

Protéger la biodiversité pour préserver notre santé

Julien Fosse, Docteur vétérinaire, docteur en biologie, inspecteur en chef de santé publique vétérinaire

Pour l'Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), le « Giec de la biodiversité », les données scientifiques sont plus que convergentes : l'érosion de la biodiversité s'accélère sous l'effet de l'anthropisation des écosystèmes. Les causes de cet effondrement sont bien connues¹ :

- le changement d'affectation des terres et la déforestation, la France étant plus particulièrement concernée par l'artificialisation des terres qui s'opère à une ampleur supérieure à celle observée chez nos grands voisins européens² ;
- le changement climatique, l'application de l'Accord de Paris ne pouvant limiter que partiellement cette érosion³ ;
- la simplification des systèmes agricoles^{4,5} et la mutation du système alimentaire mondial, caractérisée par un accroissement de la production et de la consommation de produits carnés, une hausse des émissions de gaz à effet de serre, des pratiques agricoles plus intensives fortement consommatrices de pesticides et conduisant à une altération, en quantité et en qualité, des ressources en eau ;
- l'introduction et la diffusion d'espèces invasives qui bouleversent les équilibres au sein des écosystèmes ;
- l'utilisation de pesticides, qui constitue l'un des principaux facteurs incriminés dans la disparition des insectes et par voie de conséquence de la diminution des populations de vertébrés qui s'en nourrissent⁶, ainsi que les pollutions de l'air et des eaux.

¹ Ripple W.J., Wolf C., Newsome T.M., Galetti M., Alamgir M., Crist E., Mahmoud M.I., Laurance W.F. (2017), « World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice », *BioScience*, novembre [<https://doi.org/10.1093/biosci/bix125>].

² France stratégie (2019), Objectif « zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols ?, Paris, 54 p. [<https://www.strategie.gouv.fr/publications/objectif-zero-artificialisation-nette-leviers-protger-sols>]

³ Warren R., Price J., Van der Wal J., Cornelius S., Sohl H. (2017), « The implications of the United Nations Paris Agreement on climate change for globally significant biodiversity areas », *Climatic Change*, 14 mars 2018 (en ligne).

⁴ Griffon M. (2013), « Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive ? », Editions Quae, Paris 221 p.

⁵ Food and Agriculture Organisation (2018), « Initiative de passage à l'échelle supérieure de l'agroécologie – Transformer l'alimentation et l'agriculture au service des ODD », FAO, Rome, 17 p.

⁶ Museum National d'Histoire Naturelle (2018) *op. cit.*

C'est dans ce contexte que l'émergence du covid-19⁷ a interrogé les effets de l'érosion de la biodiversité sur notre santé. Car même si l'origine du coronavirus responsable de plus de 2 400 000 morts à travers le monde au 15 février 2021⁸ reste discutée, l'analyse phylogénique du virus souligne son origine animale, qu'il s'agisse d'un pangolin ou d'une chauve-souris⁹. La crise du covid-19 a ainsi mis en exergue un cas particulier d'interaction entre biodiversité et santé, celui de la transmission d'un agent pathogène issu de la faune sauvage à l'homme. Au-delà de ce cas particulier de zoonose, les écosystèmes rendent des services à l'humanité¹⁰ qui contribuent à l'amélioration de la santé humaine, telle que définie par l'OMS, comme « *un état de complet bien-être physique, mental et social, qui ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité* ».

Dans ce contexte d'effondrement massif de la biodiversité mondiale, la pandémie du covid-19 constitue-t-elle un épisode exceptionnel ou bien un « cygne noir », précurseur d'épidémies qui pourraient être appelées à se multiplier dans les années à venir ? Plus largement, quels sont les effets avérés et potentiels des atteintes à la nature sur notre santé, individuelle ou collective ? Comment mieux anticiper ces risques ? L'objectif de ce décryptage est de mettre en lumière les interactions entre santé et biodiversité, au-delà de la stricte question des maladies infectieuses, et d'esquisser les pistes d'une meilleure prise en compte de cet enjeu dans les politiques publiques.

I. L'humanité est de plus en plus exposée à de nouveaux risques de maladies infectieuses

1. Des infections émergentes plus nombreuses

Selon l'Organisation mondiale de la santé, les maladies infectieuses restent les premières causes de décès dans les pays les moins développés¹¹, malgré les progrès de la médecine et le développement des traitements anti-infectieux. Un développement largement contrarié par l'accroissement de l'antibiorésistance qui réduit l'arsenal thérapeutique face à ces nouveaux dangers. Les voies de transmission de ces résistances aux antibiotiques, liées à l'usage des antibiotiques en médecine humaine et vétérinaire, impliquent les micro-organismes de l'environnement et la faune sauvage, notamment via la transmission de germes résistants des animaux d'élevage aux animaux sauvages¹².

⁷ Le SARS-CoV-2 (*severe acute respiratory syndrome coronavirus 2*) ou coronavirus 2 responsable du syndrome respiratoire aigu sévère est l'agent pathogène responsable de la maladie à coronavirus 2019 (covid-19). Par simplification, nous utiliserons dans la suite de ce décryptage le terme covid-19 pour désigner tout à la fois l'agent pathogène et la maladie qu'il provoque.

⁸ <https://coronavirus.politologue.com/>

⁹ Museum National d'Histoire Naturelle (2018), Covid-19 : l'analyse des génomes révélerait une origine double du virus (<https://www.mnhn.fr/fr/recherche-expertise/actualites/covid-19-analyse-genomes-revelerait-origine-double-virus>)

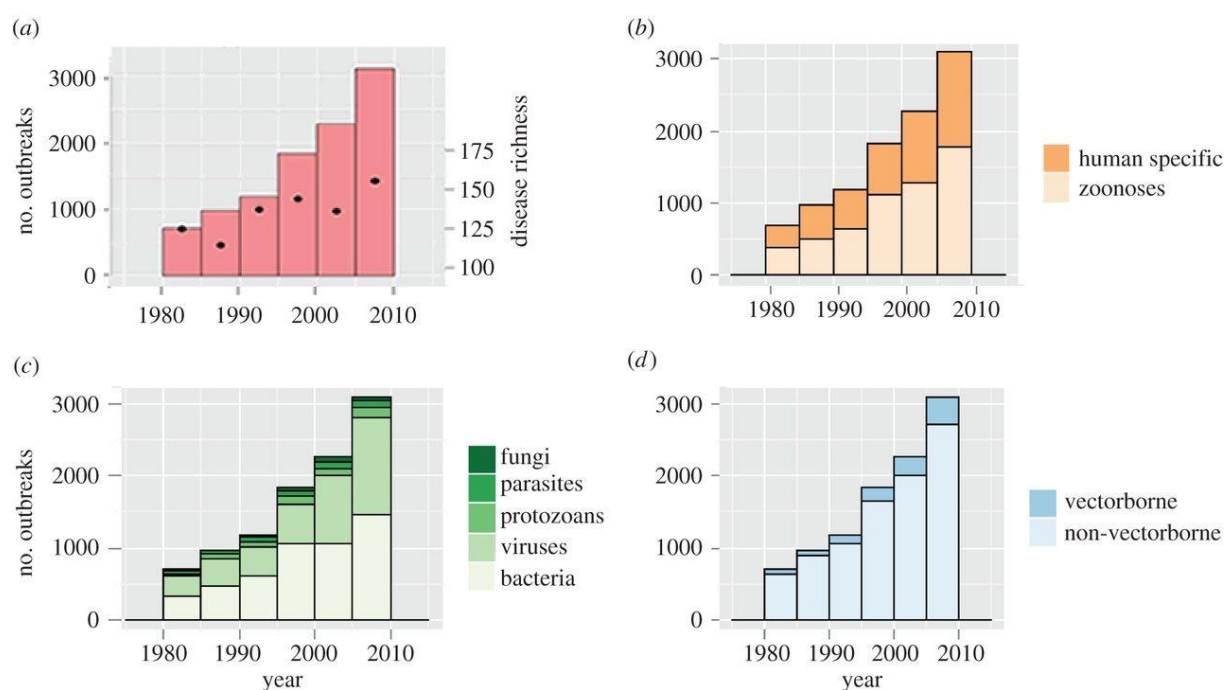
¹⁰ World Resources Institute (2003), « Ecosystems and human well-being : a framework for assessment - Millennium Ecosystem Assessment », Island Press (ed.), Washington D.C., 266 p.

¹¹ <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>

¹² Goutard Flavie Luce, Bordier Marion, Calba Clémentine, Erlacher-Vindel Elisabeth, Góchez Delfy, de Balogh Katinka et al. Antimicrobial policy interventions in food animal production in South East Asia BMJ 2017; 358 :j3544 (<https://www.bmj.com/content/358/bmj.j3544>).

Sont qualifiées d'émergentes les maladies provoquées par des agents pathogènes nouvellement identifiés ou dont les caractéristiques épidémiologiques évoluent brusquement, témoignant de l'adaptation d'un agent pathogène à son environnement. Ces maladies infectieuses nouvelles se développent à travers la planète depuis le début des années 1980¹³, avec deux à trois nouveaux agents infectieux émergents par an¹⁴. Cela pourrait s'expliquer tout à la fois par un meilleur recueil d'informations sanitaires et par l'augmentation du nombre de ces émergences. Une analyse épidémiologique rétrospective souligne néanmoins qu'à effort de surveillance constant, on observe bien une augmentation du nombre d'épidémies, en particulier d'origine animale¹⁵ (figure 1). De 1980 à 2013, 56 % des épidémies recensées étaient des zoonoses, contre 44 % des épidémies causées par des maladies propres à l'homme. Le nombre de foyers d'épidémies d'origine zoonotiques a crû régulièrement sur la période, passant de moins de 320 foyers de 1980 à 1985 à plus de 1270 foyers sur la période 2005-2010.

Figure 1 – Evolution du nombre de foyers de maladies infectieuses détectées de 1980 à 2010 et typologie des foyers en fonction de la nature et de l'origine de l'agent pathogène (d'après Smith et al., 2014).



Source : Smith KF, Goldberg M, Rosenthal S, et al. Global rise in human infectious disease outbreaks. *J R Soc Interface*. 2014;11(101):20140950. doi:10.1098/rsif.2014.0950

¹³ Smith KF, Goldberg M, Rosenthal S, et al. Global rise in human infectious disease outbreaks. *J R Soc Interface*. 2014;11(101):20140950. doi:10.1098/rsif.2014.0950

¹⁴ Jones, K., Patel, N., Levy, M. et al. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 451, 990–993 (2008). <https://doi.org/10.1038/nature06536>

¹⁵ Smith KF, Goldberg M, Rosenthal S, et al. Global rise in human infectious disease outbreaks. *J R Soc Interface*. 2014;11(101):20140950. doi:10.1098/rsif.2014.0950 ; FRB (2020) - <https://www.fondationbiodiversite.fr/wp-content/uploads/2020/05/Mobilisation-FRB-Covid-19-15-05-2020-1.pdf>

Parmi ces maladies émergentes, 75% d'entre elles sont zoonotiques, c'est-à-dire transmissibles de l'animal à l'homme¹⁶. L'analyse de l'origine de ces maladies infectieuses, tenant compte des biais d'identification liés aux efforts de recherche, montre qu'elles apparaissent essentiellement en zone inter-tropicale^{17,18}, ce qui pourrait en partie s'expliquer par la richesse en biodiversité de ces régions.

Le risque infectieux est en effet déterminé par la conjonction de trois facteurs : la présence de l'agent pathogène, le niveau d'exposition des humains à cet agent pathogène et leur vulnérabilité, c'est-à-dire la « réceptivité » des individus et des populations à un nouveau micro-organisme. Or la recherche montre que les zones riches en espèces de mammifères et d'oiseaux correspondent aux zones à forte richesse en espèces de microorganismes pathogènes^{19, 20}. Le risque d'émergence de maladies apparaît ainsi plus élevé dans les régions de forêts tropicales, présentant des « hot-spots » de biodiversité plus importants, ce qui est synonyme d'un plus grand nombre d'agents pathogènes²¹. En zone tempérée, le risque d'émergence zoonotique est plus faible, notamment parce que la vulnérabilité des populations humaines y est moins importante grâce à un meilleur système de santé publique et de plus faibles densités de populations humaines dans les mégapoles²².

2. Des contacts plus fréquents entre les êtres humains et la faune sauvage

Il existe un fort consensus scientifique pour souligner le lien entre déforestation et multiplication des zoonoses en zone tropicale²³. Il existe néanmoins un grand nombre de facteurs associés à la déforestation elle-même qui expliquent cette observation : la fragilisation des populations de prédateurs d'espèces réservoirs d'agents pathogènes, une présence accrue des humains dans les forêts, des interactions plus fréquentes entre humains, animaux sauvages et animaux domestiques- aux interfaces entre villes et forêts.

Le changement d'utilisation des sols, principalement l'exploitation des forêts des régions intertropicales pour la production agricole, accroît la probabilité de contact entre les humains et des réservoirs animaux. En créant des terres agricoles sur la forêt et en installant des exploitations en lisière d'espaces naturels, la faune sauvage se trouve plus facilement en contact des populations rurales. Ce mécanisme explique ainsi l'émergence du virus Nipah en Malaisie, provoquant une maladie respiratoire et neurologique grave présentant un taux de létalité variant de 40 % à 75 %. La

¹⁶ S. Morand & C. Lajaunie (2017). Biodiversity and health. Elsevier

¹⁷ Wolfe ND, Dunavan CP, Diamond J. Origins of major human infectious diseases. *Nature*. 2007;447(7142):279-283. doi:10.1038/nature05775

¹⁸ Allen et al. (2017) - Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases - <https://www.nature.com/articles/s41467-017-00923-8>

¹⁹ Schipper et al. (2008) – The status of the world's land and marine mammals: diversity, threats and knowledge – *Science* 225 (2008), 322 - DOI: 10.1126/science.1165115

²⁰ Robert R. Dunn, T. Jonathan Davies, Nyeema C. Harris and Michael C. Gavin (2010) - Global drivers of human pathogen richness and prevalence. *Proc. R. Soc. B*. 2772587–2595 <http://doi.org/10.1098/rspb.2010.0340>

²¹ Allen, T., Murray, K.A., Zambrana-Torrel, C. et al. Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nat Commun* 8, 1124 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00923-8>

²² Neiderud CJ. How urbanization affects the epidemiology of emerging infectious diseases. *Infect Ecol Epidemiol*. 2015;5:27060. Published 2015 Jun 24. doi:10.3402/iee.v5.27060

²³ FRB (2020) - <https://www.fondationbiodiversite.fr/mobilisation-de-la-frb-par-les-pouvoirs-publics-francais-sur-les-liens-entre-covid-19-et-biodiversite/>

destruction des forêts primaire pour la culture des palmiers a favorisé l'implantation des chauve-souris frugivores, qui se sont rapprochées des élevages de porcs qu'elles ont contaminés. Les porcs ont ensuite servi d'hôtes amplificateurs pour l'infection humaine. Presque tous les cas humains observés ont ainsi été en contact avec des porcs^{24,25}.

Plus généralement, l'intensification des systèmes d'élevage semble être à l'origine de risques accrus d'émergences de zoonoses : l'analyse rétrospective des données épidémiologiques disponibles montre que, depuis 1940, des déterminants d'origine agricole ont été associés à plus de 25 % de toutes les maladies infectieuses - et plus de 50 % des zoonoses - apparues chez les humains²⁶. Ainsi, l'augmentation des densités d'humains, de cultures et de bétail a le potentiel d'augmenter à la fois l'incidence et la gravité des maladies infectieuses, ce que renforce la faible diversité génétique des animaux d'élevage et leurs conditions d'élevage, génératrices de stress. Dans les élevages industriels néanmoins, la mise en place de mesures de biosécurité²⁷ limite l'entrée des pathogènes dans ces élevages. Les risques d'émergence sont donc moins fréquents, mais quand l'émergence se produit, la maladie peut se propager rapidement du fait de la forte densité des animaux et de leur faible diversité génétique.

II. La destruction de l'environnement, d'origine anthropique, est à l'origine de ce risque infectieux accru

1. L'érosion de la biodiversité favorise l'émergence de maladies infectieuses

Dans un écosystème donné, beaucoup d'agents pathogènes circulent chez les animaux sauvages. Leur transmission à l'homme nécessite des contacts avec des espèces réservoir, directs ou indirects, via un animal vecteur (insecte par exemple). Leur transmission inter-humaine n'est pas systématique (cas de la rage par exemple)²⁸. La transmission de l'animal à l'homme est favorisée par la proximité phylogénétique, c'est-à-dire l'importance du génome partagé entre espèces. Les groupes d'animaux présentant une forte proximité génétique et physiologique avec l'espèce humaine, comme les primates ou les mammifères, constituent ainsi plus fréquemment ces

²⁴ Raj Kumar Singh, Kuldeep Dhama, Sandip Chakraborty, Ruchi Tiwari, Senthilkumar Natesan, Rekha Khandia, Ashok Munjal, Kranti Suresh Vora, Shyma K. Latheef, Kumaragurubaran Karthik, Yashpal Singh Malik, Rajendra Singh, Wanpen Chaicumpa & Devendra T. Mourya (2019) Nipah virus: epidemiology, pathology, immunobiology and advances in diagnosis, vaccine designing and control strategies – a comprehensive review, *Veterinary Quarterly*, 39:1, 26-55, DOI: [10.1080/01652176.2019.1580827](https://doi.org/10.1080/01652176.2019.1580827)

²⁵ Bryony A. Jones, Delia Grace, Richard Kock, Silvia Alonso, Jonathan Rushton, Mohammed Y. Said, Declan McKeever, Florence Mutua, Jarrah Young, John McDermott, Dirk Udo Pfeiffer (2013) - Zoonosis emergence and agroecological change - *Proceedings of the National Academy of Sciences* May 2013, 110 (21) 8399-8404; DOI: [10.1073/pnas.1208059110](https://doi.org/10.1073/pnas.1208059110)

²⁶ Rohr, J.R., Barrett, C.B., Civitello, D.J. et al. Emerging human infectious diseases and the links to global food production. *Nat Sustain* 2, 445–456 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0293-3>

²⁷ La biosécurité correspond à l'ensemble des mesures prises pour protéger les élevages de l'introduction de nouveaux agents infectieux. On distingue la biosécurité externe, qui vise à empêcher ou à limiter l'introduction de nouvelles souches microbiennes, virales ou parasitaires dans l'élevage, de la biosécurité interne, constituée de mesures visant à réduire la propagation des germes à l'intérieur de l'élevage.

²⁸ Kreuder et al. (2015) - Spillover and pandemic properties of zoonotic viruses with high host plasticity - <https://www.nature.com/articles/srep14830>

réservoirs^{29,30}, ainsi que les espèces domestiques qui cohabitent depuis longtemps avec l'espèce humaine³¹.

Parmi les facteurs expliquant que le nombre d'émergences zoonotiques soit plus important dans les régions où les écosystèmes sont les plus dégradés, le rôle joué par la biodiversité dans la régulation de la circulation des agents pathogènes est de plus en plus fréquemment invoqué. Cette notion d'effet de dilution s'appuie sur l'idée selon laquelle des écosystèmes en situation d'équilibre naturel sont plus riches en espèces et en individus. Ils comportent alors des espèces dont la charge parasitaire, bactérienne ou virale pourrait être élevée et d'autres ne permettant pas au pathogène de se transmettre. Les espèces ne pouvant pas transmettre l'agent pathogène « diluerait » en effet sa présence et limiterait sa transmission. Cet effet de dilution, bien décrit en laboratoire, ne serait néanmoins pas observé pour toutes les maladies et pourrait conduire à une pression de sélection accrue pour certains agents pathogènes. Une biodiversité élevée au sein de ces écosystèmes riches peut également être synonyme d'un plus grand nombre de prédateurs qui contrôlent les densités des espèces réservoirs. Ces écosystèmes se caractérisent donc par un équilibre complexe entre microbes, espèces-hôtes et prédateurs dont les bouleversements induits par l'homme peuvent conduire à la diffusion de l'agent pathogène. Cet état de fait a été particulièrement documenté pour la maladie Lyme^{32,33}.

Parallèlement à l'érosion de la biodiversité « sauvage », le développement et l'uniformisation des animaux d'élevage à travers la planète a renforcé les risques de diffusion des agents microorganismes émergents. La modification des structures d'élevage a également été importante au cours des cinquante dernières années, particulièrement dans les pays développés : une densité accrue des animaux d'élevage, peu de diversité génétique et une forte biosécurité. Du coup, quand un agent pathogène nouveau est introduit dans un de ces élevages, il se multiplie d'autant plus facilement que la population animale présente est stable génétiquement³⁴. De nombreuses études montrent en effet que les populations animales dont la diversité génétique serait faible sont plus sensibles à l'émergence de zoonoses³⁵. Cela s'explique par le fait qu'une forte diversité génétique, y compris en termes de gènes de l'immunité, confère aux populations de meilleures capacités à résister et à s'adapter à de nouveaux agents infectieux³⁶. Enfin, des études ont montré que la

²⁹ T. Jonathan Davies and Amy B Pedersen (2008) - Phylogeny and geography predict pathogen community similarity in wild primates and humans Proc. R. Soc. B. 275:1695–1701 - <http://doi.org/10.1098/rspb.2008.0284>

³⁰ Olival, K., Hosseini, P., Zambrana-Torrel, C. et al. Host and viral traits predict zoonotic spillover from mammals. *Nature* **546**, 646–650 (2017). <https://doi.org/10.1038/nature22975>

³¹ Morand Serge, Figuié Muriel, *Émergence de maladies infectieuses. Risques et enjeux de société*. Editions Quæ, « Matière à débattre et décider », 2016, 136 pages. ISBN : 9782759224906. DOI : 10.3917/quæ.moran.2016.01. URL : <https://www.cairn.info/emergence-de-maladies-infectieuses--9782759224906.htm>

³² RICHARD S. OSTFELD* AND FELICIA KEESING Biodiversity and Disease Risk: the Case of Lyme Disease Conservation Biology, Pages 722–728, Volume 14, No. 3, June 2000 (https://www.caryinstitute.org/sites/default/files/public/reprints/Ostfeld_and_Keesing_2000_Cons_Biol_14_722-728.pdf).

³³ La tique transmettant la bactérie responsable de la maladie de Lyme peut être hébergée par un nombre important d'espèces de mammifères. Certaines d'entre elles, comme l'opossum, parviennent à se débarrasser facilement de la tique et ainsi briser la chaîne de transmission de l'agent pathogène. Détruire cette espèce animale réservoir accroît donc la probabilité que les tiques vectrices s'attaquent à des mammifères plus réceptifs, ce qui accentue de fait le risque de diffusion de la bactérie.

³⁴ Drew T. W. (2015) - The emergence and evolution of swine viral diseases: to what extent have husbandry systems and global trade contributed to their distribution and diversity? - <https://web.oie.int/boutique/extrait/07drew95106.pdf>

³⁵ Chabas H, Lion S, Nicot A, Meaden S, van Houte S, Moineau S, et al. (2018) Evolutionary emergence of infectious diseases in heterogeneous host populations. *PLoS Biol* **16**(9): e2006738. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2006738>

³⁶ King, K., Lively, C. Does genetic diversity limit disease spread in natural host populations?. *Heredity* **109**, 199–203 (2012). <https://doi.org/10.1038/hdy.2012.33>

diversité génétique des populations hôtes diminue la capacité d'adaptation et la virulence des pathogènes, une fois qu'ils sont introduits dans la population animale hôte. Ensuite, en fonction des conditions et des structures d'élevage, l'agent pathogène peut se diffuser et se transmettre plus ou moins facilement à l'homme.

2. Nos modes de vie et le dérèglement climatique accélèrent la diffusion des maladies infectieuses émergentes

L'extension des villes, en particulier en Afrique et en Asie qui connaissent aujourd'hui une très forte urbanisation, entraîne des changements majeurs des milieux naturels. La combinaison entre une forte densité de population facilitant la dissémination des épidémies et des conditions sanitaires souvent dégradées pour les habitants les plus pauvres accroît les risques sanitaires zoonotiques. Ces risques sont associés aux rongeurs et aux insectes vecteurs dont certaines espèces ou populations sont favorisées par la mauvaise gestion des déchets.

Dans un nombre de cas non négligeable, l'émergence d'une maladie infectieuse est directement liée au braconnage et à la consommation de viande de brousse. Ce fut notamment le cas pour le passage du SIV (*Simian Immunodeficiency Virus*) au HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) ou encore la maladie d'Ebola³⁷. Le facteur le plus déterminant semble être le contact direct avec les animaux sauvages chassés, leur mise en captivité et la préparation des carcasses alimentant le commerce de viande de brousse ou d'autres parties des animaux. Le stress lié à la capture et à la détention des animaux pourrait aussi augmenter le risque de transmission de pathogènes. Le commerce de la viande de brousse tend à se structurer en grands marchés urbains, au niveau régional, et s'étend désormais à l'échelle internationale par voies aériennes et maritimes³⁸, ce qui constitue des conditions favorables à l'apparition et la transmission de pathogènes. Le commerce mondial d'animaux sauvages accroît les risques de diffusion d'agents pathogènes : plus de 11 millions d'individus exportés entre 2012 et 2016 officiellement selon les bases de données CITES (*Convention on International Trade of Endangered Species*), auxquels s'ajoutent les animaux braconnés pour lesquels peu d'estimations existent. La mondialisation accélère en outre les voyages et transports d'animaux d'élevage vivants, ce qui accroît les risques de recombinaison virales et de transmission à l'homme à l'échelle planétaire, comme ce fut le cas pour l'épisode de grippe H1N1 en 2009 qui s'est diffusé largement à travers le monde.

Le changement climatique constitue un facteur aggravant la diffusion des agents pathogènes, en influençant leur reproduction ou leur survie, en modifiant la distribution et la mortalité des espèces réservoirs ou en modifiant leur mode de transmission³⁹. Des virus ou bactéries emprisonnés depuis des milliers/millions d'années par la glace peuvent réapparaître avec le dégel du permafrost^{40, 41}. Le

³⁷ Karesh WB, Cook RA, Bennett EL, Newcomb J. Wildlife trade and global disease emergence. *Emerg Infect Dis.* 2005;11(7):1000-1002. doi:10.3201/eid1107.050194

³⁸ Temmam S, Davoust B, Chaber AL, et al. Screening for Viral Pathogens in African Simian Bushmeat Seized at A French Airport. *Transbound Emerg Dis.* 2017;64(4):1159-1167. doi:10.1111/tbed.12481

³⁹ Booth M. (2018) - Climate Change and the Neglected Tropical Diseases - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065308X18300046?via%3Dihub>

⁴⁰ Boris A. Revich, Marina A. Podolnaya - [Thawing of permafrost may disturb historic cattle burial grounds in East Siberia](https://doi.org/10.3402/gha.v4i0.8482), *Glob Health Action.* 2011; 4: 10.3402/gha.v4i0.8482. Published online 2011 Nov 21. doi: 10.3402/gha.v4i0.8482

⁴¹ Revich B. et al. (2011) - Climate change and zoonotic infections in the Russian Arctic, *Int. J. Circum. Health* - <https://doi.org/10.3402/ijch.v7i10.18792>

changement climatique modifie par ailleurs la répartition des espèces animales et notamment des arthropodes vecteurs de maladies zoonotiques (les arboviroses pour *arthropod-borne virus*), ainsi que leurs périodes d'activités. Les scénarios de réchauffement planétaire envisagés par le Giec pourraient ainsi conduire à une extension géographique vers le Nord et l'Est de l'Europe des espèces de tiques vectrices de la maladie de Lyme. De même, l'extension vers le Nord du moustique tigre vecteur potentiel de la dengue et du chikungunya est observée.

Enfin, plus une région est connectée au reste du monde, grâce à des infrastructures modernes à longue (voie aérienne ou maritime) ou courte distance (routes ou cours d'eau), plus elle peut faciliter la diffusion de pathogènes émergents à potentiel épidémique et pandémique et elle-même être la cible d'une épidémie. Le contrôle sanitaire des échanges de personnes, d'animaux ou d'aliments à l'entrée et à la sortie de ces territoires constitue de fait un facteur de prévention des risques tout à fait déterminant.

III. Au-delà des risques infectieux, la destruction de la biodiversité affecte la santé de l'humanité

1. En fournissant des services écosystémiques indispensables à notre santé et à notre bien-être

Les écosystèmes rendent de très nombreux services indispensables à notre survie, notamment en termes⁴² :

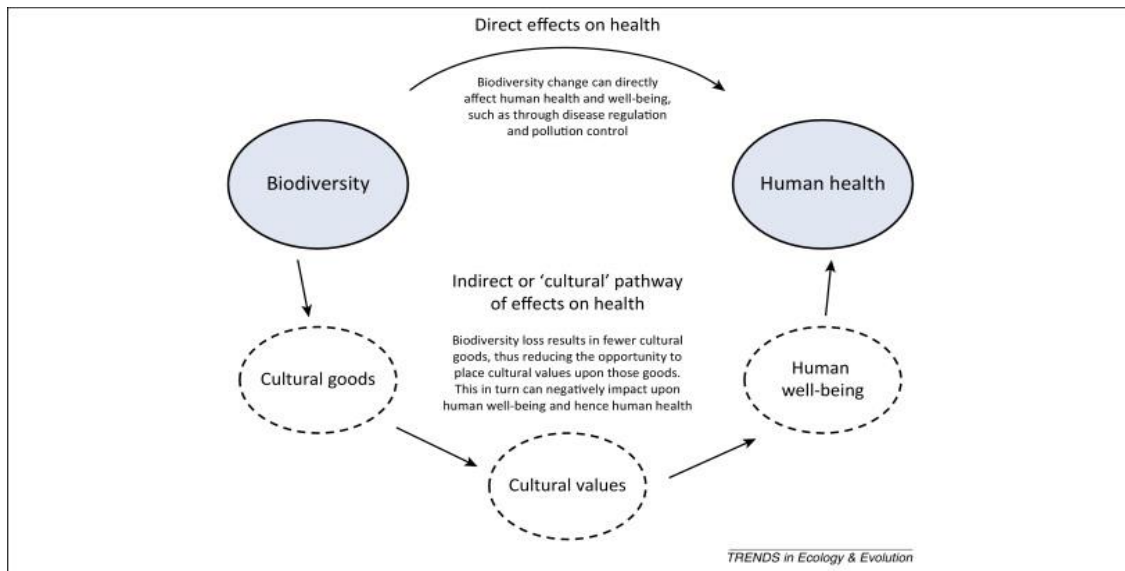
- de régulation : de la qualité de l'air, du climat, de l'acidification des océans, des eaux – qualitativement et quantitativement –, d'épuration des déchets, d'érosion des sols, des populations de ravageurs, des maladies, de la pollinisation indispensable aux productions agricoles végétales, des risques naturels affectant les aires de vie humaine ;
- d'approvisionnement : en alimentation – de l'homme ou du bétail –, en biomasse utile à la production d'énergie ou de matériaux, de ressources génétiques indispensables à l'agriculture, à la médecine ;
- immatériels et culturels : en termes de loisirs, d'éco-tourisme, de valeurs religieuses, éthiques ou artistiques.

Ainsi, au-delà de l'émergence de maladies infectieuses que nous avons évoquée plus haut, la dégradation des écosystèmes et la destruction de la biodiversité, combinées au dérèglement climatique global, peuvent avoir des effets directs et indirects sur la santé de l'humanité⁴³. La dégradation des terres et la perte de biodiversité des sols affectent la sécurité alimentaire en réduisant la productivité des terres agricoles. La pression sur les réserves halieutiques affecte également les stocks de pêche. La perte de diversité génétique limite également nos possibilités futures d'utilisation des espèces sauvages pour la production alimentaire, notamment pour l'adaptation au changement climatique et pour l'amélioration des rendements et de la qualité nutritionnelle. Autant d'éléments contribuant de fait à la mal-nutrition ou à la sous-nutrition des populations dépendant des sources d'approvisionnement alimentaires locales.

⁴² World Resources Institute (2003), « Ecosystems and human well-being : a framework for assessment - Millennium Ecosystem Assessment », Island Press (ed.), Washington D.C., 266 p.

⁴³ https://www.who.int/globalchange/publications/reports/health_rioconventions.pdf

La destruction des écosystèmes forestiers réduit également l'évapotranspiration, ce qui modifie les régimes de précipitation et affecte, combiné au dérèglement climatique, l'approvisionnement mondial en eau. Or le manque d'accès à l'eau potable contribue à l'augmentation du risque d'émergence de maladies diarrhéiques. L'augmentation de la fréquence et de la gravité des sécheresses et des inondations devrait déstabiliser davantage les populations vulnérables existantes, en accentuant leur insécurité alimentaire et en favorisant la diffusion d'agents pathogènes.



Source : N.E. Clark et al. - Biodiversity, cultural pathways, and human health : a framework, *Trends in Ecology and Evolution*, Volume 29, ISSUE 4, P198-204, April 01, 2014 ([https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347\(14\)00023-8?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0169534714000238%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347(14)00023-8?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0169534714000238%3Fshowall%3Dtrue))

2. En limitant les effets de certaines pathologies respiratoires chroniques

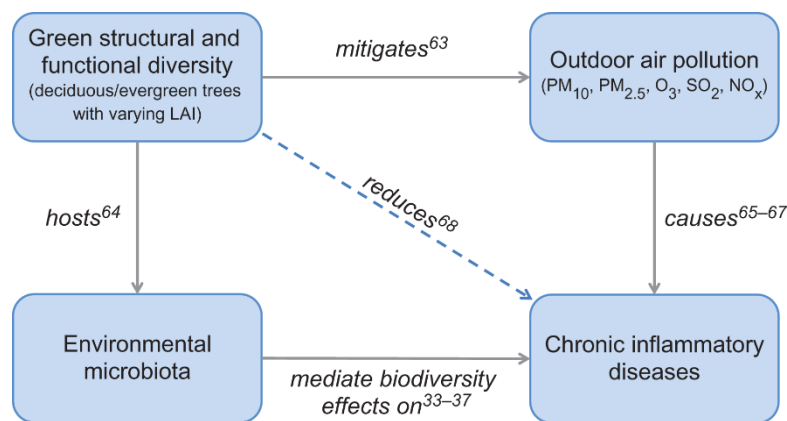
Par les services de régulation qu'elle assure, la biodiversité permet de contrôler l'introduction ou la diffusion d'agents pathogènes et contribue ainsi à l'équilibre d'écosystèmes favorables à notre santé. Comme nous l'avons montré pour l'émergence de bactéries ou de virus, les atteintes portées à la biodiversité peuvent également contribuer à l'apparition de facteurs de risques de maladies chroniques. C'est par exemple le cas de certaines allergies ou de maladies respiratoires.

Un bonne illustration peut en être trouvée dans le développement de l'ambrosie espèce envahissante provenant du Canada introduite en Europe au milieu du XIX^{ème} siècle par le transport de marchandises. Celle-ci est aujourd'hui l'une des principales causes d'allergies en France. Les dépenses annuelles liées aux consultations, dépenses en médicaments et arrêts de travail provoqués par cette plante s'élèveraient à plus de 22 millions d'Euros en 2016 pour la seule région Auvergne – Rhône-Alpes ⁴⁴. Or cette plante ne pousse que dans des environnements « pauvres », sans plantes concurrentes. Ce sont la simplification des écosystèmes et la diminution de la biodiversité végétale qui ont favorisé l'implantation et la diffusion de cette plante allergisante. Sa

⁴⁴ <https://www.pollens.fr/uploads/media/default/0001/01/673ac0d5510cfb010fcc408600065fd6da61e54c.pdf>

dispersion sur le territoire a notamment suivi les bords de routes tondues, alors que le maintien des herbes sauvages en bordure de route en limiterait le développement.

En France, chaque année, de 48 000⁴⁵ à 97 000 décès⁴⁶ prématurés seraient liés à la pollution atmosphérique. Les citoyens sont les plus exposés aux particules fines. Selon l’OMS, c’est dans les villes des pays industrialisés que l’on observe des niveaux de pollution élevés, avec une mortalité qui dépasse de 15 à 20 % celle enregistrée dans d’autres villes où l’air est relativement plus sain. Ce sont les particules fines ou PM (*Particulate Matter*), ces composés solides en suspension émis notamment par la combustion des moteurs, qui constituent les principaux facteurs de pollution de l’air. Or des travaux pointent le rôle bénéfique de la biodiversité dans la limitation des infections pulmonaires chroniques en ville⁴⁷. Les végétaux peuvent en effet « capter » un certain nombre de particules fines à la surface de leurs feuilles. Ils peuvent également influencer sur la diversité microbienne des écosystèmes urbains, autant de facteurs pouvant contribuer à limiter les effets des pathologies respiratoires chroniques.



Source : Raf Aerts, Olivier Honnay, An Van Nieuwenhuysse, *Biodiversity and human health: mechanisms and evidence of the positive health effects of diversity in nature and green spaces*, *British Medical Bulletin*, Volume 127, Issue 1, September 2018, Pages 5–22, <https://doi.org/10.1093/bmb/ldyo21>

3. En contribuant au bien-être et à la préservation de la santé mentale

Les confinements et couvre-feu imposés par la crise sanitaire du Covid-19 ont affecté la santé mentale d’un très grand nombre de citoyens, coupés de tout espace vert. Soulignant en creux à quel point la biodiversité contribue à notre bien-être physique et psychologique. Car de très nombreuses études scientifiques ont montré que l’absence d’espaces verts peut nuire à notre équilibre psychique. Ainsi, des méta-analyses montrent que les adultes exposés aux espaces verts sont

⁴⁵ Santé Publique France (2019) – Pollution atmosphérique : quels sont les risques ? [en ligne : <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/articles/pollution-atmospherique-quels-sont-les-risques>]

⁴⁶ Zilberg A. V. et al. (2021) – Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel pollution, *Environmental Health Perspectives* [en ligne : <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/abs/10.1289/isesisee.2018.P03.2000#:~:text=Relative%20risks%20and%20attributable%20fractions,with%206%2C69%20million%20deaths.>]

⁴⁷ Aerts R., Honnay O., Nieuwenhuysse A. V. (2018) - Biodiversity and human health: mechanisms and evidence of the positive health effects of diversity in nature and green spaces, *British Medical Bulletin*, Volume 127, Issue 1, September 2018, Pages 5–22, <https://doi.org/10.1093/bmb/ldyo21>

moins sujets aux maladies mentales comme la dépression, l'anxiété ou le stress⁴⁸. Autre exemple : une enquête épidémiologique rétrospective menée en 2019 sur 9 751 habitants de Leipzig, en Allemagne, s'est intéressée au lien entre la densité et la variété des arbres en ville et la consommation d'anti-dépresseurs⁴⁹. Cette analyse souligne que la présence d'arbres à moins de 100 mètres du domicile est associée à une moindre prescription d'antidépresseurs, la densité de ces arbres n'influençant pas cette corrélation statistique.

Plus largement, des revues systématiques de la littérature scientifique⁵⁰ démontrent que la quantité d'espaces verts dans les villes et les caractéristiques visuelles des paysages sont positivement corrélés avec le bien-être. Certaines études s'intéressent aux impacts bénéfiques du contact avec les espaces naturels sur le développement comportemental et émotionnel des enfants, comme dans le cas du trouble déficitaire de l'attention - hyperactivité (TDAH). Dans les pays développés, un nouveau trouble du développement a été identifié sous le terme de *nature-deficit disorder* ou trouble déficitaire de la nature. Il désigne la déconnexion avec la nature et l'usage de plus en plus important du numérique, notamment pour les loisirs, altérant significativement le bien-être psychologique.

Enfin, plusieurs études ont montré des corrélations entre le fait de vivre à proximité d'espaces verts, la réduction du stress et la réduction globale du risque de décès, notamment dû à une maladie cardiovasculaire⁵¹. Ces corrélations s'expliquent notamment par l'accès facilité à des espaces où chacun peut faire de l'exercice physique de manière régulière.

Conclusions et perspectives : se fonder sur les approches *One Health* et *Eco Health* pour mieux intégrer les interactions entre biodiversité et santé dans l'élaboration des politiques publiques

1. Faire du One Health un pilier des politiques internationales de santé

Les données scientifiques démontrent l'existence de liens forts entre dégradation de la biodiversité et atteintes, directes ou indirectes, à la santé des hommes. Autant d'éléments qui plaident en faveur d'approches systémiques de la santé pour mieux appréhender et comprendre les interactions entre santé des écosystèmes, santé animale et santé des humains. Allant pleinement en ce sens, l'initiative *One Health* (« une seule santé ») est un mouvement créé au début des années 2000 par la Food and Agriculture Organization (FAO) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) qui promeut une approche intégrée, systémique et unifiée des enjeux de santé publique, animale et environnementale aux échelles locales, nationales et planétaire. Elle vise notamment à mieux affronter les pandémies émergentes. De même, dans le champ académique, l'*EcoHealth* ou

⁴⁸ Marc G. Berman, Ethan Kross, Katherine M. Krpan, Mary K. Askren, Aleah Burson, Patricia J. Deldin, Stephen Kaplan, Lindsey Sherdell, Ian H. Gotlib, John Jonides, Interacting with nature improves cognition and affect for individuals with depression, *Journal of Affective Disorders*, Volume 140, Issue 3, 2012, Pages 300-305, ISSN 0165-0327, <https://doi.org/10.1016/j.jad.2012.03.012>

⁴⁹ Marselle M. et al. (2020) - Urban street tree biodiversity and antidepressant prescriptions, *Nature Scientific Reports* (10), 22445 [<https://www.nature.com/articles/s41598-020-79924-5#citeas>]

⁵⁰ Gascon, M.; Triguero-Mas, M.; Martínez, D.; Dadvand, P.; Forn, J.; Plasència, A.; Nieuwenhuijsen, M.J. Mental Health Benefits of Long-Term Exposure to Residential Green and Blue Spaces: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2015**, *12*, 4354-4379. <https://doi.org/10.3390/ijerph120404354>

⁵¹ Gascon M, Triguero-Mas M, Martínez D, Dadvand P, Rojas-Rueda D, Plasència A, Nieuwenhuijsen MJ (2016) - Residential green spaces and mortality: A systematic review. *Environ Int.* 2016 Jan;86:60-7. doi: 10.1016/j.envint.2015.10.013. Epub 2015 Nov 2. PMID: 26540085.

écosanté est un domaine d'étude qui s'intéresse à la manière dont les changements dans les écosystèmes de la Terre affectent la santé humaine. Il s'agit ainsi d'étudier les changements dans nos environnements biologiques, physiques, sociaux et économiques et relie ces changements à la santé humaine.

Ces différentes approches impliquent de développer les modèles et méthodes de prédiction des risques zoonotiques, afin de mieux prédire les régions où peuvent émerger et circuler des agents zoonotiques et d'établir des cartes signalant les zones à risques d'émergence, c'est-à-dire où un agent pathogène circule et, dans le même temps, où sont présentes des populations vulnérables. Il s'agit notamment des zones de forêts tropicales, à haute richesse en espèces de mammifères, ainsi que celles liées au changement d'utilisation des terres vers l'agriculture.

Nous avons également vu que la consommation de la viande issue de la faune sauvage pouvait participer de l'émergence et de la diffusion de maladies infectieuses. La régulation du commerce des animaux sauvages et de leurs produits à l'échelle mondiale constitue donc un élément majeur dans la limitation des risques sanitaires liés. Elle implique de renforcer les règles internationales en vigueur, qu'il s'agisse des obligations de notifications de zoonoses dès qu'une crise sanitaire est identifiée dans un pays, du contrôle sanitaire des animaux et produits animaux d'élevage ou sauvages transportés à l'international.

2. Protéger plus drastiquement les écosystèmes sauvages

Dans le cas particulier des maladies zoonotiques, le risque est accru par le développement de contacts entre les humains et la faune sauvage, dû tout à la fois à une plus forte présence humaine dans les habitats de la faune sauvage et à la destruction de ces habitats au cours du processus de changement d'usage de terres. La limitation de ces contacts apparaît donc indispensable. Elle peut passer par le développement d'aires protégées au sein desquelles le changement d'usage des terres serait strictement limité et où les pénétrations humaines seraient réduites. Une telle politique d'accroissement des aires protégées peut se faire via la création de nouvelles aires, l'expansion des aires existantes ou le renforcement de leur niveau de protection, c'est-à-dire la réduction des activités humaines en leur sein. Cependant, l'efficacité de la création de ces zones dépend très fortement de la gestion des interfaces entre aires protégées et aires d'activité humaine périphériques, où se font les contacts entre animaux domestiques et faune sauvage. Dans ces aires protégées, limiter les activités humaines de prélèvements et d'exploitation passe par la régulation des activités touristiques et récréatives. Ces activités étant sources de revenus pour les populations locales, les questions d'acceptabilité sociale, de contraintes politiques et économiques et de pédagogie apparaissent donc prégnantes. Une telle stratégie de préservation des écosystèmes doit donc être raisonnée aux échelles territoriales pertinentes en favorisant le dialogue avec les populations locales, qui peuvent être des acteurs de la protection et de la régulation des accès aux espaces protégés.

3. Lutter contre les pressions globales exercées par l'humanité sur l'environnement

Enfin, c'est la limitation de l'ensemble des pressions exercées globalement par l'homme sur la biodiversité qui peut contribuer à réduire l'émergence de maladies infectieuses. En ce sens,

l'ensemble des leviers de lutte contre le dérèglement climatique et l'émission de gaz à effets de serre doivent être mis en œuvre. L'accélération de la transition vers des systèmes alimentaires durables et locaux, moins intensifs en intrants et reposant sur des pratiques agroécologiques, permettant de limiter la déforestation indirecte en zone intertropicale, doit également être opérée à l'échelle mondiale, et tout particulièrement dans les pays développés. Enfin, la limitation de l'artificialisation des sols, facteur majeur d'érosion de la biodiversité, et des pollutions diffuses de l'air et des eaux, doit être poursuivie.