



AVANT-PROPOS

Philippe Kourilsky

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

Santé et environnement : quelles évolutions vingt ans après ?

Il y a vingt ans se tenait une réunion fondatrice organisée par l'Institut Veolia et l'Institut Pasteur. À l'époque, le vaste thème « Santé et environnement » m'avait paru difficile à borner et compliqué à conceptualiser. Le biologiste moléculaire que j'étais alors peinait à lui associer des contenus scientifiquement définis. Un fort accent avait été mis sur l'éducation. Les conclusions de cette rencontre conservent toute leur valeur. J'invite le lecteur à les consulter¹. Le sommaire très étoffé du présent numéro de FACTS montre que le chemin parcouru depuis cette époque est considérable. Comment le décrire et tenter d'imaginer vers quoi il conduit ? Bien que parcellaires et assez personnels, les quelques aperçus qui suivent pourront aider le lecteur à forger ses propres avis.

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

C'est ainsi que la génétique moléculaire, née dans les années 1980, a changé de dimension avec le séquençage des génomes à très haut débit². De façon concomitante, le regard scientifique a dépassé les approches réductionnistes des débuts de la biologie moléculaire pour devenir beaucoup plus systémique. D'autres technologies, comme l'imagerie, ont contribué à cette révolution qui fait de la biologie une science caractérisée par une maîtrise croissante de la complexité³. Des progrès considérables ont été faits dans la compréhension de tous

les systèmes biologiques constitutifs de l'être humain : système nerveux, système immunitaire, système endocrinien, etc. L'étude des pathologies humaines a suivi le mouvement. En deux mots : la médecine est devenue plus scientifique, et ce faisant, plus personnalisée. Avec l'intelligence artificielle en renfort pour analyser, modéliser et exploiter des masses toujours croissantes de données, la médecine va encore connaître des changements profonds dont nous n'appréhendons que les frémissements.

Il n'y a pas que l'homme qui ait été touché par ce tourbillon de savoirs nouveaux. Au XX^{ème} siècle, le savoir environnemental se construisait à partir de quelques organismes « modèles », tels que la bactérie *E. Coli*, la levure de

bière, le ver *C. elegans*, la mouche drosophile, l'herbacée *Arabidopsis*, et la souris. Aujourd'hui, la connaissance s'est élargie à de très nombreux organismes, dans le domaine végétal notamment. Sans compter l'étude des fossiles et ses révélations sur l'évolution des espèces. Enfin, on pénètre beaucoup plus avant dans l'étude des écosystèmes composés d'une multiplicité d'organismes.

L'environnement est tout autant physique que biologique, mais l'interpénétration des deux est omniprésente : dans les sols, les océans, et l'atmosphère. Un gramme de terre contient environ un milliard de bactéries, et un millilitre d'eau de mer dix millions de virus⁴. Quant à l'atmosphère, selon les lieux et les activités humaines, elle contient des milliers ou des millions de particules (que nous respirons et qui peuvent véhiculer des microorganismes). Et n'oublions pas, bien sûr, le désormais tristement célèbre CO₂, qui est à la fois produit et absorbé par les êtres vivants, au-delà des activités humaines polluantes.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Exemple : les conséquences sur la santé mentale de guerres du Viêt-Nam, de Corée, d'Irak, d'Algérie et, aujourd'hui, de la guerre faite par la Russie à l'Ukraine, sont sans cesse réévaluées à la hausse. Et ce d'autant plus que certains traits comportementaux sont transmissibles sur une ou plusieurs générations par des mécanismes, parfois qualifiés d'épigénétiques⁶, encore mal connus. La pandémie de Covid19 et les mesures de confinement fournissent, de ce point de vue, un terrain d'observation intéressant. Qu'en sera-t-il des réfugiés climatiques ?

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

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

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

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

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

J'estime, plus que jamais, que l'écologie doit être une science morale⁷.

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

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

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