mesurent en temps réel la concentration de particules fines, de CO₂, les COV, le radon, les pollens..., sont connectés et consultables via des applications dédiées sur *smartphone*. Les organisations et les particuliers s'équipent fortement. Il en résulte une **connaissance beaucoup plus significative des niveaux d'exposition**, notamment dans les locaux publics, professionnels et les lieux d'habitation.

Les cartes de la qualité de l'air (concentration des polluants) rue par rue, pour les lieux publics (gares, métros...) dans les métropoles, sont accessibles en *open source*. Les utilisateurs sont invités à alimenter les données de cette carte en renseignant les données qu'ils recueillent, encourageant tant les initiatives parfois spontanées ou initiées par des citoyens plus informés, que les campagnes de dénonciation civile.

Par ailleurs, **l'information disponible et accessible en ligne sur les composants des produits de consommation courante** (cosmétique, alimentation, emballages...) progresse continûment, notamment sur l'ensemble des perturbateurs endocriniens. Les consommateurs, informés (modèle du Nutriscore étendu à d'autres champs, applications de type Yuka qui ont été institutionnalisées sous l'égide des pouvoirs publics...), se trouvent constamment en situation d'arbitrage économique sur leurs choix. Aux inégalités socio-économiques historiques se superposent désormais des différences majeures d'acculturation, de capacité et de volonté à manier des informations de nature diverse.

Par ailleurs, les **outils rapides d'analyse des fluides (sang, urine, qualité du sperme...)** émergent à la fin des années 2020 — mesures immédiates dont biomarqueurs chez un professionnel de santé (exemple : officines) à partir d'une goutte de sang — et sont progressivement accessibles au grand public par l'intermédiaire des professionnels de santé (sans préjuger de l'accès direct à plus long terme). Conjointes au développement des outils de mesure personnels (constantes physiologiques...), ces évolutions conduisent au développement de l'autodiagnostic des patients, dont une minorité pourrait chercher à s'émanciper de plus en plus du corps médical et de ses avis.

Cette transition, d'abord impulsée par des initiatives privées, des collectifs, et des comportements individuels, a par la suite été **reprise à des degrés divers par les différents gouvernements**. Dès le début de la décennie 2030, l'UE a ainsi largement réglementé sur la transparence des données, en définissant d'abord des *standards* et des normes, puis des obligations pour les organisations publiques et privées de communiquer sur les impacts sur la santé humaine de leurs activités.

Ce volontarisme réglementaire s'est par exemple traduit par la mise en demeure de la RATP de réduire le niveau de concentration de polluants dans le métro, avec des particules fines mesurées à une concentration 10 à 30 fois plus élevée que dans les rues, et de 4 à 10 fois le niveau des normes UE ou OMS.

Cette meilleure connaissance a généré des **modifications de comportements, mais aussi des équipements** : dans les grandes villes par exemple, des « zones refuges » ont été définies, où la qualité de l'air est constamment surveillée et régulée, offrant des oasis de respiration.

Les individus deviennent donc **plus informés et sont plus sensibilisés aux risques sanitaires**, via des outils numériques et de *monitoring*. Cependant, cette surabondance d'informations dans un monde de plus en plus connecté peut générer de l'anxiété, notamment chez les plus jeunes ; le *monitoring* permanent peut, chez certains individus, entraîner une crainte de l'incontrôlé et une aversion à l'aléa et au risque. Des pans de la population s'éloignent ainsi de ces dispositifs de suivi, sortant de ce fait des principaux outils de prévention et de suivi de la santé publique.

Quels sont les phénomènes qui peuvent contribuer à cette situation ?

- **L'essor de technologies convergentes** : *big data* et intelligence artificielle, biotechnologies plus abordables et miniaturisées, multiplication des objets connectés en 5G puis 6G...
- **Les attentes des populations souhaitant plus d'informations** sur la qualité de leur environnement et les impacts sur leur santé, sur la base de ce qui existe déjà pour

la qualité de l'eau, strictement suivie, ou plus récemment pour la qualité de l'air avec l'essor des capteurs de CO₂.

- **L'appropriation des tests d'autodiagnostic et de santé personnalisée**, plus forte depuis la crise Covid, tout comme **l'acceptabilité des usages numériques** des appareils de mesure et de surveillance dans la vie quotidienne.
- **Le réflexe réglementaire de disposer d'outils de suivi et de surveillance**, observé lors de la crise sanitaire, qui pourrait être encouragé à l'avenir par les crises sanitaires et la dégradation des écosystèmes.
- **Sur le plan des assurances, l'approche de plus en plus individuelle du risque** pourrait être une réponse face à la montée des enjeux sanitaires et environnementaux, et une manière de juguler l'augmentation des coûts pour une partie de la population.

Quels sont les phénomènes qui vont dans le sens inverse ?

- Les approches individuelles, de plus en plus structurantes, pourraient rapidement conduire à un **abandon des solutions technologiques collaboratives** (« je participe à l'apport collectif que si cela m'apporte individuellement »). Ce risque est renforcé par une **distance voire une méfiance** naturelle de la part d'une partie de la population envers les outils de santé numérique — en témoigne la sociologie de la patientèle en télémedecine, en moyenne plus jeune (les 15-44 ans représentant 45 % des téléconsultations contre 29 % des consultations), plus urbaine et moins précaire que la moyenne¹⁰⁶.
- **La question de la fiabilité** potentiellement hétérogène des outils d'autodiagnostic librement disponibles sur le marché, de leur gouvernance, ainsi que **l'enjeu éthique de la traçabilité et le partage des données** peuvent tout autant être rédhibitoires. D'autant que les intérêts économiques promis par ces outils pourraient entraîner des communications biaisées et intéressées de la part de certains *lobbies*.

- La **revendication d'un « droit à l'insouciance »** de la part de pans de la population n'estimant pas ces enjeux prioritaires et / ou étant démunis face à une forme de saturation de l'information pesant sur la charge mentale des individus.
- La **mise à disposition de nombreuses données ne présage pas de l'interprétation qui pourra en être faite** : sans formation adéquate, celles-ci pourront générer, dans la population générale, autant de faux négatifs (ignorance d'enjeux majeurs) que de faux positifs (surréactions, psychoses collectives...).
- **Les difficultés techniques** pour mettre en place un environnement robuste, standardisé, et interopérable pourraient ralentir sa mise en œuvre.

Enjeux et pistes de réponse

- Construire la prévention, le suivi et l'accompagnement principalement sur des outils numériques, sans réfléchir aux moyens d'atteindre les différents publics, renforcerait inévitablement les inégalités de rapport en santé : les personnes investies dans leur capital santé en tireraient pleinement parti ; les alternatifs se verraient confortés dans leurs pratiques d'autodiagnostic ; les éloignés seraient, dans un système de santé fondé sur la remontée d'informations, en dehors du champ de visibilité et d'action de la santé publique.
- La surabondance de dispositifs de suivi ne dispense pas d'une **réflexion sur l'importance à accorder à l'éducation à la santé et de la juste information à transmettre** : comment gérer la surabondance d'informations, les difficultés d'interprétation, le ciblage des messages aux publics cibles (les messages de santé publique touchant plus facilement les publics déjà sensibilisés) et la capacité de ces derniers à transformer les comportements (la mention « fumer tue » n'empêchant pas les personnes de fumer). Sans réponse appropriée, et sans approche visant les ressorts psychologiques et cognitifs, ces dispositifs ne feront que renforcer les inégalités de rapport à la santé.

106. KAMIONKA Julie et BERGEAT Maxime, « Sept téléconsultations de médecine générale sur dix concernent des patients des grands pôles urbains en 2021 », *Études et résultats*, n° 1 249, décembre 2022, DREES. URL : <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/2022-12/ER1249.pdf>. Consulté le 31 janvier 2024.

- La quantité d'informations générées par la généralisation des dispositifs crée des enjeux majeurs de **confidentialité, de protection des données comme de**

fiabilité, de qualité et de transparence, nécessitant des réponses en matière tant de cybersécurité que de régulation et de gouvernance des acteurs de ces outils.



Image créée avec ChatGPT à partir du récit du scénario.

EN SYNTHÈSE

À quel monde se préparer à l'horizon 2040 ?

Quelles sont les principales inerties, les phénomènes émergents les incertitudes majeures à prendre en compte pour se préparer au monde de demain ?

On l'a vu, selon les types de polluants, les territoires et les populations considérés, les trajectoires à l'horizon 2040 des facteurs de risques sanitaires liés à l'environnement sont contrastées. Nous indiquons cependant les évolutions transversales les plus vraisemblables.

Pour les risques socio-environnementaux globaux

Pandémies

- Il est probable que le monde connaisse d'ici à 2040 une nouvelle pandémie, soit d'origine zoonotique, soit en lien avec la fonte du *permafrost* (risque moins probable mais potentiellement plus conséquent).
- S'il est impossible de déterminer la date de survenue d'une telle pandémie, sa nature ou sa sévérité, il est essentiel de s'y préparer.

Progression de pathologies

- Extension tendancielle voire inexorable à l'ensemble du territoire métropolitain de la présence d'animaux vecteurs de maladies (moustiques, tiques...).
- Hypothèse tendancielle : de nouvelles maladies, notamment à arbovirus, deviendront endémiques à l'horizon 2040, voire dès 2030 pour la dengue.
- Progression des allergies, dont des allergies invalidantes (asthme, eczéma...).
- Hypothèse tendancielle : la moitié de la population mondiale allergique à l'horizon 2050 (OMS).

Antibiorésistance

- La progression de l'antibiorésistance est une tendance mondiale. La France, grande consommatrice d'antibiotiques malgré des améliorations, est particulièrement concernée.
- Hypothèse tendancielle de 10 millions de morts par an liés aux désordres créés par l'antibiorésistance en 2050 (OMS), si rien n'est fait – soit un ordre de grandeur de 50 000 décès annuels en France.
- Le moindre recours aux antibiotiques pour les soins humains et animaux, tout comme la découverte de nouvelles classes d'antibiotiques (recherche active sur ce sujet) pourraient infléchir cette croissance.

Impacts des changements climatiques

- Une progression inéluctable des événements climatiques extrêmes avec des impacts santé directs (hausse de la mortalité notamment des *seniors*), indirects (situations de débordement du système de santé ou d'hébergement) et à effet retard (santé mentale notamment).
- Les changements climatiques sont associés à des bouleversements des écosystèmes pouvant avoir des conséquences majeures mais non quantifiables sur la santé (impacts sur l'alimentation, l'accès à une eau potable de qualité, etc.).
- L'ampleur de la progression des enjeux de santé mentale en lien avec les changements climatiques est plus incertaine.
- De même, si le réchauffement climatique est inéluctable à l'horizon 2040, les capacités d'adaptation des acteurs, populations et du système de santé seront un levier majeur d'atténuation de ses impacts sur la santé humaine.

Pour les risques à effet indirect ou cocktail

- Une omniprésence des produits chimiques (pesticides, perturbateurs endocriniens, PFAS...) dans les modes de vie et les environnements, dont les alternatives saines pour la santé globale et viables économiquement sont pour certains secteurs technologiquement difficiles à trouver.
- Une amélioration des connaissances sur les impacts sur la santé de l'exposition pendant une longue durée à de faibles doses de multiples polluants. Ces progrès seront néanmoins insuffisants pour comprendre l'ensemble des interactions entre molécules, du fait du nombre de combinaisons possibles (environ 100 000 molécules synthétisées par le génie chimique à ce jour) et de la complexité des effets cocktail en découlant.
- Une incertitude majeure quant à la capacité de l'Union européenne et de la France à mettre en place des réglementations efficaces pour réduire l'exposition des populations à l'ensemble des produits chimiques. L'hypothèse la plus probable est que les nouvelles réglementations soient relativement souples, avec de nombreuses exceptions, permettant une amélioration modérée et contrastée (selon les territoires, les populations et les polluants) du fardeau sanitaire.
- Même en cas de réglementation stricte, un fardeau sanitaire des polluants chimiques qui sera toujours fort à l'horizon 2040, du fait de la latence entre l'exposition et les effets sur la santé, et de la persistance de certains polluants dans l'environnement — concernant les pesticides, pour la plupart non persistants, les impacts sur la santé d'une réglementation stricte seraient perceptibles à plus court terme.
- Une plus grande sensibilité d'une partie de la population aux enjeux liés à ces expositions, parallèlement à une montée en puissance des outils de mesure et d'information individuels et collectifs, y compris pour des facteurs de risque dont l'expo-

sition a diminué (exemple des résidus de pesticide ou de l'eau potable).

Pour les risques à effet direct

- La diminution tendancielle de l'exposition aux principaux polluants de l'air ambiant (particules fines, dioxydes d'azote et de soufre) et du fardeau sanitaire associé, dont l'ampleur sera fonction des efforts consentis en termes de transport (hausse des mobilités douces et / ou collective, électrification du parc automobile), de chauffage et d'énergie, et de procédés industriels (par exemple sur l'incinération des déchets). À court terme, la trajectoire actuelle est compatible avec les objectifs européens à 2030.
- Les émissions de la plupart des métaux lourds identifiés comme ayant un impact sur la santé humaine (cadmium, arsenic, plomb, chrome, mercure, nickel, zinc...) ont elles aussi baissé drastiquement depuis les années 1990. Seules les émissions de cuivre, stables depuis 30 ans, se maintiendront dans une trajectoire tendancielle (car associées aux transports et difficilement substituables : usure des pneus, des plaquettes de frein, abrasion des routes et des caténaires...).
- L'évolution de l'exposition aux COV et à l'ozone est et demeurera plus contrastée, avec une tendance connue aux développements de pics d'ozone dans les périodes de hautes pressions, et de canicule pour les agglomérations,
- À l'horizon 2040, une incertitude sur la capacité à diminuer les parts résiduelles de certains polluants atmosphériques dans certains environnements, notamment en milieu urbain, du fait de l'absence, aujourd'hui, de technologies susceptibles d'éliminer certaines sources de pollution (par exemple les particules fines liés à l'usure des pneus).
- Les changements climatiques à l'œuvre pourraient par ailleurs augmenter les expositions ponctuelles et localisées aux particules fines (incendies et mégafeux, érosion, particules venues du Sahara...).
- La diminution des sources de polluants de l'air

intérieur restera délicate du fait de la multiplicité des composés en jeu. Il sera néanmoins possible de réduire l'exposition à ces polluants par des efforts majeurs en termes de prévention et de modification des comportements, principalement autour de l'enjeu de la ventilation des espaces confinés et des logements.

Des expositions et des impacts santé très inégaux selon les territoires et les populations

Ces différentes évolutions, tendanciellées ou non, s'incarneront différemment selon les territoires et les populations, qui connaîtront ainsi des trajectoires différenciées selon au moins trois gradients :

- Une hétérogénéité des risques. La multiplicité des facteurs de risques environnementaux donnera lieu à des juxtapositions de risques très différentes selon les territoires : événements climatiques localisés (inondations, tempêtes), présence plus ou moins forte d'espèces vectrices de maladies, pollutions atmosphériques en milieu urbain, sols et milieux aquatiques pollués par des contaminants chimiques persistants (exemple actuel des PFAS en région lyonnaise). La combinaison des facteurs de risques contribuera à ce que certains environnements locaux, certains territoires, soient perçus comme de plus en plus menaçants voire hostiles (appréhension à se promener dans une forêt infestée de tiques et / ou de moustiques *Aedes* par exemple).
- Une hétérogénéité d'expositions et d'impacts de ces risques sur la santé humaine. L'exposition à un risque identique a des impacts radicalement différents selon les caractéristiques sociodémographiques de la population (population âgée ou non), selon l'organisation spatiale de celle-ci (concentration ou dispersion de l'habitat, adaptation des villes et des logements aux conditions climatiques extrêmes...), ou selon sa dépendance à certaines activités économiques favorisant l'exposition aux risques (travail physique en extérieur, exposition des travailleurs à des sources de pollution spécifiques...).
- Une hétérogénéité de capacités de protection et d'atténuation individuelles et collectives. L'organisation et la structuration des acteurs de la santé et des acteurs relais (territoires, entreprises, acteurs associatifs, communauté...) modulent l'accès aux soins des individus. Dans un contexte dégradé, où la santé et les réseaux de solidarité pourraient demain davantage s'organiser à l'échelle des communautés, la qualité des liens sociaux sur le territoire sera un levier essentiel de la santé des populations.

MÉ MORANDUM

Dans quelle société évoluerons-nous demain ?

Les évolutions décrites en matière de santé environnement s'inscrivent dans un cadre plus global,

et se combinent à des besoins de santé globaux et des tensions sur l'offre de santé ¹.

Démographie et répartition de la population

- Le vieillissement de la population française est avant tout lié à la croissance inédite du grand âge (tranche d'âge « 75 ans ou plus »), qui sera très forte jusqu'à 2030, puis plus modérée par la suite.
- La concentration des populations autour des métropoles et le développement de ces dernières se prolongeront : regroupant 39 % de la population et 43 % des emplois, ce sont les aires ayant connu la plus forte croissance démographique entre 2007 et 2017. Malgré les effets d'annonce post-Covid, il n'y a pas de signaux laissant croire, au-delà de l'extension de leur aire d'influence liée au développement du télétravail, à un renversement de la dynamique à moyen terme.
- Les migrations internationales sont en forte augmentation depuis 15 ans du fait de facteurs multiples, amenés à fortement s'aggraver dans les prochaines décennies (effets du réchauffement climatique, dégradation de l'environnement sécuritaire et persécutions, pressions démographiques et économiques...).

Modes de vie, individualisation et recentrage sur le foyer

- Poursuite du mouvement d'individualisation observé en Europe depuis au moins les années 1980 (attentes de personnalisation, importance donnée aux trajectoires personnelles et à l'autonomie des individus...), renforcé par les nouveaux outils numériques.
- Les outils numériques contribuent à faire revenir au foyer des activités : loisirs, consommation, sociabilités, emplois télétravaillables (40 % des professions)..., avec des logiques très inégales selon les aspirations et les moyens de chacun.

Tensions socio-économiques et attentes de protection

- Les tensions socio-économiques vont perdurer voire croître à court-moyen terme, du fait de la combinaison de nombreux facteurs de ralentissement de la croissance économique : pénuries de main-d'œuvre, contexte inflationniste, perturbations économiques dans des pays clés (Chine, Allemagne...), effets du changement climatique, contexte d'endettement des États.
- Ce contexte dégradé aura des incidences majeures pour la population (précarisation, isolement...), dans un contexte d'accélération des transitions. Les individus exprimeront en conséquence des besoins d'accompagnement et de protection considérables, auxquels il sera difficile de répondre en totalité.

Suite encadré ➤

Une forte hausse des besoins de santé d'ici 2040

- Une croissance tendancielle des besoins de soins avec prise en charge de l'ordre de 30 % à 40 % à l'horizon 2040, liée au vieillissement, à la chronicisation des maladies, aux effets comportementaux (modes de vie) et aux facteurs de risques environnementaux.
- L'entrée dans la société de la longévité avec une très forte progression des besoins liés à la dépendance à partir de 2030 (un tiers de personnes supplémentaires en perte d'autonomie d'ici à 2035).
- Le renforcement des facteurs de dégradation de la santé mentale, notamment des situations de détresse psychologique : âge, risques, inégalités, contexte mondial contraint et incertain...
- Une persistance des situations d'addiction, qui évoluent parmi les jeunes générations (baisse de la consommation de tabac et d'alcool chez les moins de 25 ans, mais développement de nouvelles addictions : jeux en ligne, drogues de synthèse, etc.).
- Des inégalités d'état de santé, d'accès à la santé et de rapport à la santé, déjà très élevées à l'échelle des pays de l'OCDE, vont perdurer voire se renforcer.
- Une fracture numérique persistante malgré un accès généralisé aux technologies de communication.
- Des insuffisances et une faible efficacité des dispositifs de prévention en santé (au-delà de la santé environnement).
- Une France structurellement peu performante en termes de santé au travail, avec de nouveaux enjeux et risques (notamment « séniorisation » des actifs, précarisation des travailleurs de l'économie de plate-forme).
- De considérables progrès potentiels dans le diagnostic, le suivi et le traitement des pathologies à l'horizon 2040, qui pourront faire baisser très fortement le fardeau sanitaire de certaines pathologies (certains cancers ou diabète, par exemple).

Une offre et des professionnels de santé sous contraintes

- Le temps médical disponible (médecins, pharmaciens et personnels médicosociaux) diminuera tendanciuellement jusqu'au milieu de la décennie 2030 de l'ordre de 20 %, confrontant le système de santé français à un effet ciseau majeur (hausse des besoins de soins).
- Les dispositifs engagés en réponse (virage ambulatoire, hospitalisations à domicile, forfaitisation des parcours...) sont nécessaires mais insuffisants pour répondre aux enjeux des 15 prochaines années.
- En conséquence, la place de l'hôpital, son articulation avec la médecine de ville, et plus largement l'orientation des dépenses publiques vers le soin et les niveaux de prise en charge sont amenés à être réinterrogés.

1. Analyses tirées du volet *Prospective santé 2040. Transformations, messages-clés, enjeux et scénarios*, du forum prospectif Santé 2040.

PARTIE II.

Que faire ? Comment agir dans une société des risques ?



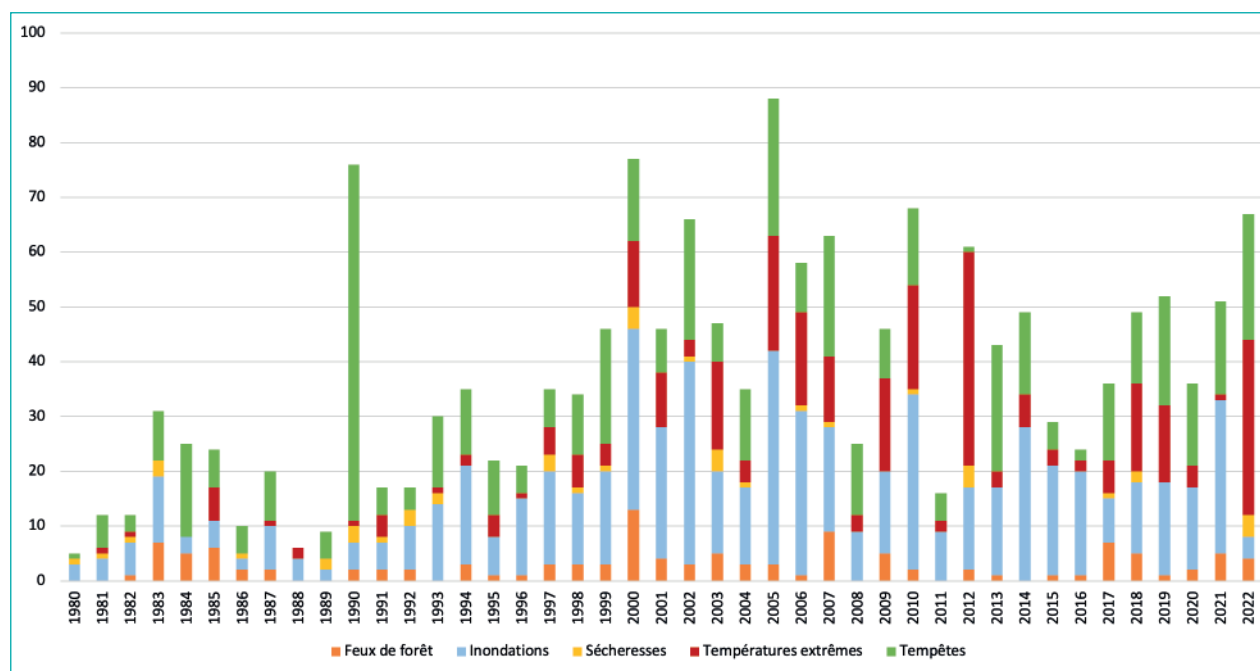
Le basculement dans la société des risques sanitaires

2025-2040 : des urgences et des besoins sanitaires plus nombreux

Entre 2000 et 2019, l'Europe a subi quasiment deux fois plus de catastrophes naturelles (inondations, tempêtes, températures extrêmes, feux de forêt et sécheresses) que pendant les 20 précédentes années¹¹¹. Une partie d'entre elles (canicules, feux de forêt, sécheresses), au-delà de leur fréquence, sont devenues plus intenses et se sont étendues à des territoires jusqu'à présent épargnés par ces aléas.

À l'avenir, chaque dixième de degré de réchauffement supplémentaire augmentera de manière non linéaire le risque de catastrophes plus intenses et plus nombreuses, comme le démontrent les modélisations du GIEC (voir partie I). L'accélération des dégradations climatiques ces dernières années est telle qu'elle a poussé certains assureurs à se désengager de certains risques territorialisés, comme les assurances habitation en

GRAPHIQUE 15. Catastrophes naturelles (inondations, tempêtes, températures extrêmes, feux de forêt et sécheresses) en Europe entre 1980 et 2022



Champ : ensemble des pays européens (dont Russie). Les données anciennes (antérieures à 2000) sont sujettes à des biais de relevé.

Un même événement peut être comptabilisé une fois par pays affecté.

Source : données issues de The International Disasters Database (EM-DAT). Traitement Futuribles.

111. Données issues de *The International Disasters Database (EM-DAT)*. URL : <https://public.emdat.be/>. Consulté le 31 janvier 2024.

Danger, risque, prévention : de quoi parle-t-on ?

La différence entre danger et risque est essentielle — pourtant, les deux termes sont parfois utilisés indistinctement. Le danger est « une propriété pathogène [...], une éventualité, une capacité de créer un dommage », quand le risque est la probabilité de réalisation dudit dommage

lié à l'exposition, volontaire ou non, au danger. Le risque est à la fois appréhendable de manière objective (la fréquence statistique d'occurrence) et subjective (la perception par les individus et les sociétés du risque, son caractère redoutable)¹.

1. DAB William, *Santé et environnement*, op. cit., p. 44.

Californie – des simulations suggèrent une hausse de 130 % à 200 % des primes d'assurance entre 2020 et 2050 dans le cas d'un réchauffement compris entre 1,4 °C et 2,6 °C, questionnant de plus en plus sur l'assurabilité du monde de demain¹¹².

Nous entrons progressivement dans un monde où **les questions de santé environnementale et de risques sanitaires vont se manifester de plus en plus sous forme de ruptures, de catastrophes, de situations d'urgence**, voire, en cas de débordement des capacités de réponse, de crises. Ces évolutions requièrent de la part de l'ensemble des acteurs impliqués — système de santé, sécurité civile, Services départementaux d'incendie et de secours (SDIS), associations et société civile — une grande réactivité, et donc une meilleure coordination.

Pour le système de soins français, cela se traduira par des **besoins de santé accentués, à la fois aigus et chroniques** :

- Les **maladies chroniques non transmissibles** : maladies respiratoires, cardio-vasculaires, diabète, can-

cers..., qui feront fortement croître à l'horizon 2040 les besoins de santé — de l'ordre de 30 %, additionnés aux facteurs non environnementaux d'évolution de ces pathologies.

- Les **maladies infectieuses vectorielles et le risque pandémique**, qui nécessiteront des infrastructures et des compétences adaptées à ces nouvelles pathologies, tout en faisant peser le risque d'une augmentation très forte des besoins de santé spécifiques en cas de situation épidémique localisée ou généralisée.
- La **santé mentale et les situations de détresse psychologique** (stress, anxiété, dépression...), en lien avec les dégradations globales des écosystèmes, ou des situations persistantes à la suite d'une catastrophe naturelle subie, pour lesquelles de nouvelles solutions seront à créer.
- Des **besoins liés à des événements climatiques extrêmes**, susceptibles par leur fréquence et leur intensité de désorganiser le fonctionnement du système de santé — et *a fortiori* de la société.

Se préparer à agir dans des conditions structurellement dégradées

Les acteurs de la santé en France devront affronter ces nouveaux enjeux dans un contexte difficile. Dans les 15 prochaines années, les conditions d'exercice des métiers de la santé vont continuer à se dégrader¹¹³, ce

qui générera des **situations d'arbitrage, c'est-à-dire de renoncement**. Il sera ainsi extrêmement complexe de répondre pleinement et simultanément à l'ensemble des besoins et des risques liés au vieillissement de la

112. Voir parmi les nombreuses publications sur le sujet : SINONVIRGULE, *Peut-on assurer un monde qui s'effondre ? Proposition de réflexion sur les collisions entre le secteur de l'assurance et l'Anthropocène*, Paris : Sinonvirgule, 2023. URL : [https://www.caissedesdepots.fr/sites/default/files/2023-03/Livre blanc _Peut-on assurer un monde qui s'effondre _réduit.pdf](https://www.caissedesdepots.fr/sites/default/files/2023-03/Livre%20blanc_Peut-on%20assurer%20un%20monde%20qui%20s'effondre_r%C3%A9duit.pdf) ; ANDRÉ Gilles et MARTEAU Romain, *Changement climatique & assurance. Quelles conséquences sur la sinistralité à horizon 2050 ?*, Covéa, Livre blanc, 2022. URL : https://www.covea.com/sites/default/files/2022-02/202202_Livre_Blanc_Cov%C3%A9a_Risques_Climatiques.pdf ; ou CNP Assurances, « Risques émergents à horizon 2035. Aux frontières de l'assurabilité », *Cahier de la prospective*, no 2, juillet 2022. URL : <https://www.cnp.fr/cnp/content/download/10556/file/Cahier-de-la-Pro prospective-FR-juillet-2022.pdf>. Consultés le 31 janvier 2024.

113. Voir le rapport *Scénarios et visions santé 2040* du forum prospectif Santé 2040.

Comment se préparer aux futures pandémies ?

Le risque pandémique est considéré par l'Organisation des Nations unies (ONU) comme « un des défis mondiaux les plus pressants de notre époque ¹ », qui par nature appelle à des solutions globales. Derrière les annonces, la pandémie de Covid-19 a montré l'ampleur des inégalités à l'échelle mondiale, pourtant délétères pour la santé de tous : au 30 avril 2023, 27 % de la population des pays à faible revenu étaient complètement vaccinés, contre les trois quarts dans les économies à revenu élevé ². Cette situation a largement contribué à une mortalité de la pandémie plus élevée et à l'apparition de nouveaux variants dans des pays « réservoirs ».

Plusieurs pistes ont été esquissées par l'ONU dans une déclaration politique non contraignante de septembre 2023 ³. La mise au point d'une réelle solidarité d'accès aux traitements curatifs et préventifs (dont les vaccins) s'étant heurtée, dans les faits, aux priorités nationales des pays riches, il est essentiel de déroger au droit de la

propriété intellectuelle pour opérer de vastes transferts de technologies et de capacités de production de traitements préventifs et curatifs — avec, à l'inverse de ce qu'on a pu observer en 2020, de réels mécanismes d'application contraignants pour les pays occidentaux. Ce qui induit un changement radical dans l'ordre des priorités entre les intérêts des laboratoires (et donc leur modèle économique) et les enjeux de santé publique mondiale.

Il est tout autant important de mettre en place de véritables pratiques de partage de données épidémiologiques et de réseau de surveillance à l'échelle mondiale. Si l'appel de l'ONU peut paraître louable et évident, c'est dans les faits l'inverse que l'on a pu observer lors de la pandémie de Covid-19 : par exemple, lorsque l'Afrique du Sud, après avoir partagé le séquençage d'un variant dont on ignorait alors la répartition géographique, s'est vu imposer des restrictions de déplacement de la part d'autres pays.

1. « Face aux pandémies, les États membres s'engagent à une meilleure coordination et à garantir un accès équitable aux traitements », ONU, 78^e session, Réunion de haut niveau sur la prévention, la préparation et la riposte face aux pandémies, 20 septembre 2023. URL : <https://press.un.org/fr/2023/ag12533.doc.htm>. Consulté le 13 mars 2024.

2. « Déclaration politique de la réunion de haut niveau de l'Assemblée générale sur la prévention, la préparation et la riposte face aux pandémies », ONU, 78^e session, 25 septembre 2023. URL : <https://documents.un.org/doc/undoc/ltd/n23/272/37/pdf/n2327237.pdf?token=WwwWH9pX0c-QboUMuef&fe=true>. Consulté le 13 mars 2024.

3. *Ibidem*.

population, au système de retraite, aux besoins de santé, à l'environnement et aux risques environnementaux, sans opérer de changement structurel, et **certains de ces risques deviendront en partie inassurables** par la société. D'ores et déjà, la croissance mondiale des maladies chroniques déjà pointée par l'OMS et l'augmentation annuelle des dépenses de santé en lien avec l'environnement posent la question de la durabilité des systèmes de protection sociale.

Concernant le système de santé, ces évolutions auront un **impact sur les capacités à répondre à l'ensemble des besoins de santé de la population**, et pourront obérer la qualité et la disponibilité des soins accessibles rapidement et localement. Elles auront tout autant

des **impacts directs sur les professionnels de santé**, déjà soumis pour une partie d'entre eux à des conditions d'exercice du métier difficiles. Elles aggraveront ainsi les tensions en termes de ressources humaines disponibles dans ce secteur. Les services d'urgence sont par exemple particulièrement concernés : pendant l'été 2023, « leur fonctionnement n'a jamais été aussi altéré », selon une enquête de Samu-Urgences de France qui a dénombré, en juillet-août 2023, 163 services d'urgence fermés au moins ponctuellement (sur 389 établissements interrogés représentant 57 % des services d'urgence en France) ¹¹⁴.

Les choix politiques et sociétaux qui en découlent seront dès lors délicats, et potentiellement doulou-

114. « Résultats de l'enquête SUDF été 2023 : quel bilan pour les urgences et les SMUR ? », Samu-Urgences de France, septembre 2023. URL : https://www.samu-urgences-de-france.fr/medias/files/BILAN_ETE_2023_SUDF.yf.pdf. Consulté le 31 janvier 2024.



© Circlephoto / Shutterstock

reux pour une partie de la population et des organisations. Il est **dès à présent possible d'en prendre la mesure** : la régulation médicale des services d'urgence, dont l'usage s'est massifié en France ces dernières années, entraîne par exemple « un retard de soins voire, pour certains, un renoncement aux soins et donc une perte de chance », dans les territoires où elle est mise en place sans préparation adéquate pour prendre en charge les personnes non accueillies en urgence¹¹⁵.

Il est en somme **urgent d'anticiper aujourd'hui les besoins futurs**, qui requièrent dès à présent des réponses opérationnelles pour pouvoir disposer demain des compétences, fonctions et structures nécessaires. Pour certaines organisations comme les hôpitaux, la **question du bâti**, lorsqu'il est situé dans une zone fortement soumise aux dégradations climatiques (submersion marine, canicules...), se posera : faut-il prévoir des rénovations, des mises à niveau, ou une reconstruction ailleurs ?

Pour aller plus loin

Plusieurs grandes inerties alimentent ces perspectives¹¹⁶.

En premier lieu, le système de santé français se trouve confronté, à l'horizon 2030-2035, à un effet ciseau, entre l'augmentation de la demande de soins de l'ordre de 30 %, mécaniquement liée au passage au très grand âge de la génération issue du baby-boom (la première génération atteindra 80 ans en 2026), et une baisse de la densité médicale et du temps médical disponible

d'environ 20 % du fait des inerties du secteur dans une situation de pénurie internationale de professionnels de santé. Dans ce contexte, les inégalités d'accès au système de soins s'aggraveront, renforçant la vulnérabilité de certaines populations et certains territoires face à une potentielle urgence sanitaire.

Cela est d'autant plus préoccupant que les crises sanitaires majeures engendrent une pression à long terme sur les systèmes de soins. Au-delà de la crise, elles génèrent souvent des besoins de santé chroniques : une partie des pompiers ayant combattu l'incendie de Fort McMurray au Canada en 2016-2017 a ainsi développé des maladies respiratoires chroniques. Le report de réponses apportées à des besoins de santé indépendants à une crise donnée y contribue tout autant, comme l'ont illustré les reports d'opérations non urgentes face aux premières vagues de la Covid-19, entraînant parfois des pertes de chances pour les patients non traités.

Le système dans son ensemble sera aussi soumis au test de sa résilience face au réchauffement climatique et aux dégradations des écosystèmes, que cela se manifeste de manière diffuse sur les tensions d'approvisionnement en matières premières, ou de manière plus aiguë sur la capacité du système de soins à fonctionner correctement lors d'un événement climatique extrême, en dehors de l'augmentation des besoins de santé liés (par exemple, la capacité des centres de soins à offrir des conditions d'accueil saines et sans danger lors d'une canicule intense et prolongée).

115. *Ibidem*.

116. Tiré des analyses du volet sur la santé et l'organisation du système de santé du forum prospectif Santé 2040.

Multicausalité des affections et incertitude

Dans les problématiques sanitaires traditionnelles, un modèle unifactoriel (ou modèle du « poison immédiat ¹ ») suffisait pour expliquer et traiter les maladies, suivant un schéma inspiré par l'approche de Pasteur : une cause unique pour chaque maladie, et une maladie spécifique pour chaque facteur environnemental. Des maladies comme le saturnisme, la silicose ou la syphilis illustrent bien ce modèle, où la transition de la connaissance à l'action était relativement directe et simple, dépendant principalement de la volonté et des ressources disponibles. Ce modèle se caractérisait par sa simplicité et son efficacité.

Cependant, l'évolution de la recherche épidémiologique a révélé un paysage bien plus complexe, mettant en avant la **plurifactorialité des affections**. Ce nouveau modèle nécessite une compréhension scientifique plus approfondie et s'avère plus complexe à mettre en œuvre, car il repose sur une **logique probabiliste** plutôt que déterministe. L'exposition à un risque augmente la probabilité de développer une maladie, mais cette

réalisation n'est pas systématique, la corrélation entre exposition et morbidité pas nécessairement linéaire (ce qui est notamment le cas des perturbateurs endocriniens) et les seuils de dangerosité sont parfois inexistantes, comme pour les particules fines. Les facteurs individuels semblent, pour certaines affections multifactorielles, jouer un rôle : des polymorphismes seraient ainsi liés à des résistances ou à des susceptibilités à la Covid-19 ². Face à la multiplicité des facteurs en jeu, il est nécessaire de procéder à une observation populationnelle — c'est le fondement de l'épidémiologie ³. Sans cette dernière, complexe à mettre en place, particulièrement pour les risques émergents, les décisions doivent se faire dans l'incertitude. La recherche rapide des facteurs spécifiques à l'individu (notamment génétiques dans la mesure où les polymorphismes sont liés à des résistances ou susceptibilités à ces maladies multifactorielles) et à l'environnement (rôle des cofacteurs d'exposition dont les effets se potentialisent) ayant une influence sur toute nouvelle pathologie devient nécessaire pour cibler les actions préventives.

1. SLAMA Rémy, *Le Mal du dehors [...], op. cit.*, p. 125-139.

2. OUM KALTOUM Aït Boujmia, « Mutations and Polymorphisms in Genes Involved in the Infections by Covid-19: A Review », *Gene Reports*, vol. 23, juin 2021. URL : <https://doi.org/10.1016/j.genrep.2021.101062>. Consulté le 21 février 2024.

3. *Ibidem*.

Vivre avec l'incertitude et la complexité

Une partie des risques santé et environnementaux qui se profilent est d'une nature profondément différente de ceux que nous avons connus par le passé. Cette nouvelle configuration, qui redéfinit notre rapport au danger, au risque et à la prévention (voir encadré), est caractérisée par **l'effacement d'une triple frontière spatiale, temporelle et des responsabilités**, pour une part importante des menaces (changements climatiques, dégradation des écosystèmes, maladies vectorielles et pandémies, polluants chimiques persistants...) :

- La **frontière spatiale** s'estompe face à des risques tels que les changements climatiques et les pandémies, qui ne connaissent aucune barrière géographique, administrative ou politique. Ces risques se diffusent à une échelle planétaire, rendant caduque

l'idée d'une protection individuelle par l'isolement ou la distance.

- La **frontière temporelle** est également brouillée. La longue latence entre l'exposition à un risque et l'apparition de ses conséquences complique la perception immédiate du danger et sa gestion. Cela soulève des défis majeurs en termes de responsabilité et de réparation, car les effets peuvent se manifester bien après que les décisions initiales ont été prises.
- La **frontière des responsabilités** est, elle, rendue floue par la complexité des sources de risque. La traçabilité des menaces est brouillée dans un enchevêtrement de causes et d'effets, ce qui alimente d'interminables batailles juridiques sur la

La société des risques

Ulrich Beck est le premier à développer le concept en 1986, dans son ouvrage *La Société du risque*¹. Il y développe l'idée de déception des promesses de la modernité (incapacité à éradiquer la misère et à diminuer les inégalités dans les sociétés dites développées), qui a dans le même temps produit de nouvelles menaces non maîtrisables (dégradation de l'environnement, catastrophes industrielles et naturelles accentuées par le réchauffement climatique, atteintes à la santé...). Ainsi, l'enjeu de sécurité, et plus précisément de gestion des risques, est petit à petit devenu une préoccupation première.

Ce concept, assez ancien, rencontre un écho plus retentissant encore dans la nature des crises que nous connaissons aujourd'hui, qui, en raison de la multiplication des dépendances et des relations à l'échelle mondiale, revêtent un caractère systémique, avec des conséquences multiples sur des secteurs en apparence peu corrélés. Parfois qualifiées de « polycrises² », ou de « crises écosystémiques³ », ces crises voient leur probabilité s'accroître sous l'effet des interconnexions permises par le numérique, et des dégradations environnementales globales. La crise sanitaire de la Covid-19 est une illustration frappante de l'interaction entre des effets sanitaires, environnementaux, socio-économiques et politiques⁴.

1. BECK Ulrich, *Risikogesellschaft*, Berlin : Suhrkamp Verlag, 1986 (traduction française, *La Société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*, Paris : Aubier, 2001).

2. Voir notamment les rapports du Programme des Nations unies pour le développement (PNUD), par exemple : HAMMOND Laura, *Toward Development Solutions to Internal Displacement: A Political Economy Approach*, New York : PNUD, 2021. URL : <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2021-06/UNDP-SOAS-Towards-Development-Solutions-to-Internal-Displacement-A-Political-Economy-Approach-ENGLISH.pdf>. Consulté le 13 mars 2024.

3. MAIETTA Michel, KENNEDY Eilidh et BOURSE François (sous la dir. de), *L'Avenir de l'aide humanitaire. Les ONGI en 2030*, Londres : IARAN, 2016. URL : <https://static1.squarespace.com/static/593eb9e7b8a79bc4102fd8aa/t/59df6e30914e6bbbe2c6ac44/1507814986947/FINAL+-+FRENCH+REPORT.compressed.pdf>. Consulté le 31 janvier 2024.

4. *Anticiper 2030. Crises, transformations et résilience*, Croix-Rouge française / Futuribles, 2021. URL : <https://www.futuribles.com/anticiper-2030-crisis-transformations-et-resilience/>. Consulté le 31 janvier 2024.

responsabilité. Cette situation est exacerbée par l'invisibilité de certains risques au niveau individuel, qui nécessitent une expertise scientifique pour être révélés et compris.

L'effacement de cette triple frontière et leur nature systémique confèrent à ces risques un caractère global, qui les rend **non évaluables avec les outils classiques d'analyse des risques**, et plus **difficilement assurables**, du moins avec les dispositifs de protection classiques¹¹⁷. La rapidité et l'accélération des évolutions technologiques et environnementales contribuent à la prolifération des risques, et tendent à aggraver les inégalités face à ces risques — les populations les plus vulnérables sont souvent les plus exposées et les moins équipées pour y faire face.

Face à ces défis, la **gouvernance de et dans l'incertitude** devient un enjeu majeur¹¹⁸. Les pouvoirs publics et les organisations (entreprises, associations, institutions,

etc.) sont appelés à renouveler leurs modes d'intervention, dans un contexte de décorrélation croissante entre le rythme de production de ces nouveaux facteurs potentiels de risque et la capacité de la science à les évaluer et à les comprendre. La plurifactorialité des risques liés à la santé souligne également l'importance de **ne pas limiter la gestion des risques aux politiques publiques de santé**. Les politiques menées dans des domaines tels que l'industrie, l'urbanisme, les transports ou l'agriculture ont des répercussions sanitaires significatives, soulignant la nécessité de considérer la santé dans toutes les politiques. Ce décalage commande une réflexion profonde sur les stratégies de prévention et d'action, qui doivent être adaptées à cette nouvelle réalité complexe et interconnectée.

Ces nouveaux risques sont caractéristiques de ce que l'on pourrait qualifier de « société des risques » (voir encadré). Plus précisément, ils l'étaient de manière distante ou occasionnelle, jusqu'à il y a une dizaine

117. ZNATY Sylvie, DAB William et JEAN Kévin, « Risques sanitaires : anticiper pour mieux gérer », *Futuribles*, n° 454, mai-juin 2023, p. 25-42.

118. ZNATY Sylvie, DAB William, et JEAN Kévin, *op. cit.*



© Circlephoto / Shutterstock

d'années environ. Cela n'est plus le cas aujourd'hui, comme le montre de manière toujours plus flagrante, année après année, la multiplication des événements climatiques extrêmes (canicules, tempêtes, mégafeux...), l'augmentation des risques de zoonose dont la pandémie de Covid-19 pourrait n'être qu'un préambule, la prolifération de vecteurs de maladies — qui aurait imaginé, ne serait-ce qu'il y a cinq ans, une campagne d'éradication du moustique tigre à Paris ? —, etc.

Ce basculement, qui s'est opéré sous nos yeux en quelques années, fait que les sujets dits « santé environnement », qui étaient jusque-là relativement secondaires dans les politiques publiques de santé comme dans les comportements des acteurs et des citoyens, occupent aujourd'hui une place essentielle au sein de la société des risques.

Les conséquences en termes de gestion des risques sont majeures : **il ne s'agit plus de répondre à un risque identifié et précis** — comme ce qu'ont pu être les enjeux sanitaires liés à l'exposition au plomb, ou la prévalence du saturnisme —, mais d'inventer un **nouveau**

régime d'organisation des politiques publiques, des systèmes de santé, des capacités et des compétences nouvelles. En ce sens, la santé environnementale ne résume pas la prise en compte des enjeux soulevés par les risques santé liés aux facteurs environnementaux — même si elle en constitue, évidemment, une pièce maîtresse. Au-delà des enjeux qui en découlent pour les systèmes de santé (prévention, nouveaux besoins de soins, nécessité d'anticipation...), **la marche des événements se caractérise par un bousculement majeur des modes de vie, dans un contexte de progression des autres besoins de protection sociale** (retraite, dépendance, etc.). Par ailleurs le système de soins français est soumis à un effet ciseau majeur, entre une augmentation tendancielle des besoins de soins de l'ordre de 30 %, notamment liés au vieillissement et aux facteurs comportementaux, et une baisse quasiment irrémédiable à l'horizon 2030-2035 du temps médical disponible d'au moins 20 %¹¹⁹. À l'horizon 2030-2040, en l'absence de transformation radicale des modes de vie et de notre système de réponse à ces enjeux, la question se pose de savoir si nous serons, nous, adaptés à notre environnement.

119. Voir le volet sur la santé et l'organisation du système de santé des travaux du forum prospectif Santé 2040.

Construire une culture du risque et de l'imprévisible

Le basculement dans la société des risques induit la **nécessité de vivre avec le risque, avec l'incertitude**. Tous les aléas ne pourront pas être assurables ; toutes les personnes, tous les biens et tous les territoires ne pourront être protégés de l'ensemble des risques environnementaux et sanitaires. **Dans la société des risques, le risque zéro n'existe pas** : il est dès lors urgent de **renforcer la résilience et la capacité de régénéra-**

tion des populations et des territoires. En d'autres termes, il s'agit de **construire une culture du risque**, c'est-à-dire une conscience collective et une compréhension partagée des risques connus et de l'existence de risques encore inconnus, une volonté et une capacité à agir pour en minimiser l'occurrence (prévention primaire) et surtout les impacts en cas d'advenue (prévention secondaire et tertiaire).

Objectifs et diversité des dispositifs de prévention

Les outils et dispositifs de prévention, s'ils visent tous à amoindrir le fardeau sanitaire en amont plutôt qu'en aval (curatif), peuvent viser des objectifs différents, que l'on regroupe classiquement en trois familles :

- **La prévention primaire** s'attache à réduire les facteurs de risque, c'est-à-dire les sources de dangers et / ou l'exposition des populations à ces derniers dans le but de prévenir l'apparition d'une affection à l'échelle individuelle, et la fréquence d'apparition à l'échelle collective (par exemple, diminuer les sources d'émission des particules fines).
- **La prévention secondaire** intervient au plutôt après la réalisation du risque afin d'en amoindrir ou d'en retarder les effets sur la santé humaine (par exemple, le dépistage précoce des maladies vectorielles émergentes).
- **La prévention tertiaire** enfin vise, une fois l'affection ou la pathologie déclarée, à réduire le risque de complication, de rechute ou de chro-

nicisation (réadaptation, réhabilitation, traitements pour les maladies chroniques...) ¹.

Les dispositifs de prévention se distinguent aussi selon la cible, qui peut être la population générale, une population spécifique ou des individus dans leurs spécificités :

- **La prévention globale des risques collectifs** : réglementations, information, mitigation.
- **La prévention populationnelle, territoriale, communautaire ou au travail** : réduction ciblée des expositions, mesures de protection, éducation, sensibilisation, visant une population exposée à des risques définis, etc.
- **La prévention individuelle**, avec la prise en compte de la spécificité des personnes dans la prévention : facteurs de risques particuliers liés aux caractéristiques personnelles (âge, sexe, pathologies, prédisposition génétique, comportements, etc.), notamment dans le cadre des dispositifs de prévention du système de santé et de soins.

¹. OMS, *Health Promotion Glossary of Terms 2021*, Genève : OMS, 2021. URL : <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/350161/9789240038349-eng.pdf>. Consulté le 13 mars 2024.

DÉFI 1. Investir massivement l'ensemble des leviers de prévention

Dans le domaine des risques sanitaires et de la santé environnementale, la prévention recouvre la plus grande diversité des dispositifs envisageables selon des approches globales, populationnelles et individuelles (voir encadré). **Ces trois aspects sont liés mais sont, dans les faits, souvent mis en place par des organisations différentes. Il nous semble que ces trois aspects doivent être activés, dans le cadre d'une politique de prévention globale, avec des objectifs transversaux cohérents.**

Dans le domaine des risques collectifs, une **abondante littérature scientifique et des plates-formes politiques** concernent l'évaluation des risques liés aux différents facteurs environnementaux (polluants, canicules, maladies vectorielles, accidents industriels...), la surveillance, le *monitoring* et l'information en temps réel des acteurs. De nombreux indicateurs de santé environnementale, dispositifs de détection rapide de problèmes émergents et d'alerte, réglementations (lois, normes) existent pour contrôler ou réduire certains risques santé. Dans ce domaine, les enjeux en matière de recherche, d'épidémiologie sont majeurs (cf. *supra*), ainsi que les dispositifs et plans d'action en situation d'urgence ou de crise (canicule ou épidémie de maladie vectorielle...). Ces approches nécessitent des réseaux par grands types de risques entre les autorités sanitaires, les collectivités, les organisations environnementales, les chercheurs et le secteur privé, pour une action coordonnée afin de réduire l'exposition aux risques environnementaux ou leurs impacts.

Dans le domaine de la prévention appliquée à une communauté (territoire exposé à certains risques, groupe social particulier, collaborateurs d'une entreprise...), l'enjeu est de développer une politique de prévention adaptée à un groupe de population : à savoir des programmes éducatifs et d'information ciblés, des recommandations et / ou normes particulières, un suivi

populationnel. **Cette prévention est peu développée en France** (sauf dans certaines grandes organisations ou entreprises), elle repose sur des acteurs et des relais qui sont dans l'écosystème quotidien des personnes, d'avantage que dans des dispositifs collectifs nationaux. On touche aux comportements, aux responsabilités d'un groupe. Le développement de plans ou politiques santé environnement dans les territoires, les entreprises, est un levier important, attendu, et qui permettra également d'entraîner des dispositifs communautaires en santé sur des pathologies chroniques (maladies métaboliques, etc.). Ici sont par exemple développés les aspects de la concentration de polluants dans certains territoires en fonction des situations climatiques, comme les pics de pollution dans la région grenobloise, les expositions particulières liées à certains métiers ou entreprises (impact des canicules, manipulation de produits à risques..., par exemple dans le monde agricole). La dimension communautaire de la santé mobilise, au-delà de la prévention, la vision plus large de « promotion de la santé » définie par l'OMS en 1986 à travers la charte d'Ottawa.

La question de la prévention individuelle des risques santé et environnementaux émerge. Dans certains pays (notamment en Europe du Nord), ces risques font partie intégrante des parcours de santé : le médecin prend en compte les risques pour chaque personne (milieu de vie et exposition : transport, en milieu clos...), l'exposition au travail, les prédispositions particulières, etc., au regard de caractéristiques personnelles. Aux États-Unis, on note que les trajectoires dans ce domaine sont de plus en plus liées à la responsabilisation individuelle (tests génétiques pour apprécier théoriquement telle ou telle prédisposition à certains risques ou expositions, outils de mesure en temps réel, gestion de son capital santé — exposome — face aux risques environnementaux). L'enjeu ici est d'intégrer progressivement les risques santé environnement dans les dia-

BONNES PRATIQUES Expérimentation des consultations d'évaluation des expositions environnementales pour les projets de grossesse

Extrait de l'action 6 du PNSE 4 :

« Le lien entre des expositions environnementales et des pathologies de la reproduction (troubles de la fertilité, pathologies de grossesse, malformations congénitales) est scientifiquement établi. Les périodes pré et péri-conceptionnelle, et la grossesse sont des périodes critiques. C'est aussi pendant ces périodes que les personnes sont particulièrement réceptives aux conseils de prévention, voire aux changements de comportement.

Cette action vise à proposer à chaque couple ou personne ayant un projet de grossesse, ou chaque femme enceinte, dès le début de la grossesse, une évaluation des expositions environnementales, professionnelles et extraprofessionnelles, et la délivrance de conseils de prévention. Elle permettra ainsi d'intégrer la prévention primaire en environnement dans le parcours de soins lié à la reproduction.

À titre expérimental, cinq plates-formes pluridisciplinaires de professionnels de santé permettent d'évaluer les expositions chez des patients pris en charge pour des troubles de la reproduction (plates-formes PRÉVENIR [PRÉvention, ENvi-



Source : *Un Environnement, une santé*, op. cit., p. 27.

ronnement, Reproduction]). Ces plates-formes proposent des actions de prévention ciblées en santé environnementale. Elles sont adossées à des centres régionaux de pathologies professionnelles et environnementales (CRPPE). »

gnostics et les parcours des patients. **Les orientations du PNSE 4** (4^e Plan national santé environnement) **donnent beaucoup d'importance à la responsabilisation et à la « capacitation » du citoyen** (« permettre à chacun d'être acteur de son environnement et de sa santé »), plus qu'à l'intégration des enjeux de santé environnement dans les parcours de santé¹²⁰. Si ces approches permettent des leviers d'action complémentaire, elles s'avèrent peu efficaces, seules, pour lutter contre les inégalités de santé — voire les renforcent, étant principalement capitalisées par des publics déjà investis dans leur capital santé.

Pour investir ces trois dimensions, un double saut doit être franchi par le système de santé français :

- **Un effort budgétaire conséquent. Le système de santé français est historiquement centré sur le thérapeutique et le curatif**, 5 % du budget santé global étant consacrés à la prévention — moins de 1 % pour la prévention primaire.
- Une amélioration de **l'efficacité de la prévention**. À niveau de dépense équivalent en proportion du produit intérieur brut, les dispositifs de prévention en France se montrent « très éloignés de leurs cibles et des performances d'autres pays comparables »

120. *Un Environnement, une santé. 4^e Plan national santé environnement*, Paris : gouvernement français, avril 2021. URL : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/210526_PNSE%202021_BAT2.pdf. Consulté le 31 janvier 2024.

comme les États-Unis, le Royaume-Uni ou l'Allemagne, d'après la Cour des comptes¹²¹.

Du fait du caractère systémique des enjeux environnementaux et sanitaires, et de l'ampleur des changements nécessaires, qui dépasseraient largement le cadre de la transformation possible du système de soins français à un horizon de 10 à 15 ans, **il ne s'agit pas de rendre la médecine plus préventive en réformant le système de soins français, mais plutôt d'élaborer une approche collective de la prévention en santé.**

Dans ce cadre, le **système de soins doit notamment se préparer aux pathologies et aux situations nouvelles liées aux transformations environnementales.** Cela suppose une veille scientifique permanente, une adaptation régulière de la formation initiale et continue des personnels, et une adaptation des infrastructures et des ressources (par exemple, adaptation des établissements aux canicules, médicaments, dispositifs médicaux et compétences permettant de gérer une situation de maladie vectorielle endémique, prise en charge rapide et efficace d'un contaminant chimique émergent, etc.). **Son rôle est tout aussi essentiel dans le renforcement de l'épidémiologie et de la surveillance sanitaire,** en généralisant la remontée des données de santé pour renseigner les registres, aujourd'hui lacunaires, de qualité inégale et souvent décontextualisées (antécédents de santé, symptômes, etc.), notamment pour la médecine de ville.

Un arbitrage clé : envisager une Assurance santé incluant les risques environnementaux ?

Un levier majeur **pour faire changer d'ampleur la prévention en France pourrait être de l'inclure pleinement dans le système de protection sociale : l'Assurance maladie deviendrait ainsi une « Assurance santé »**¹²² à la portée plus globale, incluant pleinement des outils agissant sur les déterminants de santé, au-delà du curatif sur lequel est aujourd'hui largement centré le système de santé français. Seraient prises en charge, par une telle assurance, toutes les actions de prévention plus efficaces — voire tout autant — sur le plan sanitaire et économique que les actions curatives — comme le remplacement des sources de pollution domestiques par des alternatives plus saines (chauffage, etc.), ou la mise en place d'infrastructures sportives gratuites d'accès.

La première brique pour cela consiste à **radicalement renforcer les mesures d'évaluation des outils et actions de la prévention,** en considérant les effets bénéfiques à long terme pour la santé humaine, pour les finances publiques et pour la société en général. Avec en corollaire l'idée d'inscrire le financement dans le temps long d'une telle structure, puisque les retombées économiques (temps de soin et de travail gagnés) s'observent sur le long terme, et dans un périmètre plus large que celui du système de santé.

121. *La Politique de prévention en santé. Les enseignements tirés de l'analyse de trois grandes pathologies*, Paris : Cour des comptes, novembre 2021. URL : <https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/2021-12/20211201-politique-prevention-en-sante.pdf>. Consulté le 20 février 2024.

122. Idée notamment portée dans SLAMA Rémy, « L'environnement, les maladies et le système de santé », *Esprit*, vol. n° 6, juin 2023, p. 57-67.

TABLEAU 4. Quelques leviers de prévention illustrés en fonction des risques et des approches

	APPROCHE COLLECTIVE GLOBALE	APPROCHE POPULATIONNELLE ET COMMUNAUTAIRE	APPROCHE INDIVIDUELLE
Risques d'exposition aux polluants directs, accidents industriels...	• Réglementations (ex. normes environnementales). • Cohérence des informations nationales sur les sujets. • Plans d'urgence pour accidents industriels.	• Dispositifs d'alerte. • Information ciblée. • Suivi des doses. • Surveillance de la qualité de l'air. • Accès aux matériels de mesures (air, eau...). • Simulation de crises. • Normes particulières (entreprise, territoire). • Plans locaux de gestion des risques industriels.	• Recommandations en fonction des caractéristiques personnelles. • Mesures individuelles de concentration de polluants dans l'organisme. • Prise en compte de l'exposome (ex. : capital soleil). • Changement d'habitat. • Utilisation de masques antipollution, etc. • Suivi individuel des expositions (ex. : soleil, rayonnement...).
Risques liés aux changements climatiques <i>Ex. : températures extrêmes</i>	• Information. • Anticipation. • Éducation globale.	• Dispositifs d'alerte. • Information ciblée. • Équipements dédiés et adaptation du bâti. • Simulation de crises. • Plans locaux d'adaptation au changement climatique, initiatives d'urbanisme vert. • Schéma d'organisation du travail en mode climatique dégradé, y compris pour le système de santé lui-même.	• Protection des personnes en fonction des caractéristiques. • Changement d'habitat. • Adaptation du mode de vie (hydratation, climatisation). • Disposition individuelle au travail (retrait).
Risques d'exposition aux polluants diffus, nuisances <i>Ex. : phyto, bruit</i>	• Législation sur la pollution sonore. • Législation sur les doses de phyto dans l'alimentation, l'environnement. • Normes de construction pour réduire le bruit.	• Zones à faibles nuisances. • Pratiques d'épandage.	• Intégration dans les diagnostics des parcours de santé / soins. • Recommandations personnelles. • Protection auditive, choix de logement dans des zones moins bruyantes. • Bilans auditifs réguliers.
Risques pandémiques et maladies vectorielles	• Surveillance et recherche sur les vecteurs. • Campagnes de vaccination.	• Programmes locaux de contrôle des vecteurs (désinsectisation, élimination des eaux stagnantes...). • Sensibilisation communautaire, mise en place de systèmes de surveillance territoriaux.	
Autres risques One Health <i>Ex. : antibiorésistance, plantes allergisantes</i>	• Recherche sur l'antibiorésistance. • Réglementation sur l'utilisation des antibiotiques.	• Éducation sur l'utilisation responsable des antibiotiques. • Surveillance des plantes allergènes. • Campagne d'arrachage.	• Utilisation prudente des antibiotiques (suivi individuel sur période longue des prises), etc.

Source : auteurs.

DÉFI 2. De l'exceptionnel à l'ordinaire, faire entrer les risques santé environnement dans la vie courante

Il est essentiel que des risques qui étaient autrefois perçus comme exceptionnels, extraordinaires, soient intégrés dans les processus habituels des citoyens et des organisations. L'adoption de « bons réflexes » en cas d'événement climatique extrême, de pic de pollution, etc., doit devenir aussi ordinaire que la protection contre les ultraviolets en cas d'exposition au soleil, ou le lavage régulier des mains.

La prévention, et donc l'éducation, constitue le levier primordial pour équiper les individus et les communautés des compétences nécessaires. Elle ne se limite pas à l'enseignement formel, mais englobe un éventail d'activités d'apprentissage qui favorisent la résilience et la préparation face aux risques sanitaires et environnementaux et aux crises associées. Cette priorité nécessite de consacrer des moyens publics, voire des partenariats public-privé, non pas seulement pour diffuser des messages de prévention et des repères santé, mais aussi et surtout pour accompagner les populations dans la mise en œuvre de solutions favorables à leur santé, en cohérence avec leurs contraintes et leurs choix de vie. Or, l'accompagnement des changements de comportements en santé nécessite une expertise dédiée.

La construction d'une culture du risque partagée pourrait prendre, sans prétention à l'exhaustivité, les formes suivantes :

- Avant toute chose, une revitalisation de la culture scientifique et environnementale, et au-delà même de la confiance accordée à la science, en déclin en France¹²³, pour permettre une compréhension glo-

bale des risques, de leurs origines, caractéristiques, impacts et évolutions.

- La systématisation de l'apprentissage et de la gestion des actions et dispositifs à développer en cas de phénomène météorologique extrême : arrêt de la circulation automobile et ferroviaire en cas de tempête ; hydratation, arrêt des activités physiques non essentielles et recherche de point fraîcheur en cas de canicule, etc.
- L'apprentissage des bons réflexes concernant la qualité de l'air intérieur (au premier rang desquels l'aération régulière) et de l'eau, et plus généralement les risques domestiques, par exemple sous forme de chartes dans les écoles, de la généralisation d'outils de mesure dans les foyers...
- La formation aux premiers secours dans tous les lycées et les établissements d'enseignement supérieur, et des stages de maintien à niveau dans toutes les organisations.
- La généralisation des exercices de simulation de crise sur les territoires et l'homogénéisation des niveaux de qualité et de partage auprès des populations des Documents d'information communaux sur les risques majeurs (DICRIM), pourtant pierre angulaire des dispositifs d'information locaux.
- L'extension et l'apprentissage de l'utilisation des systèmes d'alerte locaux, avec l'enjeu d'atteindre l'ensemble de la population.
- Le renforcement des réseaux de référents et de porte-parole en gestion des crises sur les territoires.

123. BLANC Yannick, DESAUNAY Cécile et SÉGUR Marie, « Savoirs et institutions : qui croire ? Que croire ? », in Cécile DESAUNAY et Marie SÉGUR (sous la dir. de), *Êtres humains, être humain en 2050. Imaginaires, sociétés, individus en Occident. Rapport Vigie 2023*, Paris : Futuribles International, juin 2023.

BONNES PRATIQUES Le portail Géorisques

Le site gouvernemental Géorisques¹ propose des informations détaillées sur les risques naturels et technologiques locaux (à l'échelle d'une adresse et d'une commune), des conseils pour permettre au citoyen de mieux se préparer et s'adapter, et présente les possibilités d'accompagnement existant. Si l'outil est riche et pertinent pour connaître la réalité locale des risques naturels, son appropriation par les acteurs locaux et les populations, notamment les plus vulnérables et / ou éloignées des dispositifs de prévention et d'information, reste un enjeu majeur.

Risques naturels identifiés : 5

 INONDATION à mon adresse : EXISTANT sur ma commune : EXISTANT Accéder aux informations détaillées →	 SÉISME à mon adresse : MODÉRÉ sur ma commune : MODÉRÉ Accéder aux informations détaillées →
 MOUVEMENTS DE TERRAIN à mon adresse : PAS DE RISQUE CONNU sur ma commune : EXISTANT Accéder aux informations détaillées →	 RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES à mon adresse : FAIBLE sur ma commune : FAIBLE Accéder aux informations détaillées →
 RADON à mon adresse : IMPORTANT sur ma commune : IMPORTANT Accéder aux informations détaillées →	

Risques naturels identifiés par le portail Géorisques pour le centre-ville de Saint-Dié-des-Vosges (88). Résultats complets, URL : https://www.georisques.gouv.fr/mes-risques/connaitre-les-risques-pres-de-chez-moi/rapport?form-adresse=true&isCadaastre=false&city=Saint-Di%C3%A9-des-Vosges&type=housenumber&typeForm=adresse&codeInsee=88413&lon=6.949247&lat=4-8.287017&go_back=%2Faccueil-collectivite&propertiesType=housenumber&adresse=1+Rue+Stanislas%2C+88100+Saint-Di%C3%A9-des-Vosges. Consulté le 13 mars 2024.

1. Site Internet : <https://www.georisques.gouv.fr/>

- La mise en place d'outils spécifiques pour améliorer la résilience psychologique en cas de crise (formations, mise en place de parcours en santé mentale dédiés...).

La culture du risque en France est actuellement trop hétérogène et souvent sous-développée. La sensibilisation aux risques santé liés à l'environnement peine à toucher l'ensemble des publics et à délivrer les bons messages clés, sur des sujets qui se révèlent souvent assez techniques¹²⁴.

124. Anticiper 2030. Crises, transformations et résilience, Croix-Rouge française / Futuribles, 2021, p. 148-153. URL : <https://www.futuribles.com/anticiper-2030-crisis-transformations-et-resilience/>. Consulté le 31 janvier 2024.

DÉFI 3. Évaluer rigoureusement nos stratégies de prévention

Pour dépasser le débat permanent sur l'efficacité sanitaire et l'efficience économique des actions de prévention, il est fondamental de radicalement renforcer l'évaluation de la prévention en France au regard d'une politique globale et d'objectifs cohérents, transversaux à l'ensemble des leviers et outils de prévention déployés (voir Défi 1). Cette évaluation est aujourd'hui presque inexistante en France.

Certains principes ressortent des évaluations internationales de programmes de prévention pour cibler les mesures efficaces en termes de bénéfices et efficaces en termes de coûts :

- Sans surprise, **les dispositifs et les politiques publiques de réglementation**, taxation, interdiction..., jouent un rôle déterminant — on se rappellera les réglementations sur des polluants aux effets directs comme le plomb (canalisation, carburants) ou l'amiante..., et les progrès accomplis — ; il en va de même des mesures de protection radicales (entreprises, ou accès garantis à des zones refroidies pour les aînés en situation de canicule).
- Le **ciblage spécifique** des populations à risque apparaît plus efficace que l'approche générale.
- **L'échelle nationale** paraît aussi plus efficace par rapport à des actions plus locales et dispersées.
- **Une fréquence élevée des contacts** (information, suivi...) rend l'action plus efficace sur le plan sanitaire, mais moins efficace économiquement.

Il convient également de mieux intégrer la notion d'exposome en santé, y compris dans le cadre de suivis individualisés sur certaines expositions comme les

ultraviolets / « capital soleil » ou les prédispositions à développer des pathologies.

Cependant, **dans de nombreux cas, les études existantes ne permettent pas de trancher de la pertinence** de tel ou tel type d'action de prévention : c'est le cas de l'éducation thérapeutique du patient, de l'alimentation, etc. Le besoin de renforcer ces démarches d'évaluation est particulièrement fort en France, qui est en retard sur ce segment, et en conséquence tributaire des études anglo-saxonnes, pourtant centrées sur des systèmes de santé bien différents du modèle français¹²⁵. Il l'est d'autant plus qu'en parallèle les efforts industriels à consentir s'accroissent au fur et à mesure du temps (polluants plus diffus, substituabilité moins aisée...).

Par ailleurs, si réduire l'exposition aux risques est nécessaire, elle n'est pas toujours envisageable à court terme. La réduction de la concentration des métaux lourds dans les transports collectifs souterrains requiert ainsi des changements d'infrastructures lourds. Cela peut aussi être lié à la persistance des facteurs de risque dans l'environnement : le chlordécone, pesticide massivement utilisé dans les bananeraies martiniquaises et guadeloupéennes, et interdit en 1993, est toujours présent au-delà des seuils de détection chez plus de 92 % de la population adulte en 2022, quoique en baisse pour une partie¹²⁶.

La difficulté de la démonstration apparaît plus grande pour les dispositifs individuels, et pour les analyses coûts/bénéfices liés à des risques émergents et / ou se développant sur des périodes longues (ex. : perturbateurs endocriniens, PFAS...). Alors que le coût économique de la mise en place d'un programme de préven-

125. CASH Roland et FOURCADE Nathalie, « Comment évaluer l'efficacité économique de la prévention ? », *Regards*, vol. 61, n° 1, juin 2023, p. 31-42. URL : <https://doi.org/10.3917/regar.061.0031>. Consulté le 31 janvier 2024.

126. « Chlordécone aux Antilles [...] », *op. cit.*

tion est directement perceptible, ses bénéfices attendus sont plus difficilement quantifiables et s'observent sur le temps long¹²⁷. Par exemple, prévenir l'exposition *in utero* aux produits chimiques (pesticides, phtalates, bisphénols...) permettrait dans un premier temps de diminuer les malformations, fausses couches, naissances prématurées, etc., mais l'amélioration de la santé infan-

tile et adolescente (ces substances étant associées à une plus forte prévalence des troubles du développement neurocognitif, des allergies, des pubertés précoces et de l'obésité) permise par ce type de mesure ne pourrait s'observer — et donc précisément se quantifier — *a minima* que 10 à 15 ans après leur mise en place¹²⁸.

VIGILANCE ROUGE Canicule

Mesures particulières pour la journée du 18 juillet 2022

- Interdiction d'accès aux massifs forestiers et landes des communes à risque du Morbihan**
Consultez l'arrêté préfectoral sur www.morbihan.gouv.fr
- Interdiction des manifestations sportives**
- Ouverture de salles de fraîcheur dans les communes du Morbihan**
Consultez votre mairie pour connaître les salles existantes sur votre commune

Consignes de prudence

- Buvez régulièrement de l'eau** sans attendre d'avoir soif et mangez normalement
- Mouillez-vous le corps plusieurs fois par jour** (brumisateur, douche...)
- Fermez volets et fenêtres** pendant la journée et aérez la nuit
- Évitez de sortir aux heures les plus chaudes de la journée**
- Limitez au maximum les activités physiques**
- Portez une attention toute particulière aux personnes fragiles et/ou isolées**
- Rendez-vous dans un endroit frais ou climatisé 2-3h par jour** (cinémas, magasins...)
- En cas de malaise ou de trouble du comportement, appelez un médecin ou le 15**

i Le n° vert Canicule info service 0 800 06 66 66 est activé

Il s'agit d'un numéro gratuit pour obtenir des conseils de protection dans le cadre de la vigilance canicule.

Consignes locales de prudence liées à une canicule dans le Morbihan, le 18 juillet 2022. Source : ville de Quéven. URL : <https://www.queven.com/wp-content/uploads/2022/07/Vigilance-rouge-canicule-18072022.jpg>. Consulté le 13 mars 2024.

127. CASH Roland et FOURCADE Nathalie, *op. cit.*

128. MARIE Cécile, VENDITTELLI Françoise et SAUVANT-ROCHAT Marie-Pierre, « Exposition aux produits chimiques environnementaux : perception du risque par les professionnels de santé et les femmes enceintes », *Revue de médecine périnatale*, vol. 9, n° 2, juin 2017, p. 93-106. URL : <https://www.cairn.info/revue-de-medecine-perinatale-2017-2-page-93.htm>. Consulté le 31 janvier 2024.

Refonder la gestion collective des risques : transversalité, intégration, association

DÉFI 4. Inclure la santé environnement dans toutes les politiques

Dans de nombreux cas, les **mesures à mettre en œuvre pour atténuer les changements climatiques et préserver l'environnement sont associées à des gains significatifs en termes de santé publique**. Cela est particulièrement vrai à l'échelle collective : une politique locale de réduction de la pollution atmosphérique, par exemple à l'échelle d'une agglomération, permet une amélioration rapide de la santé publique pour la population en question. D'autant que les principaux secteurs produisant des externalités négatives pour l'environnement (mobilités, agriculture, énergie, industrie...) sont associés à des facteurs de risques majeurs pour la santé (exposition aux pollutions atmosphériques et chimiques, inactivité physique, alimentation, etc.).

Il en est de même de l'alimentation, intimement liée à la fois aux enjeux environnementaux et aux enjeux sanitaires. L'objectif porté par l'article 24 de la loi Égalim du 30 octobre 2018, de 20 % d'aliments biologiques dans la restauration collective à l'horizon 2022, n'a pas été atteint. Il s'agit pourtant d'une première étape pour réduire les expositions sanitaires, et régénérer les écosystèmes et le microbiote humain. Le scénario

d'une agroécologie réaliste, tel que décrit par l'INRAE semble à même de favoriser une dynamique politique et citoyenne aux retombées sanitaires positives¹²⁹. Par exemple, la réduction de la part carnée dans l'alimentation, notamment de la part de viande rouge, qui constitue le principal levier de décarbonation du secteur agricole¹³⁰, aurait des effets bénéfiques sur la prévalence des maladies cardio-vasculaires et de certains cancers pour l'ensemble de la population¹³¹. Bien sûr, un schéma d'alimentation saine ne peut pas être pensé sans une vision plus globale de la nutrition (équilibre entre ce qui est consommé et les calories dépensées) ni une action sur l'activité physique.

De la même manière que l'est progressivement l'environnement en France, **il est nécessaire de réellement inclure la « santé environnement dans toutes les politiques »** : c'est-à-dire intégrer systématiquement la dimension de la santé dans l'élaboration et l'application des politiques de l'ensemble des secteurs. L'approche, pourtant prônée par l'OMS depuis les années 2000 (à l'échelle de la santé en général), est encore peu mise en œuvre en France — et *a fortiori* dans de nombreux

129. MORA Olivier *et alii*, *European Chemical Pesticide-Free Agriculture in 2050: Foresight Report*, Paris : INRAE, 2023. URL : <https://hal.inrae.fr/hal-04231124>. Consulté le 29 février 2024.

130. ADEME (Agence de la transition écologique), *L'Empreinte énergétique et carbone de l'alimentation en France. De la production à la consommation*, ADEME, janvier 2019. URL : <https://bibliothèque.ademe.fr/consommer-autrement/779-empreinte-energetique-et-carbone-de-l-alimentation-en-france.html>. Consulté le 31 janvier 2024.

131. FADNES Lars T. *et alii*, « Estimating Impact of Food Choices on Life Expectancy: A Modeling Study », *PLoS Medecine*, vol. 19, n° 2, février 2022. URL : <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003889>. Consulté le 31 janvier 2024.

BONNES PRATIQUES L'application de l'approche « Santé dans toutes les politiques » au Québec

La traduction de l'approche Santé dans toutes les politiques dans la stratégie du Québec est construite sur deux principaux outils :

- Un programme gouvernemental, la Politique gouvernementale de prévention en santé (PGPS) 2016-2025, qui entend répondre aux enjeux transversaux des changements sociodémographiques, de la pauvreté et des inégalités sociales de santé. Pilotée au niveau interministériel, elle est conçue en complément des stratégies sectorielles déjà existantes, dans un double objectif de mise en cohérence de l'existant et de complément sur les angles morts. Grâce à la PGMS, de nombreuses initiatives intersectorielles ont été mises au point, comme un soutien financier

aux entreprises souhaitant formaliser leurs politiques de conciliation famille-travail, la promotion de l'accès aux sports et aux loisirs pour des populations vulnérables, l'amélioration globale des conditions de vie des populations autochtones (sécurité alimentaire, jeux interscolaires, formation des professionnels de santé aux réalités culturelles autochtones, etc.).

- Au-delà de la PGDS, l'approche s'incarne dans un instrument législatif, qui « oblige tous les secteurs du gouvernement [à] prendre en considération les effets potentiels sur la santé des populations de leurs mesures législatives et réglementaires », en interaction avec le ministère de la Santé, qui doit être consulté et peut lui-même donner son avis ¹.

1. BERNIER Nicole F., *op. cit.*

États européens — du fait de l'absence d'un cadre juridique spécifique, de moyens financiers et opérationnels, et d'un portage politique suffisant¹³². Absent du PNSE 4, le concept fait l'objet d'un court développement dans la version consultative de la future Stratégie nationale Santé 2023-2033, mettant l'accent sur l'interministériel et les coopérations locales¹³³.

Au-delà d'une déclaration d'intention, l'approche globale de la santé dans toutes les politiques se fonde sur :

- Des **processus administratifs intersectoriels** et des **outils notamment d'évaluation** prospective des politiques, pour influencer l'élaboration des politiques publiques.
- Des **collaborations intersectorielles** (décideurs et professionnels de différents secteurs) et des **solutions multidimensionnelles** pour prioriser la santé dans tous les secteurs de l'action du gouvernement.
- Une **stratégie globale**, appuyée par le gouvernement, **agissant sur l'ensemble des déterminants**

de santé, et non un plan d'intervention émanant du secteur de la santé et / ou sur un enjeu sanitaire précis¹³⁴.

Dans les faits, si de nombreuses initiatives se réclament d'une approche « Santé dans toutes les politiques », peu couvrent réellement ces trois piliers¹³⁵.

Les exemples d'interactions vertueuses entre politiques sanitaires et environnementales sont nombreux. Sortir des énergies fossiles permet une amélioration rapide et durable de la qualité de l'air — pour rappel l'un des premiers facteurs de risques en santé environnementale. Plus largement, la transformation des mobilités vers des mobilités douces (transports actifs comme le vélo, mais aussi transports en commun dans la mesure où ils nécessitent une part de marche) favorise l'activité physique, dans un contexte d'inactivité physique endémique dans les sociétés occidentales — plus d'un tiers des adultes au Royaume-Uni cumulent un niveau de sédentarité élevé et une activité

132. WARIN Laurence, *L'Approche « Santé dans toutes les politiques » saisie par le droit*, thèse de doctorat en Sciences juridiques-droit public, université Paris Cité, 2022. URL : <https://www.theses.fr/2022UNIP7042>. Consulté le 31 janvier 2024.

133. *Projet de Stratégie nationale de santé 2023-2033. Projet soumis à consultation*, Paris : gouvernement français, 2023. URL : https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/projet_sns.pdf. Consulté le 31 janvier 2024.

134. BERNIER Nicole F., *Vers une approche axée sur la santé dans toutes les politiques aux paliers fédéral, provincial et territorial ?*, CCNPPS (Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé), 2023. URL : <https://ccnpps-ncchpp.ca/docs/2023-Vers-une-approche-axee-sur-la-Sante-dans-toutes-les-politiques-aux-paliers-federal-provincial-et-territorial.pdf>. Consulté le 27 février 2024.

135. Voir le site Internet du Global Network for Health in All Policies. URL : <https://actionsdg.ctb.ku.edu/>. Consulté le 13 mars 2024.

physique insuffisante¹³⁶. Ainsi, **l'atteinte des objectifs de l'accord de Paris se traduirait, selon une modélisation, par plus de 100 000 décès par an évités dans des pays comme l'Allemagne ou le Royaume-Uni**, principalement liés aux trois facteurs mentionnés (pollution atmosphérique, alimentation, activité physique).

Penser de concert santé et environnement permet aussi d'éviter des mesures sectorielles contre-productives, car **toutes les mesures environnementales ne se valent pas sur le plan sanitaire, et inversement**. Le remplacement des pailles en plastique par des alternatives majoritairement en papier s'est ainsi fait au prix de concentrations en PFAS en moyenne trois fois plus élevées pour les alternatives végétales¹³⁷, suggérant un sur-risque sanitaire — d'autant que si ces alternatives permettent effectivement de diminuer la pollution plastique, les PFAS sont aussi une source de pollution de l'environnement. À une échelle plus large, miser sur les biocarburants — l'une des voies envisagées notamment pour décarboner l'aviation — est certes bénéfique pour l'environnement (sous réserve de faisabilité en termes d'utilisation des sols agricoles¹³⁸), mais n'élimine pas le problème de la combustion, néfaste pour la santé humaine et animale. De la même manière, électrifier les mobilités sans, dans le même temps, favoriser massivement les mobilités actives ne permet pas d'amélioration particulière de l'activité physique. Plus largement, toute politique environnementale faisant fi d'une réflexion sur les inégalités socio-économiques risquerait d'aggraver les inégalités de santé¹³⁹.

Pour aller plus loin : associer santé et environnement, levier de mobilisation pour l'action climatique ?

Malgré la prééminence des changements climatiques et de leurs impacts sur les écosystèmes naturels et les sociétés humaines, **les individus et les collectifs peinent à engager des transformations à la hauteur de l'ampleur des enjeux**. Le caractère différé et intangible des effets des mesures apporte un élément de réponse. Les actions menées aujourd'hui n'auront pas d'impact perceptible avant plusieurs décennies, du fait de l'inertie du système climatique, de la persistance de la plupart des gaz à effet de serre dans l'atmosphère et du franchissement de points de non-retour — c'est le **défi temporel**. Les mesures d'atténuation locales auront des impacts globaux ; autrement dit l'action isolée d'un individu ou d'un collectif ne se traduira pas par une amélioration des conditions de vie individuelles, ou à l'échelle collective par rapport à un autre groupe qui, lui, n'aurait pas agi : voilà le **défi spatial**.

Ces deux difficultés viennent alimenter deux comportements conduisant à l'inaction : d'une part la **préférence pour le présent, d'autre part la stratégie du passager clandestin**¹⁴⁰. **Aborder les enjeux environnementaux sous l'angle de la santé permet de diminuer la portée de ces biais** : l'action individuelle en termes de santé permet d'envisager des bénéfices pour l'individu concerné, dont une partie s'observe à court terme.

136. ANSES, *Avis de l'ANSES relatif à l'évaluation des risques liés au niveau d'activité physique et de sédentarité des adultes de 18 à 64 ans, hors femmes enceintes et ménopausées*, ANSES, 18 janvier 2022. URL : <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2017SA0064-b.pdf>. Consulté le 31 janvier 2024.

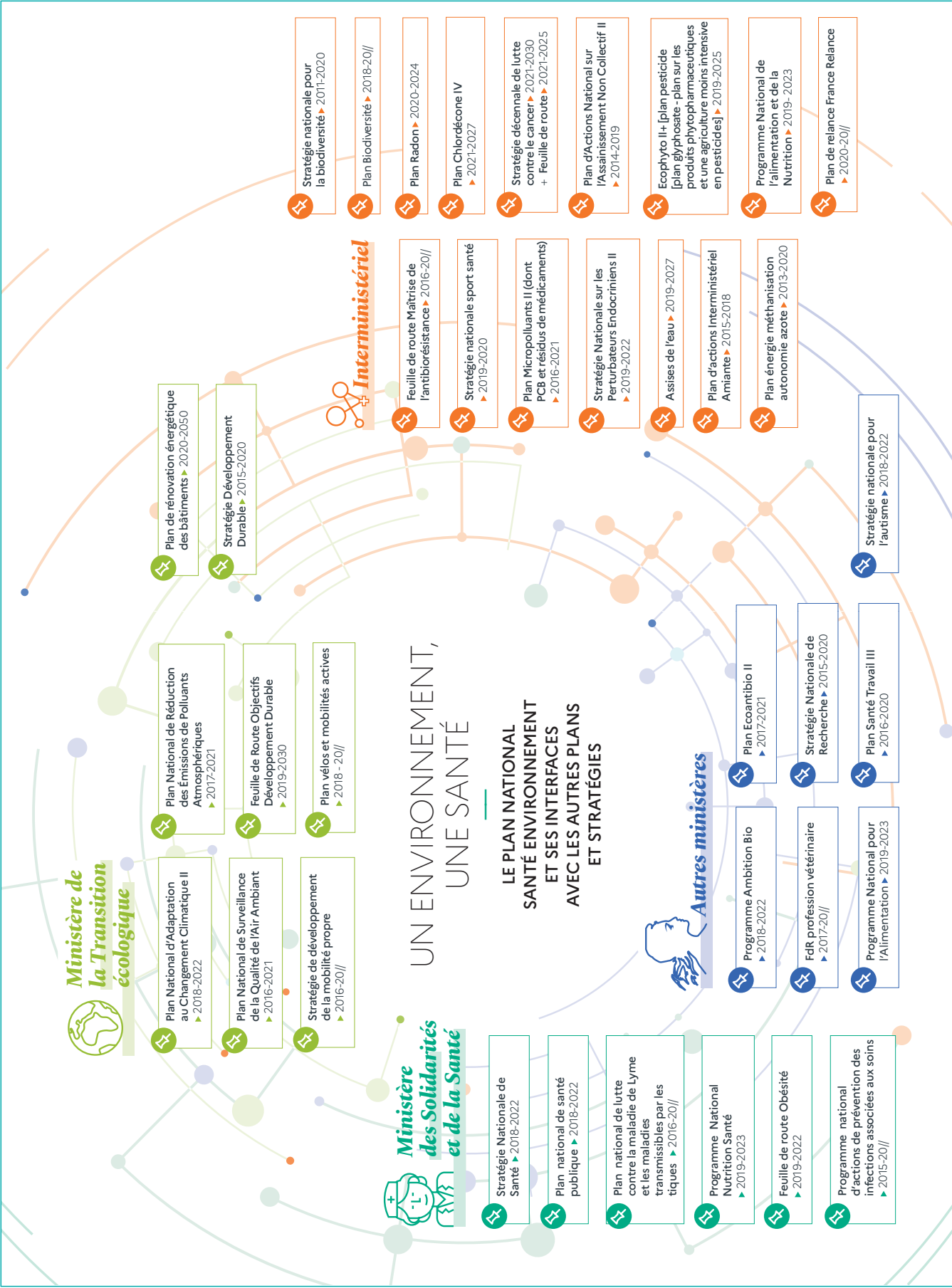
137. BOISACQ Pauline et alii, « Assessment of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFAS) in Commercially Available Drinking Straws Using Targeted and Suspect Screening Approaches », *Food Additives & Contaminants: Part A*, vol. 40, n° 9, 2023, p. 1230-1241. URL : <https://doi.org/10.1080/19440049.2023.2240908>. Consulté le 31 janvier 2024.

138. RAULINE Nicolas, « Biocarburants : la ruée vers l'or vert va créer des frustrations », *Les Échos*, 4 octobre 2023. URL : <https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/biocarburants-la-ruée-vers-lor-vert-va-créer-des-frustrations-1984555>. Consulté le 31 janvier 2024.

139. SLAMA Rémy, « L'environnement [...] », *op. cit.*

140. JEAN Kevin, « Tout ce qui est bon (ou presque) pour le climat est bon pour la santé », *Bon Pote*, 18 octobre 2023. URL : <https://bonpote.com/tout-ce-qui-est-bon-ou-presque-pour-le-climat-est-bon-pour-la-sante/>. Consulté le 13 mars 2024 ; et SLAMA Rémy, « L'environnement [...] », *op. cit.*

GRAPHIQUE 16. Cartographie des plans relevant des risques santé liés à l'environnement en France en 2023



Source : Un Environnement, une santé, op. cit., p. 12-13.

DÉFI 5. Pour une gestion des risques intégrée : construire une structure unique et stratégique en France ?

La France est caractérisée par un système organisationnel vertical au sein de l'État, des collectivités territoriales et des entreprises, peu adapté pour mener des actions de prévention, et de gestion transversale et systémique des risques. À l'inverse, **s'agissant de la plupart des risques santé liés aux polluants, les lois et les règlements, les normes, les modes de gestion, les régimes juridiques sont différents selon les milieux d'exposition** (air, eau, sol, déchets...), **les sources** (fixes, industrielles ou non, mobiles...) **ou les produits** (aliments, cosmétiques, vêtements, etc.).

Par ailleurs, **les dispositifs politiques sont aujourd'hui extrêmement dispersés**. On compte rapidement plus de 35 plans sur ces enjeux, relevant de plusieurs ministères. L'actuel PNSE est certes présenté comme étant « en interface avec les autres plans et stratégies », mais la dispersion est telle qu'effectivement la coordination apparaît très difficile¹⁴¹.

L'expérience de la gestion de la pandémie de Covid-19 a mis en exergue de manière frappante cette situation, qui interroge : **doit-on réformer en profondeur ces structures organisationnelles, qu'elles soient publiques ou privées ?** Pouvons-nous maintenir le *statu quo*, tout en envisageant de nouvelles dynamiques décisionnelles plus fortes du pouvoir politique ? Ou peut-être devrions-nous envisager une combinaison des deux approches ? Ces interrogations sont cruciales pour assurer la cohésion sociale et la durabilité des organisations.

Face aux menaces diversifiées et à la dispersion, la question **de disposer d'une structure stratégique unique se pose**. Une telle structure devrait imprégner l'ensemble des pouvoirs publics et des acteurs économiques, éla-

borer des doctrines à la suite d'un débat démocratique ouvert et notamment impliquer le Parlement, clarifier la répartition des responsabilités, et encourager une dynamique d'amélioration continue, s'appuyant sur l'évaluation et le retour d'expérience. Ce rôle s'apparenterait à celui d'un **chef d'orchestre** qui non seulement connaît la partition sur le bout des doigts, mais veille également à ce que chaque section de l'orchestre l'interprète avec justesse. Nous en sommes encore très loin.

Que la réponse s'incarne dans une structure unique ou non, l'enjeu **consiste à conférer les bonnes fonctions à la (ou aux) structure(s) pertinente(s)** (ministère de la Santé et de la Prévention, Direction générale de la Santé, Agences régionales de santé, etc.), d'avantage qu'à créer une nouvelle entité qui ajouterait une couche supplémentaire à la complexité déjà existante. Un exemple illustratif de ce type de structure est le Department of Homeland Security (DHS) des États-Unis, créé dans le sillage des attentats du 11 septembre 2001, dont les missions se sont par la suite étendues. Le DHS représente un modèle fédératif agissant en complément des différents départements ministériels. Il est chargé de l'analyse des risques, de la prospective, de la planification et de la coordination des réponses aux crises, incarnant ainsi les fonctions essentielles d'une politique de gestion des risques. Ce modèle gouvernemental offre un exemple pertinent qui pourrait être également adapté au sein des grandes entreprises.

Par ailleurs, l'Union européenne travaille à l'élaboration d'une structure analogue avec la Health Emergency preparedness and Response Authority (HERA). HERA est envisagée comme une entité capable d'évaluer les menaces, de collecter des renseignements, de développer des modèles prédictifs, de maintenir des

141. Intervention de William Dab dans le cadre des travaux du forum prospectif Santé 2040, à Futuribles, le 26 avril 2023.

Les grands principes d'un système de gestion des risques sanitaires liés à l'environnement selon William Dab¹

« Idéalement, un tel système devrait s'appuyer sur des argumentaires solides et conduire à une réelle protection sanitaire. Les mesures de prévention mises en œuvre doivent être cohérentes, globales et stratégiques, et respecter 10 principes généraux :

1. Le principe de transparence commande que les décisions soient fondées sur des règles claires pour tous les acteurs.
2. Le principe de globalité conduit à prendre en compte toutes les sources et voies d'exposition aux risques.
3. Le principe d'universalité vise à s'assurer que les mesures prises sont valables pour toute la population.
4. Il est complété par un principe d'équité qui prend en compte les spécificités de certains groupes (enfants, femmes enceintes, personnes en situation de précarité, etc.).
5. Le principe de rationalité conduit à fonder les décisions sur des preuves scientifiques et à faire appel au principe de précaution en situation d'incertitude.
6. Le principe de durabilité vise à ne pas considérer que le court terme, mais à tenir compte aussi du long terme et à éviter les transferts de risques entre les différentes filières.
7. Le principe d'anticipation conduit à évaluer les risques et les bénéfices attendus des décisions prises.
8. Le principe d'optimisation consiste à utiliser au mieux les ressources et les compétences.
9. Le principe d'éthique veut favoriser le respect des valeurs et des préférences des acteurs concernés.
10. Enfin, le principe de conformité impose le respect de la loi et du règlement.

Ces principes constituent le cadre de référence de la gestion des risques sur le plan international. Il n'est pas évident de les respecter tous en même temps, mais il faut s'efforcer de le faire. Surtout, il ne faut pas se contenter de principes. Ceux-ci doivent se traduire par des dispositifs opérationnels, en particulier :

- désigner des responsables pour chaque famille de risques ;
- mener des évaluations des risques basées sur l'ensemble des connaissances disponibles et réalisées indépendamment des contraintes de la gestion ;
- définir une stratégie d'intervention en termes de faisabilité et d'acceptabilité ;
- prévoir une évaluation des impacts des actions menées en termes de degré d'atteinte des objectifs ;
- organiser une concertation avec les parties concernées afin de dégager des consensus d'action. »

Source : ZNATY Sylvie, DAB William, JEAN Kévin, « Risques sanitaires : anticiper pour mieux gérer », *op. cit.*, p. 28-29.

1. Chercheur, laboratoire Modélisation, épidémiologie et surveillance des risques sanitaires (MESuRS) du Conservatoire national des arts et métiers (CNAM).

stocks stratégiques et de piloter des programmes de recherche. Bien qu'il ne soit pas prévu pour le moment que les États membres lui confient des responsabilités opérationnelles (à l'exception de la gestion des stocks

stratégiques), il est probable qu'à terme, une forme de gouvernance européenne dédiée à la gestion des risques environnementaux voie le jour.

DÉFI 6. Territoires, entreprises, associations, communautés, citoyens... : tous acteurs de la santé environnement

Les enjeux sanitaires et environnementaux sont — ou plus exactement devraient être — indissociables, **le champ des acteurs concernés ne doit donc pas se limiter au système de santé**. Au contraire, la plus grande importance, demain, des facteurs environnementaux invite à une forme de retour aux sources : alors qu'une partie importante de l'amélioration de la santé publique au tournant du XIX^e et du XX^e siècle avait été obtenue par l'amélioration de l'hygiène et de l'alimentation, les **progrès en santé seront aussi liés demain à une meilleure prise en compte des facteurs environnementaux, de nos expositions et de nos comportements**. Cette approche collective nécessite une **prise de conscience et une mobilisation de tous les acteurs de la société** (entreprises, associations, éducateurs, acteurs publics et institutionnels, citoyens, etc.) dans une **logique de subsidiarité**, avec un partage de la responsabilité de la prévention. Il serait par exemple absurde de faire reposer sur le système de soins la prévention relative à l'exposition aux polluants atmosphériques, dont les sources d'émission proviennent de consommations ménagères (trafic, chauffage) et industrielles.

Une **chaîne complexe d'acteurs doit être mobilisée** : les citoyens et le secteur privé notamment industriel, à la fois victimes et acteurs de la réduction des émissions, l'OMS, l'Union européenne et les États en tant que régulateurs et fournisseurs de normes, les collectivités locales (capables de rapidement mettre en œuvre des plans d'action adaptés aux réalités locales), les agences de surveillance de la qualité de l'air pour informer, les acteurs de la santé pour conseiller sur les risques et les

moyens de les atténuer, les assurances et les mutuelles dans leur rôle de prévention et d'information, etc. Cette exigence figure dans la loi depuis 2019 : « L'ensemble des acteurs de santé d'un territoire est responsable de l'amélioration de la santé de la population de ce territoire, ainsi que de la prise en charge optimale des patients de ce territoire¹⁴². »

Au-delà des organisations, **l'implication des citoyens** — à la fois principaux exposés aux facteurs de risques environnementaux et acteurs essentiels de la réduction des sources d'exposition — **dans les processus de décision doit être affirmée**. La participation citoyenne est essentielle à la fois pour percevoir les évolutions temporelles et spatiales des manières de considérer l'environnement et pour prendre les meilleures décisions possibles sur le plan de l'efficacité, de la pertinence et de l'acceptabilité sociale, dans une situation d'incertitudes scientifiques — incertitudes qui doivent être tranchées pour décider, ce qui convoque tant l'éthique, les valeurs et la perception des risques que les connaissances scientifiquement objectivables. Le fondement de la participation citoyenne est la mise en commun des savoirs et des représentations, qui peut s'incarner dans les médias sociaux, dans la science participative, dont l'objectif est de tisser des passerelles entre la méthode scientifique appliquée et les réalités sociales de populations confrontées à des enjeux sanitaires, ou encore dans l'épidémiologie populaire et l'expertise profane, qui permet de mieux faire face aux besoins liés au vécu des nuisances à la qualité de vie (poussière, bruit, vibrations, odeurs, nuisibles...) ¹⁴³.

142. Article 19 de la Loi n° 2019-774 du 24 juillet 2019 relative à l'organisation et à la transformation du système de santé.

143. BOUCHARD-BASTIEN Emmanuelle et alii, « Participation citoyenne », in Isabelle GOUPIL-SORMANY et alii (sous la dir. de), *Environnement et santé publique*, op. cit., p. 433-453.

BONNES PRATIQUES Le diagnostic local en santé environnement de Lorient Agglomération

Les acteurs locaux jouent un rôle essentiel pour apprécier et mesurer des situations très différenciées à l'échelle locale. L'élaboration d'un diagnostic local en santé environnement par Lorient en est une bonne illustration. Lancé à titre expérimental en 2017, il a été accompagné d'un guide puis d'un tableau de bord Santé environnement en 2021. La démarche est à la fois intégrative, puisqu'elle associe l'Agence régionale

de santé, l'Observatoire régional de la santé et des partenaires locaux, et incarne une vision globale de la santé, en élargissant les thématiques prises en compte aux enjeux de biodiversité, de changement climatique, etc. Ce diagnostic est une brique essentielle dans l'élaboration d'un futur plan d'action stratégique Santé environnement adapté aux problématiques spécifiques du territoire ¹.



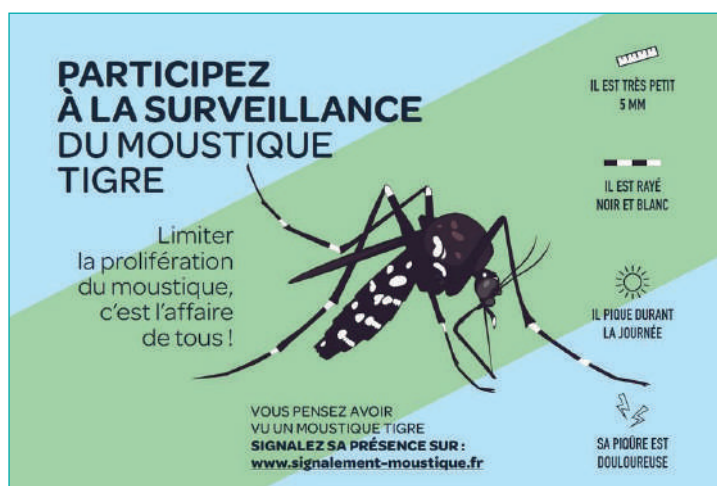
Le Tableau de bord Santé environnement de Lorient Agglomération, juin 2021. URL : https://orsbretagne.typepad.fr/2022/DLSE_LA_JANVIER-2022-opt.pdf. Consulté le 13 mars 2024.

1. L'ensemble des documents est accessible depuis le lien suivant : https://orsbretagne.typepad.fr/ors_bretagne/2022/01/tableau-de-bord-sant%C3%A9-environnement-de-lorient-agglom%C3%A9ration-identifier-les-sp%C3%A9cificit%C3%A9s-du-territoire.html. Consulté le 22 février 2024.

Il est tout aussi essentiel, pour faire le lien entre citoyens et organisations publiques et privées de réaffirmer le **rôle des acteurs relais** (professionnels de santé, enseignants, services de santé au travail, associations, collectivités locales, complémentaires santé, etc.). Pour les entreprises, une voie pourrait être l'intégration plus forte des enjeux santé (en lien avec les facteurs environnementaux, mais potentiellement la santé en général) dans les politiques de responsabilité sociale et environnementale (RSE), dans la lignée de ce qui a été esquissé par la transformation — à l'initiative de l'Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail (ANACT) — de la démarche Qualité de vie au travail (QVT) en démarche Qualité de vie et des conditions de travail (QVCT), renforçant entre autres

le bien-être et la santé au travail¹⁴⁴. Cela pourrait se concrétiser par la création d'un poste de « référent risques santé et environnement », qui serait en charge la coordination des actions de prévention, en lien avec les différents services (ressources humaines, santé au travail, RSE, etc.) — voir encadré suivant.

Les acteurs relais sont en outre une brique essentielle pour prévenir les dérives d'une personnalisation numérique poussée à l'extrême de la prévention, certes en phase avec les attentes d'une partie plus ou moins concise des citoyens, mais qui, en concernant avant tout les usagers déjà investis dans la gestion de leur capital santé, accentuerait fortement les inégalités en matière de santé.



Source : affiche de prévention contre le moustique tigre de l'Agence régionale de santé Auvergne-Rhône-Alpes, reprise sur le site de l'agglomération de Vienne Condrieu. URL : <https://www.vienne-condrieu-agglomeration.fr/valoriser-et-preserver/biodiversite/la-lutte-contre-les-especes-invasives/le-moustique-tigre>. Consulté le 14 mars 2024.

144. « Qualité de vie et des conditions de travail : de quoi parle-t-on ? », ANACT, 1^{er} juillet 2017. URL : <https://www.anact.fr/la-qvct-de-quoi-parle-t>. Consulté le 31 janvier 2024.

FICTION-FICHE DE POSTE

« Référent risques santé et environnement »

Intitulé du poste : Référent risques santé et environnement.
Lieu de travail : Siège social à Paris, avec des déplacements fréquents dans nos agences en France.

Type de contrat : contrat à durée indéterminée, temps plein.

Date de début : 7 septembre 2031.

Description de l'entreprise :

Notre entreprise, *leader* dans le secteur des services aux entreprises en France, s'engage à offrir un environnement de travail sain et durable à ses collaborateurs, tout en minimisant son impact environnemental. Dans le cadre de notre engagement en santé environnementale et en responsabilité sociale, nous recherchons un Référent risques santé et environnement pour rejoindre notre équipe.

Missions principales :

1. Évaluation des risques : identifier, évaluer et suivre les risques santé et environnement liés à nos activités, en collaboration avec les différents services de l'entreprise.
2. Mise en place de stratégies de prévention intégrées : développer et mettre en œuvre des stratégies de prévention et de réduction des risques santé et environnement.
3. Formation et sensibilisation : organiser des sessions de formation et de sensibilisation pour les collaborateurs sur les risques santé et environnement et les bonnes pratiques à adopter.
4. Veille réglementaire : assurer une veille réglementaire et s'assurer de la conformité de l'entreprise aux normes et réglementations en vigueur.
5. *Reporting* et communication : rédiger des rapports sur les risques santé et environnement, et communiquer de manière transparente avec les employés, les clients et les parties prenantes.
6. Gestion de crise : participer à la gestion de crise en cas d'événement sanitaire ou environnemental affectant l'entreprise.

Le poste est rattaché à la direction Qualité, sécurité et environnement (QSE). Le référent travaillera en étroite collaboration

avec les ressources humaines pour la mise en œuvre de programmes de formation et le suivi de la santé des employés. Il interagira régulièrement avec la Direction générale et le service Communication pour assurer une communication interne et externe transparente, et participer à la prise de décision stratégique. Le service juridique sera un partenaire clé pour la gestion des conformités et la préparation aux audits. Enfin, le référent sera en lien constant avec les services opérationnels pour identifier les risques sur le terrain et mettre en œuvre la stratégie de prévention.

Profil recherché :

- *Master* en santé environnementale, gestion des risques ou domaine connexe.
- 5 ans d'expérience minimum dans la santé environnementale ou la gestion des risques, idéalement dans le secteur des services tertiaires.
- Solide connaissance des enjeux sanitaires et environnementaux, maîtrise des outils d'analyse des risques et compétences en droit environnemental.
- Prise de décision en situation de crise, proactivité, sens de la communication et esprit d'équipe.

Ce que nous offrons :

- Flexibilité et bien-être : horaires flexibles, télétravail, espaces de travail végétalisés.
- Développement professionnel : formation continue et mentorat en santé environnementale.
- Engagement social : participation active à des initiatives solidaires et environnementales (programme « *One Day a Month for the Planet* »).
- Assurance santé avancée : couverture *premium* incluant des prestations spécifiques pour les risques santé et environnement, y compris sur les biens (label HabitatSanté A+).
- Prestations complémentaires : repas biologiques et flexitariens / végétariens, programme de covoiturage, et séances de méditation, prise en charge intégrale des déplacements domicile-travail (hors mobilités carbonées).

Cartes et boussole pour l'avenir : information, transparence et lanceurs d'alerte

DÉFI 7. Oser la transparence pour gagner la confiance

L'entrée dans une société des risques sanitaires et environnementaux induit une **exigence de transparence dans la manière de traiter politiquement et scientifiquement les risques**, à la fois dans leur dimension connue, mais aussi dans leur part d'incertitude, inhérente à la plupart des facteurs de risques environnementaux.

On ne peut répondre à cet enjeu de transparence que dans un cadre où tout citoyen, tout travailleur, bénéficie d'un **accès simple, rapide et compréhensible à des informations concernant** :

- **L'état de son environnement** naturel et immédiat : présence de polluants et risques santé associés — à l'instar des indicateurs de qualité de l'air existant dans certaines villes.
- La composition et **les risques santé associés aux produits et services consommés** — ce qui pourrait prendre la forme, pour les produits alimentaires, d'un « nutriscore » enrichi, à la manière de ce que peuvent esquisser des applications comme Yuka.
- **Les mesures et recommandations à suivre en cas d'exposition** : protocoles, suivi approprié...

La plupart des briques et des prérequis techniques pour capter et diffuser l'information existent, mais l'exigence de transparence, qui inclut aussi une attention particulière pour faire parvenir l'information aux populations les plus éloignées de ces enjeux, **n'est pas toujours respectée par les acteurs publics et économiques**. Les indicateurs de qualité de l'air européens et français sont ainsi, dans leur hétérogénéité (voire en incohérence entre les secteurs), souvent trop optimistes rapportés aux seuils de référence OMS — sachant qu'il n'y a pas, pour une partie des polluants atmosphériques comme les particules fines, un seuil en deçà duquel l'exposition serait sans danger. La lutte contre les PFAS se heurte, elle, au secret industriel derrière lequel se réfugient nombre d'acteurs concernés, et au renvoi de responsabilité entre autorités publiques et industriels¹⁴⁵. Les mesures et l'information ne sont parfois pas réalisées alors que des sources de pollution connues sont présentes sur les territoires : à Lille, il faut attendre 2022 pour qu'une étude établisse la présence d'une pollution au plomb en moyenne de 850 mg par mètre cube de terre, avec des pics à 1700 mg, dans un parc fréquenté par des enfants à proximité d'une usine produisant des batteries depuis plus d'un siècle¹⁴⁶. Quand elles le sont, un flou demeure sur

145. Rosso Émilie (réalisatrice), *Polluants éternels : un poison en héritage*, enquête France Télévisions Auvergne-Rhône-Alpes, diffusé le 7 juin 2023. URL : <https://www.france.tv/france-3/auvergne-rhone-alpes/enquetes-de-regions-auvergne-rhone-alpes/4945723-polluants-eternels-un-poison-en-heritage.html>. Consulté le 14 mars 2024.

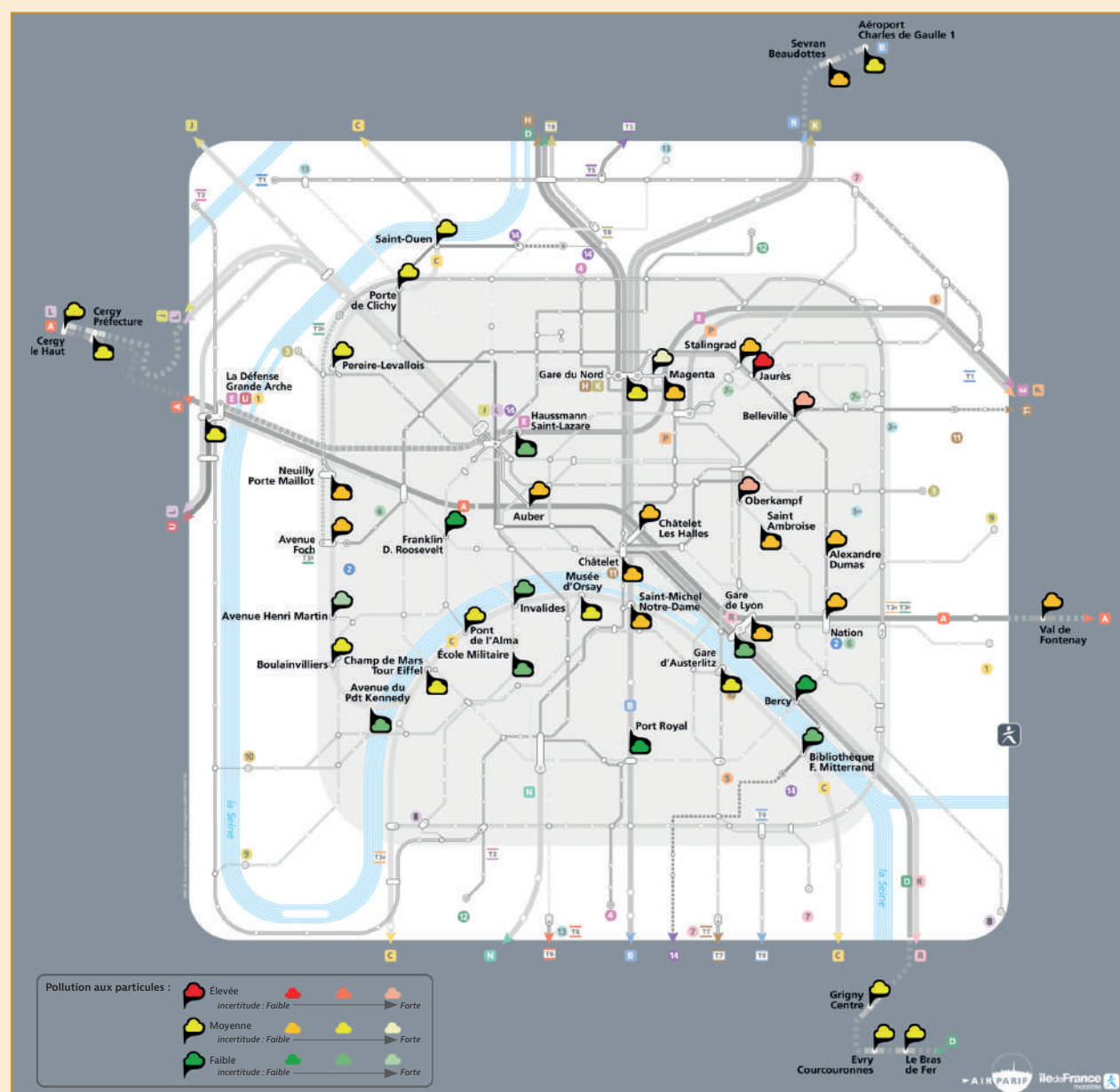
146. TRAULLÉ Florence, « À Lille, des quartiers populaires riverains d'une usine de batteries piégés par la pollution au plomb des sols », *Le Monde*,

BONNES PRATIQUES La carte de la pollution des stations de métro de Paris

De 2015 à 2022, en partenariat avec Île-de-France Mobilités, l'association Airparif a relevé les taux d'exposition aux particules fines dans 44 des 397 stations de métro du réseau francilien. Cette démarche a abouti à une première base de travail, qui a pris la forme d'une carte, amenée à être complétée à partir de juin 2024. La publication de

cette carte est intervenue dans un contexte agité, où à la suite d'un mouvement de contestation sociale initié par les révélations d'un documentaire en 2023, des travaux ont été engagés dans quelques-unes des stations qui apparaissaient les plus polluées.

CARTE 10. Qualité de l'air sur les quais des métros, RER et Transilien (pour un temps d'exposition d'une heure) (2015-2022)



Source : « Première cartographie de référence de la qualité de l'air sur les quais des enceintes ferroviaires », Airparif, 22 janvier 2024.
URL : <https://www.airparif.fr/actualite/2024/qualite-de-lair-sur-les-quais-des-metros-rer-et-transiliens>. Consulté le 26 février 2024.

leur véracité : contrairement à l'affirmation de son gestionnaire de « contrôle en continu 24 heures sur 24 et 365 jours par an », l'incinérateur d'Ivry-Paris XIII aurait fonctionné près de 7 000 heures sans mesure des dioxines entre 2020 et 2021 — chiffre d'autant plus inquiétant qu'un dysfonctionnement des capteurs indique un risque très élevé de combustion partielle, et donc d'émission de dioxines. Si les chiffres sont contestés par le gestionnaire, il n'en demeure pas moins un défaut majeur de communication, qui contraste par exemple avec la situation néerlandaise où un arrêt de 5 heures d'un capteur d'incinérateur avait déclenché une enquête gouvernementale¹⁴⁷. Si ces exemples ponctuels ne permettent pas une quelconque montée en généralité, ils constituent des freins majeurs à la construction d'un climat de confiance entre les populations et les autorités sanitaires.

L'exigence d'informer en toute transparence et de rebâtir la confiance est rendue plus urgente par l'inexistence d'un risque zéro — notion qui n'a par ailleurs jamais correspondu à une quelconque réalité scientifique, mais a pu faire l'objet de promesses politiques. L'information et la transparence restent cependant inefficaces en l'absence de compréhension et d'appropriation des enjeux et des risques associés : pour cela, il est nécessaire d'éduquer, de sensibiliser les populations, les organisations et les territoires.

Pour aller plus loin

À première vue, la perception sociale des risques peut revêtir une forme d'irrationalité : ainsi, le tabac, pourtant facteur de risque majeur pour la santé humaine,

inquiète bien moins que certains risques bien plus faibles, comme les détections infimes de benzène dans l'eau Perrier en 1990 ayant entraîné la destruction de 280 millions de bouteilles, ou plus hypothétiques, comme les risques supposés pour la santé humaine des organismes génétiquement modifiés (OGM). Néanmoins, les travaux du psychologue Paul Slovic ont montré que **cette perception des risques dépend largement d'une matrice à deux axes** : d'une part un **axe d'appréhension du risque ou de l'effroi** (le risque est-il maîtrisable, létal ? Son exposition est-elle volontaire ou non), allant de la caféine à la guerre nucléaire ; d'autre part un **axe d'incertitude** (le risque est-il observable, nouveau, connu scientifiquement ? Son exposition et les effets liés sont-ils immédiatement perceptibles ?), allant de la dynamite aux technologies génétiques¹⁴⁸. Ces deux ensembles de facteurs expliquent 80 % de la variance de la perception des risques, et déterminent ainsi une grande partie du taux de confiance à l'égard des scientifiques et des autorités publiques pour un risque donné.

Or, la confiance est un élément essentiel pour bâtir une stratégie de gestion des enjeux sanitaires liés à l'environnement qui soit partagée et acceptée par l'ensemble des acteurs de la société (citoyens, acteurs économiques, institutionnels, collectivités...), dans la mesure où ces décisions ont bien souvent, dans un contexte d'incertitude scientifique relative, des conséquences majeures, voire existentielles, pour certaines activités individuelles ou économiques (l'exemple de l'interdiction du glyphosate pouvant à ce titre être considéré quasiment comme un cas d'école).

29 octobre 2023. URL : https://www.lemonde.fr/planete/article/2023/10/29/a-lille-les-riverains-de-l-usine-exide-pieges-par-la-pollution-au-plomb-des-sols_6197205_3244.html. Consulté le 31 janvier 2024.

147. ARKENBOUT Abel et BOUMAN Kirsten J.A.M., *La Pollution invisible de l'incinérateur d'Ivry-Paris XIII. Analyse des mesures en semi-continu par le dispositif AMESA (années 2020 et 2021)*, ToxicoWatch, novembre 2023. URL : https://collectif3r.org/wp-content/uploads/2023/11/202311_Rapport_TW_Amesa.pdf ; et MANDARD Stéphane, « À l'incinérateur d'Ivry-Paris XIII, les dioxines ne sont pas contrôlées "24 h sur 24 et 365 jours par an" », *Le Monde*, 13 novembre 2023. URL : https://www.lemonde.fr/planete/article/2023/11/13/a-l-incinerateur-d-ivry-paris-xiii-les-dioxines-ne-sont-pas-controlees-24-h-sur-24-et-365-jours-par-an_6199902_3244.html. Consultés le 31 janvier 2024.

148. SLOVIC Paul, « Perception of Risk », *Science*, vol. 236, 17 avril 1987, p. 280-285. URL : https://www.researchgate.net/publication/325954197_The_perception_of_risk. Consulté le 14 mars 2024.

Pour cela, il est certes essentiel d'affiner les connaissances et la compréhension des risques santé et d'en mesurer les expositions, afin de réduire au maximum les incertitudes. Mais cette connaissance ne permet pas de construire de la confiance si elle n'est pas asso-

ciée à une volonté de transparence totale. Ainsi, les exemples passés montrent que **la négation d'un risque en l'absence de certitudes scientifiques est largement contre-productive**, quand elle n'alimente pas quelque théorie complotiste.

DÉFI 8. Institutionnaliser le rôle des lanceurs d'alerte

La construction de la culture du risque ne peut être viable que si la manière d'appréhender les risques santé liés à l'environnement prend en compte les nouvelles exigences sociales. Le manque d'informations et de transparence constaté ces dernières décennies dans le champ de la santé environnementale a en effet alimenté une **volonté de plus grande participation des citoyens et de la société civile dans les dispositifs d'alerte et la construction des réponses associées** à un risque identifié. Cet enjeu est d'autant plus crucial que, rappelons-le, le champ des risques sanitaires environnementaux évolue dans un contexte d'incertitude scientifique à partir duquel les décisions prises ou délayées sont lourdes de conséquences, à la fois sur la santé des populations, sur les activités des citoyens et sur celles des acteurs économiques.

Il est possible de décliner de nombreux exemples : en matière de santé environnementale et de risques sanitaires, **une part importante des évolutions historiques se sont faites par à-coups**, grâce à des actions individuelles ou de groupe. La multiplicité des risques environnementaux actuels et à venir rendra demain le rôle des lanceurs d'alerte plus important encore. S'il est aujourd'hui davantage protégé par les réglementations européenne et plus encore française¹⁴⁹, le dispositif de lanceur d'alerte ne peut pleinement jouer son rôle que

s'il est adossé à des fonctions d'expertise scientifique, pour apprécier :

- le degré de complexité scientifique des problématiques, intrinsèque ou liée à des controverses scientifiques ;
- leur degré d'urgence au regard des risques sanitaires ;
- leur degré d'importance et de dangerosité pour la santé publique ;
- éventuellement, le degré de perception sociale du risque, à la lumière des grilles de lecture de la perception des risques de Paul Slovic (voir « Défi 7. Oser la transparence »).

Un tel dispositif, qui reste, lui, à construire, permettrait rapidement de décider du type de mesures préventives le plus approprié, dont quelques exemples figurent dans le tableau 5 — le contour précis desdites mesures devant évidemment faire l'objet d'un examen plus approfondi. Il est par ailleurs essentiel qu'il se décline selon différents échelons, du local (au niveau des Agences régionales de santé par exemple) au national.

Cette fonction d'expertise scientifique doit contribuer à construire un cadre favorable pour que les individus et les organisations osent faire remonter des informations préoccupantes sans crainte de subir en retour

149. Pour le droit français, la loi n° 2022-401 du 21 mars 2022 visant à améliorer la protection des lanceurs d'alerte, donne une définition des lanceurs d'alerte plus large, simplifie les canaux de signalement et donne un nouveau statut à l'entourage des lanceurs d'alerte, améliorant ainsi le cadre prévu par la loi dite « Sapin II » du 9 décembre 2016. La loi a été traduite de manière pratique dans le « Référentiel relatif aux traitements de données à caractère personnel destinés à la mise en œuvre d'un dispositif d'alerte », CNIL (Commission nationale de l'informatique et des libertés), 6 juillet 2023. URL : https://www.cnil.fr/sites/cnil/files/2023-07/referentiel_alertes_professionnelles.pdf. Consulté le 31 janvier 2024.

TABEAU 5. Une rapide catégorisation des réponses pertinentes à une alerte sanitaire

CRITÈRES D'ÉVALUATION DE L'ENJEU			RÉPONSE POLITIQUE APPROPRIÉE
COMPLEXE ?	URGENT ?	IMPORTANT ?	
Oui	Oui	Oui	Principe de précaution fort
	Oui / non ou non / oui		Principe de précaution faible
	Non	Non	Statu quo + pédagogie si risque perçu important
Non	Oui	Oui	Réponse normative (interdiction, réglementation)
	Oui / non ou non / oui		Réponse normative plus légère
	Non	Non	Statu quo

Source : auteurs.

quelque effet négatif (pression psychologique, budgétaire pour les organisations...), ce qui n'est pas encore le cas aujourd'hui¹⁵⁰ — ainsi de nombreuses alertes internes aux hôpitaux faisaient état d'une préoccupation quant à la situation sanitaire dès janvier 2020.

Elle est d'autant plus importante que les populations expriment des attentes de protection de plus en plus fortes, dont une partie sera demain plus difficile à prendre en compte au regard de la concurrence des autres besoins de protection sociale et de solidarité nationale.

Pour aller plus loin

Sur une grande partie des enjeux sanitaires, à l'exception des enjeux planétaires (changements climatiques, pandémies) pour lesquels la communauté scientifique a joué un rôle majeur de vigie, **les évolutions majeures constatées sur les quatre ou cinq dernières décennies mettent en avant le rôle essentiel des lanceurs d'alerte et de l'action de petites communautés d'intérêts**, qui sont passés outre les systèmes classiques de surveillance et de vigie sanitaire.

Les exemples historiques sont nombreux :

- Alors qu'un tableau de maladies professionnelles dues à l'amiante est créé dès 1945, les premières décisions politiques limitant l'emploi de l'amiante datent seulement de 1977, à la suite d'une couverture médiatique liée notamment à l'action du chercheur Henri Pézerat.
- Dans l'affaire du talc Morhange de 1972, dont une partie de la production avait accidentellement été mélangée à un produit hautement toxique, causant la mort de 36 enfants et l'intoxication de 168 autres, l'indemnisation des victimes a résulté, en grande partie, du travail du journalisme d'investigation.
- La mobilisation du réseau Act Up-Paris (et par extension celle des différentes itérations nationales et internationales d'Act Up) a joué un rôle décisif dans l'accélération des politiques publiques de prévention et l'extension de l'accès aux traitements contre le VIH-sida.
- L'action de l'avocat Robert Bilott puis le recours collectif contre le chimiste DuPont ont permis de médiatiser les risques santé causés par les acides perfluorooctanoïques (PFOA, APFO ou C8) et perfluorooctanesulfoniques (PFOS), et plus largement par les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS), ou « polluants éternels ».

150. PAIR Stéphane, « Lanceurs d'alerte : "Dans une société qui fonctionne normalement, l'alerte devrait être directement instruite par les services de l'État" », FranceInfo, 10 novembre 2023. URL : https://www.francetvinfo.fr/sante/affaires/lanceurs-d-alerte-dans-une-societe-qui-fonctionne-normalement-l-alerte-de-vrait-etre-directement-instruite-par-les-services-de-l-etat_6123828.html ; et *Rapport 2021 sur les alertes professionnelles*, Integrity Line, 2021. URL : <https://www.integrityline.com/fr/expertise/livres-blancs/rapport-sur-les-alertes-professionnelles/>. Consultés le 31 janvier 2024.

Le principe de précaution

Le principe de précaution « vise à permettre aux décideurs de prendre des mesures de protection lorsque les preuves scientifiques relatives à un danger pour l'environnement ou la santé humaine sont incertaines et que les enjeux sont importants ¹ ». Apparu dans le droit allemand dans les années 1970, il est, depuis, intégré dans la législation européenne et dans celle de certains États membres, dont la France. Le problème est que, en l'absence de définition pratique universellement acceptée, les visions s'opposent, entre défenseurs du concept au nom de la santé humaine et de l'environnement, et détracteurs qui y voient une menace pour le progrès et l'innovation.

De fait, deux principes d'application existent :

- Le principe de précaution fort exige des décisions fortes (interdictions, réglementation stricte) dès qu'une menace potentielle est mise au jour. S'il est le plus efficace sur le plan de la santé, sa généralisation reste inapplicable socialement et économiquement, au vu de la quantité de menaces potentielles produites par les sociétés modernes — elle aboutirait rapidement à une situation de quasi-immobilisme.
- Le principe de précaution faible laisse une plus grande place aux outils de surveillance et de

vigilance, le temps d'instruire plus précisément la réalité des risques. Facilement applicable, ses modalités de mise en œuvre impliquent, en l'absence de preuves, une plus forte exposition des populations et territoires aux risques, et ont souvent une pertinence limitée au regard de la santé.

Dès lors, comment dépasser la contradiction ? L'application du principe est intrinsèquement complexe, car elle conjugue des arbitrages entre des logiques divergentes, une situation d'incertitude, et une évaluation des dangers et du rapport coûts/bénéfices souvent délicate. Une première étape pourrait être l'explicitation collective du partage des risques selon le rejet total (risque zéro, à l'instar des objectifs de la lutte antiterroriste), risque acceptable implicitement et risque acceptable explicitement (avec les limites conceptuelles du caractère acceptable d'un risque). L'enjeu étant, à partir de là, de chercher à diminuer au maximum la part des risques dont le caractère acceptable est implicite ou non formulé. Cela requiert une plus grande interaction entre science et politique dans la gouvernance du risque, et des arbitrages éminemment politiques entre précaution et innovation.

1. BOURGUIGNON Didier, *Le Principe de précaution. Définitions, applications et gouvernance*, EPRS (Service de recherche du Parlement européen), décembre 2015. URL : https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2015/573876/EPRS_IDA %282015 %29573876_FR.pdf. Consulté le 31 janvier 2024.

Savoirs et outils pour la société des risques

DÉFI 9. Développer considérablement la recherche, l'anticipation, et la surveillance en santé environnementale en France

La **surveillance en santé publique** joue un rôle crucial dans la gestion des risques sanitaires, particulièrement dans un contexte où les facteurs de risques environnementaux sont en augmentation et où l'approche plurifactorielle est de plus en plus nécessaire pour comprendre la causalité de la majorité des affections. Elle permet d'évaluer les effets des politiques publiques et d'identifier les comportements à risque qu'il convient de modifier pour réduire les expositions environnementales. Dans un monde où les conséquences de la dégradation environnementale sur la santé sont de plus en plus évidentes, renforcer les dispositifs de surveillance en santé environnementale et la compréhension fine de l'interaction entre risques environnementaux et santé humaine est d'autant plus essentiel.

Cependant, **la complexité et la multiplicité des facteurs de risque et des sources d'exposition rendent délicate la réalisation de cette visée** — certains facteurs comme les « polluants éternels », et plus encore l'interaction de différents facteurs (effet cocktail), sont encore assez peu renseignés par la science, ce qui rend l'évaluation des impacts et *a fortiori* la prise de décision plus ardues encore. Les dispositifs de surveillance doivent ainsi s'appuyer sur une analyse de multiples indicateurs et sur une expertise pluridisciplinaire.

De **nouveaux outils et approches permettent depuis récemment de renouveler l'approche** :

- Le concept d'**exposome** offre une vision intégrée des liens entre expositions et maladies, soulignant le besoin de progrès scientifiques pour mieux comprendre les conséquences de l'environnement sur

la santé tout au long de la vie. Fondamental dans le dépassement de l'approche unifactorielle, il nourrit encore aujourd'hui une abondante littérature scientifique.

- Les **outils de modélisation des risques** permettent de simuler de manière prédictive les conséquences de divers scénarios et crises potentielles, et de tester les stratégies de réponse, comme cela a été le cas lors de la crise de la Covid-19.
- Le **renouveau de la toxicologie et de l'épigénétique**, notamment autour du travail sur les perturbateurs endocriniens, a permis quant à lui de comprendre de nouvelles formes non linéaires de relations dose-danger.
- Enfin, les possibilités offertes par les **outils numériques**, que ce soit en mesure de l'exposition avec des capteurs et objets connectés, ou en analyse de données avec la constitution de cohortes et de données massives analysables à l'aide de l'intelligence artificielle, ouvrent la voie à des progrès considérables en expologie et en épidémiologie¹⁵¹.

L'accès aux données et leur interopérabilité restent néanmoins des enjeux majeurs, nécessitant des efforts en matière d'accès aux données ouvertes et de surveillance participative. Estimer de la manière la plus exhaustive possible l'impact de l'environnement sur la santé continue ainsi d'être un important défi, en raison de la complexité et de la variabilité des environnements, de la difficulté à caractériser toutes les expositions affectant la santé, et de la difficulté à estimer la part des maladies attribuables aux causes environnementales.

151. Source : interventions de William Dab dans le cadre du forum prospectif Santé 2040, à Futuribles, en février et avril 2023.

BONNES PRATIQUES Le système *Community-Based surveillance (CBS)* de la Croix-Rouge

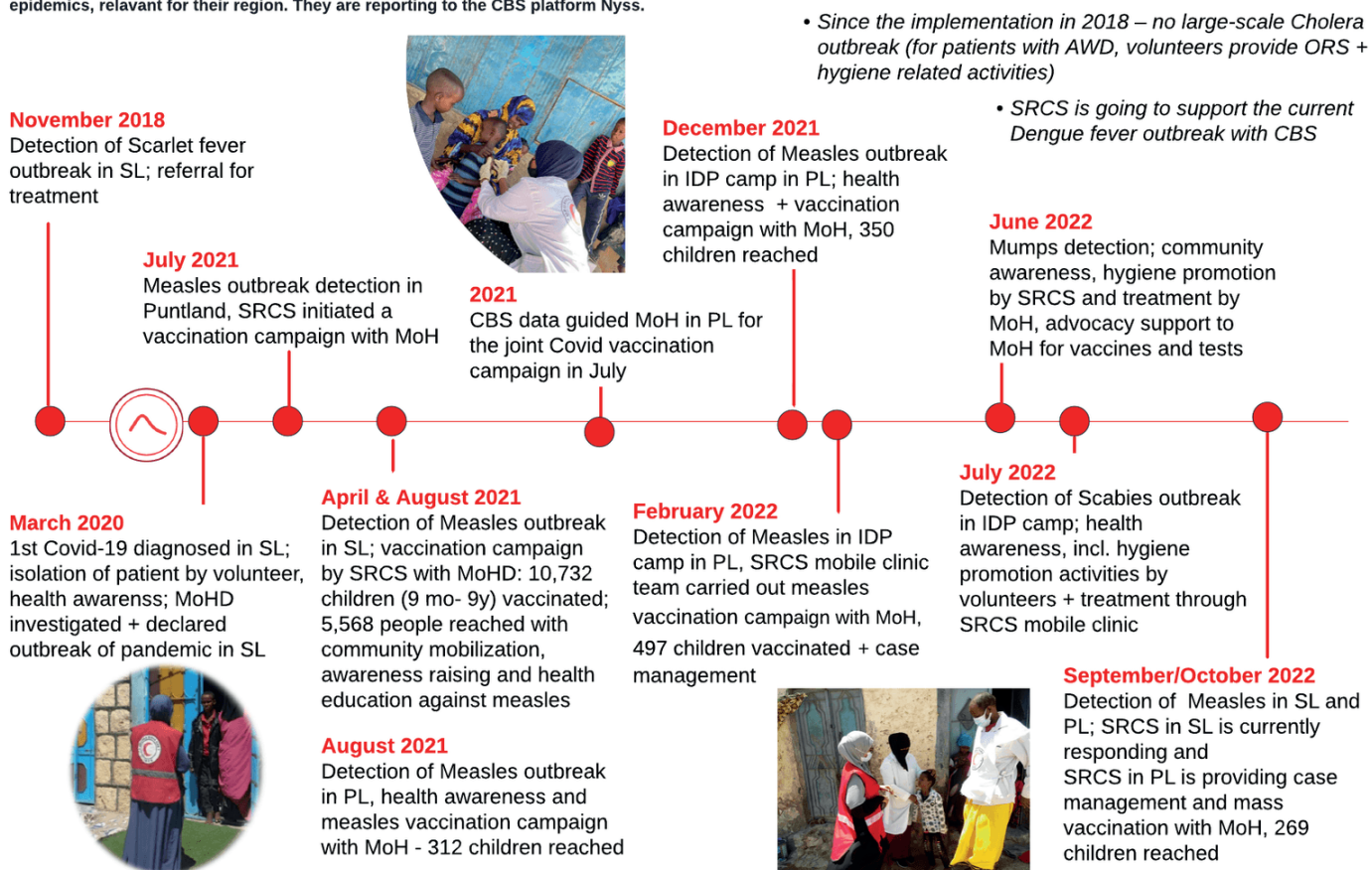
Tirant profit de son réseau de 17 millions de volontaires actifs dans le monde à l'échelle du mouvement, la Croix-Rouge norvégienne et la Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge ont développé un outil de surveillance épidémiologique basé sur la détection et le *reporting* systématique d'événements sanitaires (nouvelle épidémie, etc.)

par les volontaires de la Croix-Rouge. Les informations, remontées par des outils numériques, sont ensuite analysées et interprétées pour permettre de comprendre et prévenir les risques sanitaires locaux émergents très en amont. Cette détection très précoce a ainsi permis d'endiguer plusieurs épidémies naissantes.

GRAPHIQUE 17. Quelques exemples d'actions permises par la CBS de la Croix-Rouge

SUCCESSES with COMMUNITY BASED SURVEILLANCE (CBS) programmes in Somaliland and Puntland (Selection)

CBS has been implemented in Somaliland (SL) since 2018 and in Puntland (PL) since 2021. Volunteers are trained in the detection of signs and symptoms of certain epidemics, relevant for their region. They are reporting to the CBS platform Nyss.



Source : « What Is CBS », Comité international de la Croix-Rouge. URL : <https://cbs-dev.ifrc.org/what-cbs>. Consulté le 14 mars 2024.

BONNES PRATIQUES Le Programme de surveillance air et santé (PSAS) en France

Mis en place en 1997, le PSAS vise à surveiller en continu les concentrations de polluants atmosphériques et à évaluer leurs impacts sur la santé publique. Le réseau de surveillance s'appuie sur des stations réparties sur l'ensemble du territoire, couvrant actuellement 22 villes dont deux en Outre-mer, permettant une couverture géographique étendue et une collecte de données précises.

Le PSAS analyse les corrélations entre les niveaux de pollution atmosphérique et les effets sur la santé, en particulier parmi les populations vulnérables telles que les enfants, les personnes âgées et les personnes souffrant de maladies respiratoires. Les données recueillies sont utilisées pour alerter la population en cas de pic de pollution, pour guider les politiques publiques en matière de qualité de l'air et pour soutenir la recherche scientifique sur les liens entre pollution atmosphérique et santé. Le PSAS joue ainsi un rôle vital dans la surveillance et la caractérisation des effets à court et long termes de la pollution atmosphérique sur la santé, tout en réalisant des évaluations quantitatives d'impact sur la santé de la pollution atmosphérique (EQIS-PA).

Le programme a évolué au fil des ans, en collaboration avec des partenaires nationaux et régionaux, pour produire des études et des résultats qui guident les actions visant à réduire durablement la pollution atmosphérique. Ces actions ont un impact positif sur la santé et la qualité de vie de la population. Le PSAS a également mis l'accent sur la formation, en particulier pour les acteurs locaux et les collectivités, afin de les habilitier à mettre en œuvre des EQIS-PA, un outil

essentiel pour guider les interventions visant à réduire l'impact de la pollution atmosphérique.

Le programme a développé des guides et des outils pédagogiques, et a travaillé à l'amélioration de l'accès aux données et à l'interopérabilité des indicateurs et des bases de données. Il a également joué un rôle actif dans les initiatives scientifiques internationales et continue de contribuer à des projets de recherche.

L'accélération des changements climatiques et de la dégradation des écosystèmes rendent plus prégnant encore l'intérêt de tels dispositifs, avec une évolution probable des facteurs de risque. Le PSAS s'oriente ainsi, pour les années à suivre, d'une part vers la continuation du suivi de ces évolutions et de leurs impacts sur la santé humaine, et d'autre part vers la construction d'une approche plus intégrée d'évaluation des impacts sanitaires conjugués aux différents facteurs environnementaux.

Les effets bénéfiques sur la santé publique sont notables, avec une diminution des hospitalisations et des décès prématurés liés à la pollution atmosphérique.

En conclusion, le PSAS en France est un outil indispensable pour protéger la santé publique face aux risques liés à la pollution atmosphérique. Il contribue à une meilleure compréhension des liens entre qualité de l'air et santé, et joue un rôle clé dans la mise en œuvre de stratégies efficaces pour améliorer la qualité de l'air et protéger la santé de la population.

Source : « Le Programme de surveillance air et santé (PSAS) a 25 ans », Santé publique France, 14 octobre 2022. URL : <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2022/le-programme-de-surveillance-air-et-sante-psas-a-25-ans>. Consulté le 31 janvier 2024.

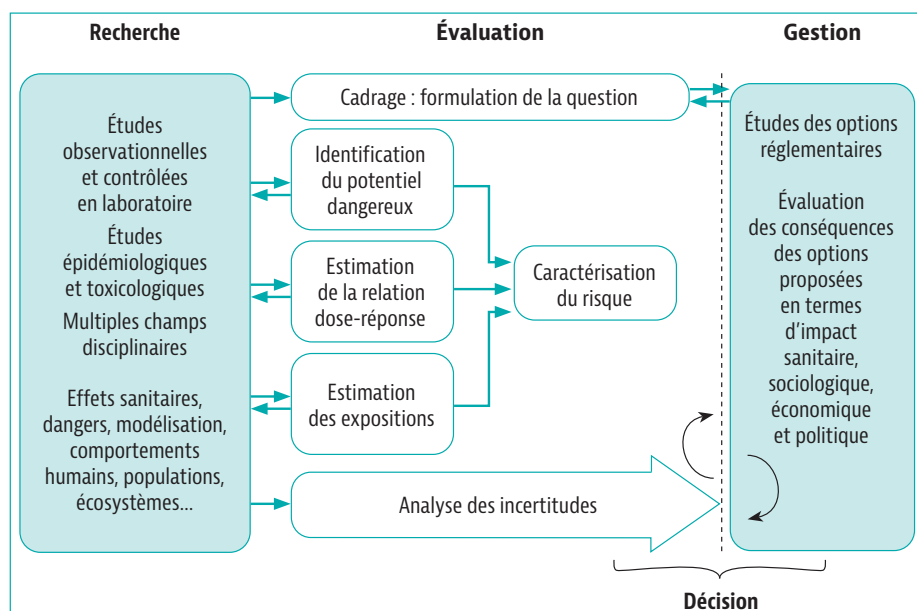
DÉFI 10. Renforcer l'évaluation de l'impact de l'environnement sur la santé

L'évaluation des risques sanitaires permet de faire la **synthèse des connaissances scientifiques existantes et de les traduire intelligiblement pour les décideurs et les gestionnaires**. Celle-ci prend généralement la forme de l'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS), formalisée en 1983 par le National Research Council (NRC) américain — parfois appelée simplement évaluation des risques sanitaires (ERS). L'EQRS s'attache à déterminer, pour un niveau d'exposition considéré, la valeur de risque associée. Si elle fait office de *standard* international, la **généralisation de l'approche et la production scientifique nécessaire à son application**, notamment en épidémiologie (dont la puissance des études est encore à ce jour souvent insuffisante), mais aussi dans des disciplines émergentes comme la biologie moléculaire, **constituent encore aujourd'hui des enjeux majeurs**. Cela est d'autant plus vrai pour les sources de risques complexes, par exemple avec une absence de seuil de risque, un rapport exposition-risque non linéaire, ou

des risques liés à des expositions cumulées à différentes substances ou à l'exposition à des produits de dégradation¹⁵². **Plusieurs approches et techniques ouvrent la voie à des améliorations potentielles** : intégration des approches omiques¹⁵³, modélisation en biologie des systèmes permettant une approche prédictive, meilleure prise en compte de la voie d'exposition, approche holistique et systémique incluant par exemple le rapport bénéfices/risques (par exemple, les retardateurs de flammes contiennent certes des substances nocives, mais préviennent d'accidents majeurs) ou la santé des écosystèmes¹⁵⁴.

Cette démarche est essentielle en cela qu'elle établit un lien entre l'approche scientifique de l'environnement et les impératifs de santé publique, permettant d'éclairer la prise de décision publique, en explicitant les incertitudes, et en identifiant des leviers pour en réduire la marge, et des hypothèses sur la part irréductible d'incertitude.

GRAPHIQUE 18. Composantes de l'évaluation des risques sanitaires et articulation avec la recherche et la gestion



Source : NRC, 1983, adapté et traduit dans GLORENNEX Philippe et alii, *op. cit.*

152. DAB William, *Santé et environnement...*, *op. cit.* p. 64-95 et GLORENNEX Philippe et alii, « Évaluation des risques sanitaires », in Isabelle GOUPIL-SORMANY et alii (sous la dir. de), *Environnement et santé publique*, *op. cit.*, p. 361-399.

153. Les technologies omiques sont un ensemble de méthodes et d'approches utilisées en biologie pour étudier de manière exhaustive et à grande échelle les différentes composantes d'un organisme ou d'un échantillon biologique. L'idée de leur utilisation dans le cadre des évaluations des risques sanitaires est « d'attribuer des profils à des groupes d'individus pour mettre en évidence des modifications (sains vs malades, exposés vs non-exposés, par exemple). Voir GLORENNEX Philippe et alii, « Évaluation des risques sanitaires », in Isabelle GOUPIL-SORMANY et alii (sous la dir. de), *Environnement et santé publique*, *op. cit.*, p. 371.

154. *Ibidem*.

CONCLUSION. Les risques sanitaires et la santé environnementale, nouveau champ d'exercice fondamental du politique

Dans un monde marqué par l'incertitude et la controverse, où la nécessité d'une réactivité rapide est mise en évidence par des crises telles que la pandémie de Covid-19, **les décisions publiques ne peuvent pas toujours être parfaitement éclairées** par des données statistiques, des analyses épidémiologiques, ou plus généralement **par l'expertise scientifique**. Bien que ces éléments soient indispensables, une grande partie des informations nécessaires restera dans le domaine des conjectures, des hypothèses, des fortes présomptions, ou même de l'incapacité à juger, notamment en ce qui concerne les risques santé majeurs et les conséquences, positives ou négatives, des politiques à mettre en œuvre.

Nous naviguons donc dans une réalité qui n'est que partiellement éclairée, occultée par un certain brouillard décisionnel. **Face à cette situation, les appareillages théoriques actuels semblent insuffisants** — le principe de précaution dans sa forme faible étant plus souvent le résultat d'un jeu d'acteurs complexe que la recherche de la meilleure solution objective, si tant est qu'une telle notion existe. **Les avancées, les politiques publiques en matière de santé environnementale se font sous l'angle de décisions et d'arbitrages forts, d'irréversibilité. Cela relève du registre fort du politique**, qui doit s'exprimer dans les moments, comme celui que nous connaissons, où face à une situation et à une incapacité des acteurs et de la société à prendre les décisions favorables sur le long terme, seule une décision politique forte et courageuse peut faire rapidement évoluer le contexte plus favorablement.

En d'autres termes, **le champ des risques sanitaires et de la santé environnementale deviendra demain — ou est en train de devenir — l'un des principaux terrains d'exercice du politique**. Les décideurs politiques se trouvent investis d'un droit de vie ou de mort sur des systèmes économiques et sociaux au nom d'enjeux sanitaires supérieurs, que ce soit en interdisant un produit ou en décidant d'un confinement. Avec des risques de plus en plus importants, **les politiques à mener deviendront de plus en plus radicales**, y compris dans leurs non-choix. Nous entrons dans un domaine qui va devenir régalien, mais qui est paradoxalement nécessairement partagé, car il repose sur les comportements individuels et l'acceptabilité sociale.

La question se pose alors : **sous quelles conditions le politique s'affirme-t-il en tant que tel ?** Y a-t-il des enjeux en matière de risques sanitaires et de santé environnementale qui pourront être gérés demain par une régulation collective dans un schéma de précaution faible ou limitée ? Autrement dit, peut-on croire aux engagements volontaires des acteurs industriels ou des citoyens ? Dans la négative, quels choix faire, comment les déployer sans polariser la société, les citoyens, les acteurs économiques ? Cela nécessitera d'ouvrir de nouveaux champs de réflexion aujourd'hui peu investis, voire tabous, comme le rôle de la fiscalité dans ce contexte — aujourd'hui minime.

La qualité d'un système politique pourra ainsi être évaluée par la manière dont il aborde ces enjeux, sa capacité à intégrer la complexité des risques sanitaires et environnementaux dans l'élaboration et la coconstruction des réponses adaptées.

Quel est le lien entre l'interdiction de vente des écureuils de Corée au sein de l'Union européenne, la récente médiatisation des contaminations aux « polluants éternels » autour de plusieurs sites industriels en France, les travaux d'aération engagés dans certaines stations de métro parisien, et la hausse de la mortalité des seniors liée aux vagues de chaleur ?

Chacun de ces événements est révélateur de l'impact croissant des facteurs environnementaux sur notre santé. Ils soulignent l'urgence sociale à réagir face à des risques autrefois négligés ou mal connus.

Mais la multiplication des messages rend notre perception des priorités plus complexe et confuse. Doit-on réellement s'inquiéter de la pollution de l'air, alors que les données montrent une baisse tendancielle de concentration des polluants depuis trente ans ? Faut-il s'alarmer de la réduction de la fertilité masculine mesurée par de nombreuses études ? Est-ce possible d'arrêter de consommer de l'eau contaminée par des microplastiques ou des substances per- et polyfluoroalkylées ? Pourquoi ne pas prohiber toute substance potentiellement nocive au nom du principe de précaution ?

Ces interrogations révèlent un tournant majeur : nous entrons dans une ère de grande incertitude, un monde où les risques sanitaires sont omniprésents et où les surprises sont la norme.

Face à cette complexité et dans le cadre de son forum prospectif Santé 2040, Futuribles International propose dans le présent rapport :

- Une synthèse de l'évolution passée des risques santé liés à l'environnement en France, et leurs perspectives à l'horizon 2040, enrichie de focus détaillés, de cas concrets et de scénarios prospectifs : à quoi devons-nous nous préparer ?
- Des dispositifs et pistes pour agir dans la société des risques sanitaires, assortis de nombreux exemples de bonnes pratiques déjà en œuvre : que pouvons-nous faire ?

Le forum prospectif Santé 2040 est un dispositif d'analyses et de synthèses prospectives sur les besoins, offres, transformations et évolutions des systèmes de santé en France à l'horizon des 20 prochaines années. Créé en 2022 par six organisations fondatrices orientant et valorisant les travaux, il est mis en œuvre par l'association Futuribles International et ses réseaux d'experts.

