

# La santé humaine pâtit d'une vision simpliste de la biodiversité

## Philippe Grandcolas,

directeur de recherche au CNRS, directeur adjoint de l'Institut Écologie et environnement du CNRS.

## Gudrun Bornette,

directrice de recherche au CNRS, déléguée scientifique Écologie de la santé, CNRS Écologie et environnement.

### L'ESSENTIEL

► Dans les sociétés contemporaines, le monde vivant est parfois vu comme une source d'agressions directes : tel animal est venimeux ou toxique, telle plante est allergène. Il est indispensable de déconstruire les stéréotypes sur la biodiversité, de comprendre son fonctionnement et ses interactions pour corriger les actions préjudiciables des humains sur les écosystèmes, sources de pathologies multiples. Cependant, il n'existe pas de solution simple pour organiser ce voisinage ordinaire avec les espèces végétales et animales, si ce n'est en termes d'optimisation de co-bénéfices.

Nos sociétés occidentales se représentent souvent une nature sauvage où il ne ferait pas bon vivre. Elles complètent cette représentation avec une nature domestique qui est présumée dominée et que l'on pourrait maîtriser de toutes les manières, avec nos plantes cultivées et nos animaux d'élevage. Dans cette vision un peu manichéenne, la première serait source de plusieurs maux tandis que la seconde nous permettrait de vivre en bonne santé. Nos représentations culturelles de la biodiversité ressassent ainsi des stéréotypes de nature sauvage distancée de l'humain, alors que nous serions partie prenante d'une biodiversité ordinaire [1].

Cette représentation culturelle a aussi été renforcée par la communauté scientifique. Au xx<sup>e</sup> siècle, l'essor des sciences du vivant et celui de la médecine moderne ont fait que les recherches se sont focalisées sur ce qui est commun entre quelques

organismes modèles et les humains, principalement au laboratoire. Des organismes comme la drosophile, le poisson-zèbre ou la souris sont devenus des modèles biologiques, voire des analogues d'humains, extirpés du milieu naturel où ils vivaient auparavant.

Il en a résulté d'extraordinaires progrès de connaissance, mais aussi, parfois, un certain divorce avec les problématiques de la nature. En conséquence, le sauvage (au sens de « non domestiqué ») et l'extraordinaire diversité du vivant ont été effacés ou connotés négativement dans les représentations populaires du vivant, si ce n'est en termes d'exotisme lointain (forêts tropicales, grands mammifères africains, etc.). Actuellement, les questions de santé des pays tropicaux et équatoriaux, qui mettent en jeu les relations fondamentales entre la faune – et la flore – sauvage et la santé publique (comme les zoonoses, telles que paludisme, Ebola, Zika, chikungunya) paraissent des problématiques éloignées de nos préoccupations, y compris au sein d'une partie de la communauté scientifique. Les pays du Nord n'accordent pas toujours toute l'attention adéquate à ces questions, souvent associées dans les esprits à la pauvreté et au manque d'infrastructures de soin, alors que le problème est plus complexe.

Très récemment, en 1986, la science a défini le mot et le concept de biodiversité afin de réintroduire un intérêt pour l'étude des différences entre individus, entre espèces ou entre écosystèmes. L'étude de la biodiversité permet donc de réinvestir des champs thématiques comme celui de la santé humaine avec de nouveaux regards, notamment à travers le prisme du concept « Une seule santé » et de la « Santé planétaire » (voir article *Le*

*mot « nature » recèle une diversité de représentation* dans ce dossier). On perçoit mieux maintenant que la santé des écosystèmes, celle des animaux domestiques et des végétaux cultivés, et celle des humains sont liées [2].

### Des espaces naturels morcelés

Notre action sur les habitats et sur les espèces qui les peuplent est considérable. En premier lieu, nous fragmentons les habitats, par l'étalement urbain et l'expansion des terres agricoles notamment, permettant la circulation des humains dans les écosystèmes, et leur installation au plus près des organismes sauvages. Les animaux, pris au piège d'une nature morcelée, sont de plus en plus souvent au contact des humains, qui les considèrent au mieux comme des peluches, au pire comme des nuisibles. Cette proximité renforcée avec des animaux potentiellement réservoirs peut occasionner l'évolution d'agents pathogènes et leur passage entre espèces animales (sauvages et/ou domestiques), et vers les humains. Ces processus provoquent la circulation beaucoup plus rapide des maladies infectieuses zoonotiques, et même l'émergence de nouvelles maladies. Ces dernières apparaissent au rythme moyen d'une tous les 14 à 16 mois depuis le milieu du xx<sup>e</sup> siècle, avec un rythme s'accroissant d'autant plus que la mobilité humaine et animale à la surface de la planète s'est considérablement accentuée [3]. La fièvre à virus Ebola en Afrique en est un exemple tragique, qui a vu l'émergence d'épidémies de ce virus particulièrement morbide et mortel dans des zones récemment déforestées, à la suite de consommation de viande de brousse ou de contacts avec des chauve-souris réservoirs du virus [4].

La promiscuité avec les animaux réservoirs est encore augmentée par notre propension à la surexploitation de certaines espèces animales braconnées, domestiques ou péri-domestiques<sup>1</sup>, mais également par nos pratiques de mise en contact d'espèces ne se rencontrant normalement pas dans la nature (trafic et circulation d'animaux domestiques et sauvages dont la santé est mal évaluée, destruction des habitats naturels augmentant les contacts entre espèces, capture et domestication d'animaux sauvages), potentiellement sources d'agents infectieux et causes d'émergences zoonotiques.

Le changement climatique et le transport d'espèces exotiques, réservoirs ou vecteurs – potentiels ou avérés –, provoquent de nouvelles situations de voisinage problématiques. En France métropolitaine, on peut ainsi mentionner le ragondin, réservoir de la leptospirose décrite en 1886 en Europe, et le moustique tigre, vecteur de la dengue, arrivé à la fin du xx<sup>e</sup> siècle. Plus récemment, fin 2023, des tiques exotiques du genre *Hyalomma*, porteuses du virus de la fièvre de Crimée-Congo<sup>2</sup> (FHCC), ont été identifiées au sein d'élevages bovins dans le sud de l'Hexagone ; les premiers cas avaient été repérés en Espagne dès 2013.

### L'élevage industriel, gros fermentateur à pathogènes

Les élevages d'animaux domestiques posent problème, car ils font le relais entre les espèces sauvages réservoirs et les humains, ou à tout le moins, ils exercent des pressions de sélection problématiques sur des pathogènes. Par exemple, dans de petites fermes en Asie, le virus Nypah est passé des chauve-souris frugivores aux porcs qui fourragent sous les arbres où elles sont perchées, porcs qui l'ont ensuite transmis aux humains. Pire encore, en entassant des porcs ou des poulets génétiquement identiques et affaiblis dans des élevages géants, nous sélectionnons des agents pathogènes issus de réservoirs sauvages pour leur virulence : des élevages de volailles (71 % de la biomasse des oiseaux dans le monde !) permettent à des variants virulents de virus de la grippe aviaire de se maintenir, puisque tuer ou rendre l'hôte très malade n'empêche

pas la transmission, du fait de la promiscuité. La quasi-totalité des mutations entraînant la virulence de H5N1 chez les oiseaux sont ainsi apparues dans des élevages, depuis sa première observation en Chine en 1996 [5]. Ces variants d'un virus de la grippe aviaire mutés dans les élevages de volailles envahissent le monde, exterminant les oiseaux sauvages vivant en colonies, leurs voisins mammifères marins, comme en témoignent les fortes mortalités récentes de fous de Bassan et d'éléphants de mer. Ils infectent maintenant les vaches laitières aux États-Unis, avec un mode de transmission potentiellement différent. Pour le moment, ce variant affecte les humains de manière très limitée en provoquant une conjonctivite, mais il existe aussi d'autres variants de H5N1 en Asie, qui semblent moins anodins. Cette maladie, aviaire à l'origine, ne semble toujours pas transmissible d'humain à humain mais paraît déjà transmissible entre conspécifiques chez d'autres mammifères.

Peu ou non informés des concepts et théories de l'écologie, et des interactions avec la biodiversité, nous voyons souvent le monde vivant comme une source d'agressions directes et nous avons une analyse simpliste de la biodiversité. Tel animal est toxique ou venimeux, telle plante est allergène. La liste de ces agressions potentielles est très longue, à la mesure de la biodiversité. Nos conditions de vie modernes, dans des mégapoles, nous rendent fragiles de surcroît. On le voit avec la question des allergies respiratoires aux pollens qui augmentent en milieu urbain du fait de l'exposition à la pollution et d'une production de pollen plus précoce ou plus forte en lien avec le changement climatique. Ce problème peut être exacerbé par le choix de certaines espèces ornementales en ville, comme le platane, et renforcé en zone rurale ou périurbaine par l'introduction d'espèces exotiques allergisantes, compagnes des cultures, comme l'ambrosie à feuille d'armoise introduite avec des semences de trèfle américain.

En matière d'exposition, nos problèmes évoluent donc de concert avec la crise de la biodiversité et ses principaux moteurs, ainsi qu'ils ont été catégorisés par la Plateforme

intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES). La perte d'habitats et l'urbanisation, combinées au changement climatique et à l'augmentation de la circulation planétaire des organismes, induisent de nouveaux environnements artificialisés et propices à l'installation d'organismes opportunistes, et de nombreuses pathologies. Les pollutions multiples, tant dans notre alimentation que dans l'air, créent des situations de multi-exposition, qui exacerbent notre sensibilité. Enfin, nos pratiques horticoles, agricoles et sylvicoles renforcent notre exposition à des espèces exotiques introduites volontairement (ornementales) ou involontairement (compagnes de cultures, passagers clandestins de nos transports). L'étude de notre exposition doit aussi prendre en compte les amplifications ou les transformations liées aux chaînes alimentaires ; elle n'est pas seulement liée à la quantité de tel ou tel produit dans l'environnement, mais également à notre comportement, à sa disponibilité et sous quelle forme, et enfin à son amplification par stockage croissant dans des organismes liés entre eux au sein de chaînes alimentaires [6]. Cette amplification classiquement connue pour les substances lipophiles comme le DDT<sup>3</sup> commence à être considérée pour des substances liées aux protéines, comme certains PFAS perfluorés<sup>4</sup> [7].

### Le risque de microbiotes appauvris ou déséquilibrés

Le corps humain abrite également une biodiversité qui lui est propre, le microbiote (notamment intestinal) dont la composition et la dynamique dépendent de notre relation avec l'environnement et notamment de notre alimentation [8]. Deux kilogrammes de bactéries occupent ainsi notre organisme, appartenant à plus d'une centaine d'espèces, avec un nombre colossal d'individus (plus que le nombre de nos propres cellules, c'est-à-dire 30 000 milliards). Les études microbiologiques et de santé humaine commencent seulement à comprendre comment l'alimentation (importance des fibres ou des produits fermentés, effets délétères des pesticides...) régit la bonne santé de ce microbiote. De

nombreux problèmes tels que des maladies digestives, des troubles psychiques, des maladies dégénératives ou des cancers peuvent nous affecter particulièrement quand nos microbiotes sont déséquilibrés, appauvris ou bien envahis par tel ou tel microorganisme. Adopter une alimentation équilibrée nous conduit aussi à exercer des pressions plus limitées sur notre environnement interne et externe, avec un régime composé de légumes, de fruits et de produits fermentés en circuit court et de saison, cultivés sans pesticides.

Nous devons donc repenser notre relation à la biodiversité, dont nous faisons partie et à laquelle nous sommes liés de manière très complexe, ne serait-ce qu'à travers notre alimentation, ses écosystèmes de production et notre microbiote. Les espèces sauvages ou domestiquées ne sont ni des anges ni des démons. Elles font partie de notre environnement, interagissent entre elles, se reproduisent, se dispersent, et évoluent à chaque génération.

Notre manière d'interagir avec elles doit tenir compte de ces propriétés essentielles du vivant [9]. Lorsque certaines espèces risquent de nous poser problème, nous ne devons pas stimuler leur reproduction ou leur dispersion avec des prélèvements mal ciblés. Par exemple, tuer localement des blaireaux réservoirs de la tuberculose bovine stimule la dispersion des blaireaux voisins qui viennent occuper des territoires vides, en augmentant la probabilité de contamination par la tuberculose auprès d'animaux malades sauvages ou domestiques ; tuer des renards augmente la possibilité pour des rongeurs de se déplacer et de nous transmettre la bactérie *Borellia* et la maladie de Lyme via les tiques qui les parasitent et qui peuvent aussi nous mordre. Nous ne devons pas non plus sélectionner des caractéristiques génétiques indésirables avec des pressions inappropriées, qu'il s'agisse de la virulence d'un virus de la grippe ou de l'antibiorésistance chez des bactéries dans des élevages industriels ou avec des épandages en plein champ d'effluents contaminés ou de certains intrants antibiostatiques (par exemple le glyphosate).

La préservation et la limitation des intrusions humaines dans l'espace de vie des espèces sauvages est une manière à la fois de protéger la biodiversité et

de limiter la circulation des pathogènes dans l'environnement et vers les humains. Comprendre la puissance de la biodiversité à travers ces mécanismes dynamiques nous permettra d'accompagner les processus qui nous sont bénéfiques et de limiter voire de bloquer ceux qui nous portent gravement tort. Ainsi, il est indispensable de limiter fortement notre fragmentation des écosystèmes naturels, et notre propension à disperser les organismes volontairement ou involontairement pour prévenir les invasions biologiques d'organismes potentiellement pathogènes, ou vecteurs de pathogènes, sous peine d'être condamnés à lutter continuellement contre eux, comme c'est le cas pour le moustique tigre en France aujourd'hui. De même, il est indispensable de revoir notre modèle de production intensive de viande dans les élevages industriels d'animaux immuno-déprimés et standardisés, véritables fermenteurs à pathogènes, si nous ne voulons pas générer de nouvelles pandémies.

Le voisinage avec une biodiversité ordinaire végétale et animale dans nos mégapoles doit être organisé au mieux, sans libre évolution totale ni intervention permanente. Le coût

d'une telle gestion est important, mais les bénéfiques que nous en tirerons le sont encore plus. De telles innovations peuvent être développées et explorées en co-construction avec les parties prenantes d'un territoire, dans des zones dites ateliers<sup>5</sup> (comme celles du CNRS), en mettant en œuvre des solutions fondées sur la nature, également dans le cadre du programme de recherche national Solubiod<sup>6</sup> [4]. ■

1. De nombreuses zoonoses sont transmises par les animaux péri-domestiques, c'est-à-dire qui voient ou fréquentent les habitats humains : la maladie des griffes du chat, la teigne, la rage, etc.

2. Voir les documents de Santé publique France : <https://www.santepubliquefrance.fr/docs/elements-d-information-et-de-prevention-sur-la-fievre-hemorragique-de-crimee-congo> et <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2024/fievre-hemorragique-de-crimee-congo-adopter-les-bonnes-pratiques-pour-se-protger-des-piqures-de-tiques>.

3. Insecticide interdit en Amérique du Nord et en Europe, mais encore utilisé pour la lutte contre les maladies vectorielles dans de nombreux pays.

4. Les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées dites PFAS ou « polluants éternels », constituent un ensemble de plusieurs milliers de composés chimiques, parmi lesquels on trouve notamment deux herbicides actuellement autorisés en France (diflufenican, flufenacet).

5. Réseau de recherches interdisciplinaires sur les socio-écosystèmes et l'environnement en lien avec les enjeux sociétaux (NDLR).

6. <https://www.pepr-solubiod.fr/>

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] P. Grandcolas, C. Marc. *Tout comprendre (ou presque) sur la biodiversité*. Paris : CNRS Éditions, 2023.

[2] D. Destoumieux-Garçon, P. Mavingui, G. Boetsch, J. Boissier, F. Darriet, P. Duboz *et al.* The one health concept: 10 years old and a long road ahead. *Frontiers in Veterinary Science*, 2018, vol. 5, n° 14. En ligne : <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00014>

[3] P. Daszak, C. das Neves, J. Amuasi, D. Hayman, T. Kuiken, B. Roche *et al.* *IPBES Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn (Germany): IPBES secretariat, 2020. En ligne : DOI:10.5281/zenodo.4147317

[4] J. Olivero, J. E. Fa, R. Real, A. L. Márquez, M. A. Farfán, J. M. Vargas *et al.* Recent loss of closed forests is associated with Ebola virus disease outbreaks. *Scientific Reports*, 2017, vol. 7, n° 14291. En ligne : <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14727-9>

[5] K. Kupferschmidt. From bad to worse: How the avian flu must change before it can trigger a human pandemic. *Science*, 2023, vol. 380, n° 6640. En ligne : <https://doi.org/10.1126/science.adi1013>

[6] Inserm. *Pesticides et effets sur la santé : Nouvelles données*. Montrouge : EDP Sciences, coll. Expertise collective, 2021. En ligne : <https://www.inserm.fr/expertise-collective/pesticides-et-sante-nouvelles-donnees-2021/>

[7] C. Morrissey, C. Fritsch, K. Fremlin, W. Adams, K. Borgå, M. Brinkmann *et al.* Advancing exposure assessment approaches to improve wildlife risk assessment. *Integrated Environmental Assessment & Management*, 2024, vol. 20, n° 3 : p. 674-698. En ligne : <https://doi.org/10.1002/ieam.4743>

[8] P. Testard-Vaillant et la rédaction. Les pouvoirs méconnus du microbiote, peuple de nos intestins. *CNRS Le Journal*, 18 août 2022. En ligne : <https://lejournal.cnrs.fr/articles/les-pouvoirs-meconnus-du-microbiote-peuple-de-nos-intestins>

[9] M. Hossaert, X. Le Roux. Revising our way to program and support research to tackle the scientific issues of nature-based solutions: the case of France institutions. *In EGU23, The 25<sup>th</sup> EGU General Assembly*, 23-28 avril, Vienne (Autriche). Conference Abstracts, mai 2023 : p. EGU-16964. En ligne : <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023EGUGA.2516964H/abstract>