

Titre : Pandémie COVID-19 et crise de biodiversité : causes, conséquences et transition vers une coexistence durable entre humains et écosystèmes naturels.

Par Caroline M. Nieberding, PhD, Professeure en Ecologie terrestre et Evolution biologique à UCLouvain, responsable de l'équipe « Evolutionary Ecology and Genetics ». Contact: caroline.nieberding@uclouvain.be; <https://nieberdinglab.be> (1)

La sixième crise d'extinction biologique massive a commencé

La pandémie actuelle du COVID-19 a au moins une qualité, celle d'ouvrir les yeux sur notre dépendance à la nature. Les présidents du rapport global de 2019 de l' « IPBES » (2), qui est le le « GIEC » des biologistes, ont conclu : « *Une seule espèce est responsable de la pandémie du COVID-19 : la nôtre* ». Ce rapport a pour but d'expliquer en quoi le fonctionnement de nos sociétés a généré la pandémie actuelle. Les activités humaines sont malheureusement aussi responsables plus largement de la sixième crise d'extinction biologique majeure depuis que la vie existe sur terre. On parle d'extinction majeure quand 75% des espèces disparaissent en quelques millénaires ou dizaines de milliers d'années, sur base d'un taux d'extinction (soit le nombre d'espèces éteintes par million d'espèces et par million d'années) 100 à 1000 fois plus élevé que le taux d'extinction habituel. L'extinction massive précédente, la cinquième, a eu lieu il y a 65 millions d'années et a notamment mené à la disparition bien connue des dinosaures. L'IPBES estime que la sixième crise d'extinction en cours va concerner un million d'espèces, soit 10% de toutes les espèces vivant actuellement, dans les trois prochaines décennies.

Il y a deux différences majeures entre cette sixième crise et les crises d'extinction biologiques précédentes : la première est que cette crise est, comme la pandémie du COVID-19, causée uniquement par les activités humaines. La seconde étant que le taux d'extinction actuel est encore 10 à 100 fois plus rapide que les taux d'extinction connus des cinq extinctions massives précédentes. On peut donc, de façon unique, constater la disparition des espèces sur le laps de temps d'une vie humaine, un clignement d'œil à l'échelle des temps géologiques qui ont façonné ces formes de vie sur terre. Prenons une minute pour envisager ceci : *Homo sapiens* est devenu capable d'exterminer la majeure partie de la vie sur terre plus efficacement que la météorite qui, en s'écrasant dans le golfe du Mexique, mena à l'extinction des dinosaures.

(1) Toutes les sources d'information utilisées sont scientifiques. Ce rapport se base surtout sur deux rapports : i) IPBES (2019) *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES Secretariat, Paris; ii) IPBES (2020) *Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES secretariat, Bonn, Germany. Les sources supplémentaires sont notées au fur et à mesure en bas de page et sont disponibles sur demande à caroline.nieberding@uclouvain.be.

(2) L'IPBES est l'acronyme pour "Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services", ou en français « Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques ». L'IPBES prépare pour 2022 plusieurs rapports qui seront utiles pour les lecteurs intéressés : le « IPBES assessment of the sustainable use of wild species », le « IPBES assessment of invasive alien species » et un rapport conjoint entre IPBES et IPCC sur les conséquences du dérèglement climatique sur la crise de la biodiversité.

On parle donc de véritable extermination de la vie, qui a commencé par la mégafaune, la faune de grande taille, il y a environ 50,000 ans. Aujourd'hui, presque toutes les espèces de grande taille sont en voie d'extinction. Ce n'est pas anodin. C'est l'« International union for conservation of nature » (IUCN) qui établit le risque d'extinction des espèces, basé d'une part sur l'aire de distribution de l'espèce (plus l'aire est réduite, plus le risque d'extinction est élevé) et d'autre part sur le nombre d'individus représentant l'espèce (moins il y a d'individus, plus le risque d'extinction est élevé). La majeure partie des espèces pour lesquelles on a de bonnes données a vu la disparition d'environ 50% de ses représentants les trois dernières décennies. La situation est plus grave encore concernant les vertébrés terrestres comme les mammifères et les oiseaux: sur un échantillonnage de 27,000 espèces, soit la moitié des vertébrés connus, plus de 40% des espèces ont subi un déclin de la taille de leurs populations de plus de 80% (3). La raréfaction des vertébrés est à considérer sérieusement, car il est peu probable qu'*Homo sapiens* et les espèces animales dont nous nous nourrissons en élevage, se maintiendront à moyen terme, étant nous aussi des vertébrés de grande taille. L'annihilation biologique affecte aussi d'autres groupes taxonomiques, ainsi que la biodiversité en Europe : par exemple, 50 à 80% des individus formant les espèces d'insectes européennes ont disparu en 30 ans (4). C'est ce qu'en écologie on appelle « l'effet pare-brise » : tout belge de plus de quarante ans se rappelle qu'au moment des vacances dans les années '90, en route en voiture vers le sud de la France, il fallait s'arrêter sur les aires de l'autoroute dite « du Soleil » pour nettoyer le pare-brise avant de la voiture, alors couvert d'insectes écrasés. Ceci n'est plus nécessaire, ce qui reflète la disparition des insectes dans nos campagnes. Par conséquent, il n'y a plus, non plus, beaucoup d'oiseaux insectivores, ce qui produit le fameux « printemps silencieux » annoncé par la biologiste américaine Rachel Carson dès 1962 (5).

Doit-on se préoccuper de cette crise de biodiversité, au-delà de la valeur intrinsèque que la plupart d'entre nous attribue à la vie et au milieu naturel, sources d'enchantement pour les enfants et d'apaisement pour les adultes ? L'IPBES a aussi quantifié en 2019 la valeur financière des bienfaits que la biodiversité apporte aux sociétés humaines, qu'on appelle les « services écosystémiques » (« nature contributions to people »). Les conclusions de l'IPBES sont claires : aucune société humaine ne peut vivre sans la biodiversité qui l'entoure car la biodiversité assure de nombreux services qui ne sont pas remplaçables, comme la pollinisation de nos cultures par les insectes et la fertilité des sols via la biodiversité en microorganismes, et par suite la stabilité de nos récoltes agricoles.

(3) Ceballos G, Ehrlich PR, Dirzo R (2017) *Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines*. PNAS 114: E6089-E6096.

(4) Seibold S, Gossner MM, Simons NK, Blüthgen N, Müller J, Ambarli D, Ammer C, Bauhus J, Fischer M, Habel JC, Linsenmair KE, Nauss T, Penone C, Prati D, Schall P, Schulze E-D, Vogt J, Wöllauer S, Weisser WW (2019) *Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers*. Nature 574 : 671-674.

5) Rachel Carson (1962) *A silent Spring*. Houghton Mifflin Publishers.

Ou encore la purification de notre eau douce des nitrates de l'agriculture industrielle par les algues et plantes des rivières, la régulation du climat par l'absorption de CO₂ par le phytoplancton océanique et le maintien de stock de carbone dans les forêts tropicales et par les microorganismes du permafrost dans la toundra, la purification de l'air par nos forêts. L'exposition à de nouvelles maladies contagieuses telle que celle du COVID-19 est aussi la conséquence de la destruction de notre biodiversité, comme nous le détaillerons ci-dessous (6). Trois chiffres sont très parlants : le coût pour l'industrie agricole de la réduction des services de pollinisation suite à la disparition des insectes est estimé entre 235 - 677 milliards de dollars US par an, menaçant des cultures comme le café ou le chocolat. La pollution de l'air tue précocement entre 450,000 - 600,000 personnes chaque année en Europe, suite aux activités de transport et de production d'énergie, un chiffre à comparer au million et sept cent mille morts du COVID-19 depuis le début de la pandémie. Enfin, d'ici à 2050, si l'extinction de notre biodiversité continue, il y a aura alors 4 à 5 milliards de personnes sans sécurité alimentaire ni eau potable, et des centaines de millions de personnes sans protection des risques côtiers. Ces personnes feront naturellement leur possible pour trouver un lieu de vie sûr, et migreront vers les régions plus protégées comme l'Europe.

Comment les activités humaines causent-elles la crise actuelle de biodiversité ?

L'IPBES a identifié les cinq causes majeures responsables de la crise actuelle de biodiversité : la dégradation des espaces naturels transformés pour des activités humaines, leur fragmentation, le dérèglement climatique, la pollution et les espèces invasives. L'IPBES a aussi quantifié l'importance relative de chacune de ces causes. Le dérèglement climatique, largement médiatisé, est responsable aujourd'hui d'environ 2 % des extinctions d'espèces, et pourrait être responsable d'ici 2100 de maximum 15% des extinctions (7). C'est le changement d'affectation des terres (« land use change » en anglais) qui inclut à la fois la dégradation et la fragmentation des habitats naturels, qui est responsable pour l'essentiel (plus de 30%) de la crise d'extinction biologique en cours. Le changement d'affectation des terres comprend principalement la conversion d'habitats originellement sauvages, essentiellement dans les forêts tropicales primaires. L'implantation humaine dans les forêts tropicales est principalement destinée à l'agriculture extensive et aux plantations, à l'agriculture industrielle notamment pour l'élevage d'animaux, aux pâturages et à l'urbanisation. Actuellement, plus de 50% des ressources produites annuellement par notre planète sont destinées aux activités humaines (6). Entre 1992 et 2015, la superficie agricole a augmenté principalement par la conversion de forêts tropicales (~35 millions d'hectares). Depuis 2015, les activités humaines affectent plus de 70 % de la surface terrestre mondiale sans glace : 12 % sont des terres cultivées, 37 % sont des pâturages et 22 % des forêts gérées ou en plantations.

(6) Balvanera P (2019) Societal burdens of nature loss. *Science* 366: 184-185. Foley JA, DeFries R, Asner JP, Barford C, Bonan G, Carpenter SR, Chapin FS, Coe MT, Daily GC, Gibbs HK, Helkowski JH, Holloway T, Howard EA, Kucharik CJ, Monfreda C, Patz JA, Prentice IC, Ramankutty N, Snyder PK (2005) *Global Consequences of Land Use*. *Science* 309 : 570 -574.

(7) Urban MC (2015) *Accelerating extinction risk from climate change*. *Science* 348 : 571–573.

Il ne reste que 9 % de forêts intactes ou primaires, 7 % d'écosystèmes non boisés et 12 % de terres rocheuses ou stériles. Malgré une réduction significative du taux mondial de croissance humaine ces dernières décennies, de 5,4 à 2,8 enfants par femme en moyenne, l'accroissement de la consommation mondiale est tel que la conversion des terres à destination d'activités humaines va se poursuivre, comme le montre l'augmentation de 70% du PIB mondial au cours des vingt dernières années.

La fragmentation de l'habitat découle donc de la conversion des habitats naturels en zones d'implantation d'activités humaines. En pratique, tout commence par la construction de routes dans les écosystèmes naturels permettant d'y accéder pour les transformer en terres agricoles ou d'élevage. La construction de routes fragmente l'habitat naturel originel des espèces sauvages. La fragmentation de l'habitat est le processus au cours duquel une grande étendue d'habitat est transformée en de nombreuses parcelles plus petites et isolées les unes des autres. La fragmentation augmente la quantité de lisières forestières : les fragments de forêts sont formés de beaucoup plus nombreux « bords » que la masse forestière primaire initiale, et la petite taille des fragments amène la faune sauvage à atteindre les bords de forêts plus fréquemment, au cours de leurs déplacements. L'insularisation des fragments d'habitats naturels limite ainsi la dispersion des populations entre fragments, ce précarise leur survie par adaptation à moyen terme. Là où les populations autochtones ont souvent vécu depuis des temps historiques à une densité relativement faible, la présence de routes permet alors aussi le développement d'activités humaines supplémentaires : la chasse, l'exploitation minière et forestière, l'expansion des centres urbains, les conflits armés. Ainsi, l'augmentation des activités humaines dans les fragments d'habitat naturel réduit par de multiples mécanismes la survie des espèces sauvages (8,9).

Le rôle central de l'agriculture et de l'élevage industriels sur la conversion d'habitats naturels peut être illustrée par quelques chiffres frappants. Il y a aujourd'hui sur terre, en poids, dix fois plus d'humains (≈ 0.06 Gigatonnes de Carbone, Gt C ci-après), et quinze fois plus d'animaux d'élevages (essentiellement des bovins et porcins : ≈ 0.1 Gt C) que de mammifères sauvages (≈ 0.007 Gt C). Il y a aussi trois fois plus de volaille d'élevage (≈ 0.005 Gt C) que d'oiseaux sauvages (≈ 0.002 Gt C). Les humains et leurs animaux d'élevage pèsent plus lourds que l'ensemble de tous les vertébrés combinés, à l'exception des poissons (10). La productivité de la Terre a été détournée au profit de la production de biomasse humaine. Plus précisément, l'essentiel des terres sont utilisées principalement pour la consommation de viande, soit sous forme de pâtures soit sous forme de céréales nourrissant les animaux que nous mangeons, que ce soit dans les pays développés, ou dans les pays en développement qui exportent des aliments pour la viande consommée dans les pays développés. La surface de terres utilisée a été quantifiée en fonction du régime alimentaire, pour la population mondiale.

(8) Tollefson J (2020) *Why deforestation and extinctions make pandemics more likely*. *Nature* 584 : 175-176.

(9) Dobson DA, Pimm SL, Hannah L, Kaufman L, Ahumada JA, Ando AW, Bernstein A, Busch J, Daszak P, Engelmann J, Kinnaird MF, Li BV, Loch-Temzelides T, Lovejoy T, Nowak K, Roehrdanz PR, Vale MM (2020) *Ecology and economics for pandemic prevention. Investments to prevent tropical deforestation and to limit wildlife trade will protect against future zoonosis outbreaks*. *Science* 369:379-381.

(10) Bar-On YM, Philips R, Milošević R (2018) *The biomass distribution on Earth*. *PNAS* 115: 6506–6511.

Actuellement, notre consommation mondiale de viande nécessite qu'environ 75% des terres soient utilisées pour nos élevages. Si notre régime alimentaire passait en partie végétarien (plus de bœuf ni de mouton, mais en conservant le poisson, les œufs, les fromages, le lait et la viande de bœuf produite via les cheptels destinés à la production de lait), on réduirait de moitié la surface de terres utilisées pour notre alimentation (11). Cette réduction correspond à un milliard d'hectares, soit une surface équivalente à celle des USA. Ces informations suggèrent que la crise de biodiversité pourrait en grande partie être résolue par un rééquilibrage de nos régimes alimentaires carnés vers un régime plus végétarien, permettant la coexistence entre humains et espèces sauvages.

La crise de la biodiversité et la responsabilité belge

Qu'en est-il en Belgique ? En Belgique, nous consommons en moyenne 110 à 130 g de viande par personne et par jour. D'où provient-elle ? D'une part, de l'importation puisque 80 pourcents de ce que nous consommons n'est pas produit en Belgique. Ceci est vrai non seulement pour la production de viande et de leurs dérivés (nous produisons 13% des ovins et 10% du lait que nous consommons), mais nos capacités d'auto-provisionnement sont également faibles pour la production de céréales (35%) ou de fruits et légumes (17%). La cause principale de destruction de la forêt amazonienne en Amérique du Sud, et particulièrement au Brésil sous le régime de Mr. le Président Bolsonaro, est due à l'extension des zones d'élevage et de cultures de soja destinés à l'exportation pour les élevages notamment européens. L'accord « Mercosur » entre différents pays d'Amérique du Sud et l'Europe, en cours de finalisation en 2021, vise à augmenter les importations de ces produits, et donc à entériner la destruction de la forêt amazonienne, vers l'Europe via la suppression des droits de douane entre nos pays.

D'autre part, la Belgique produit aussi énormément de viande, ce qui modifie aussi en profondeur nos propres paysages : les terres arables wallonnes couvrent la moitié de la superficie du pays, et les céréales occupent plus de 60 % de ces cultures. Les filières céréalieres, d'abord organisées pour assurer la sécurité alimentaire, se sont progressivement orientées vers d'autres débouchés. En Wallonie, presque 50% des céréales produites sur nos terres servent maintenant à nourrir le bétail (soit >190,000 ha), contre moins de 10% qui sont destinées à être mangées par des humains. Les 40% restants de céréales produites sont destinées aux marchés de la fibre et des biofuels principalement. En résumé, une partie importante de la surface wallonne est actuellement utilisée pour nourrir des animaux d'élevage (12). La réduction d'apport protéiné de type animal dans notre alimentation permettrait donc de libérer une énorme surface de terres, en Belgique et dans des pays où la biodiversité est encore très élevée.

(11) Poore J, Nemecek T (2018) Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360: 987-992.

(12) Delcour A et al (2014) État des lieux des flux céréaliers en Wallonie selon différentes filières d'utilisation. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 18(2) : 181-192.

Concernant l'utilisation des terres pour l'agriculture, plus largement, la Belgique dépend en grande partie des accords européens sur la question. La politique agricole

commune (PAC) concerne 25% du budget européen, soit 35 milliards d'euros annuellement. La nouvelle PAC telle qu'elle est en voie d'être finalisée en 2021 pour la période 2022-2027 fait moins pour soutenir financièrement une agriculture compatible avec la biodiversité que précédemment. Au point que plus de 3600 écologistes professionnels européens ont signé un article critique de la nouvelle PAC (13). Nos modes de production agricoles dits « conventionnels » ont mené à l'augmentation de taille des exploitations agricoles. Ces cultures de grande taille ont fait disparaître les zones de bordure de champs (haies,...) et sont intrinsèquement liés à l'utilisation importante de produits phytosanitaires, dont les pesticides qui affectent notre biodiversité belge. Les données disponibles en Belgique concernant l'utilisation de pesticides sont difficiles d'accès. En théorie, les agriculteurs sont tenus légalement de noter quels produits ils mettent sur quelle culture, en quelle quantité et quand, mais cette information n'est rassemblée nulle part par les organes administratifs officiels. Les seules données officielles publiquement disponibles sont celles de ventes nationales en tonnes par produit et par an (www.phytoweb.be).

Au-delà de la production alimentaire, le second usage de nos terres qui s'avère problématique pour la conservation de notre biodiversité en Belgique, concerne l'urbanisation. Notre pays est l'un des plus densément peuplés du monde : le taux d'artificialisation de la Wallonie est actuellement d'environ 15% et concerne très majoritairement des terres arables, que ce soit en zone agricole ou en zone d'habitat selon le plan de secteur, mais sur des terres de haute qualité agricole. Le sol agricole est progressivement « consommé » par l'urbanisation, essentiellement résidentielle. En effet, un tiers de l'urbanisation totale de notre pays a eu lieu pendant la période 2012-2017, et en 2018 le rythme d'artificialisation des terres agricoles était de 4% par an (14-15). L'objectif d'arrêt de l'artificialisation de nos terres à l'horizon 2050 fixé par la Wallonie, au travers du Schéma de développement du territoire (SDT) et de la déclaration de politique régionale de la législature actuelle, risque d'arriver trop tard.

Le COVID-19 illustre notre dépendance à notre environnement

Le COVID-19 est une maladie infectieuse, d'origine virale, qui fait partie des ~400 microbes (virus, bactéries, protistes, champignons et autres microorganismes) qui ont colonisé le corps humain ces cinq dernières décennies, et sont devenus des maladies émergentes. On parle de « spillover » pour désigner le passage d'un pathogène animal vers les humains.

(13) Pe'er G et al (2020) Action needed for the EU Common Agricultural Policy to address sustainability challenges. *People and Nature*. In press.

(14) André M, Bruggeman D, Courtois X, Defer V, Gloesener J, Haine M, Hendrickx S, Roberti T, Tauvel C, sous la direction scientifique de Godart MF et Ruelle C (2018) Recherche R7 : Gérer le territoire avec parcimonie, Rapport final d'une recherche de la CPDT, CPDT, 281p.

(15) Coszach E, Courtois X, Descamps J, Haine M, Roberti T, Defer V, Hendrickx S, Lambotte JM, Lorquet T, Ruelle C, sous la direction scientifique de Godart MF et Ruelle C (2019) Recherche R5 : Gérer le territoire avec parcimonie, Rapport final d'une recherche de la CPDT, CPDT, 220p.

Environ 60% des maladies infectieuses, et 70% des maladies émergentes, sont des zoonoses : les microbes proviennent de réservoirs animaux sauvages avec lesquels les populations humaines sont entrées récemment en contact, suite à des modifications de l'environnement naturel par les activités humaines. Par exemple, Ebola, Zika, l'encéphalite de Nipah et presque toutes les pandémies connues sont des zoonoses. Le COVID-19 est une pandémie provoquant une mortalité de plus de 0,5%, et les mesures de distanciation sociale et de limitation des transports prises pour lutter contre la transmission du virus ont causé des coûts notamment financiers énormes, de l'ordre de \$8-16 trillions de dollars américains en juillet 2020.

Le virus qui en est à l'origine, SARS-CoV-2, a presque certainement trouvé son origine chez les chauves-souris insectivores de la province de Yunnan (Chine), car il fait partie d'un clade de coronavirus qu'on trouve presque uniquement chez ces chauves-souris du genre *Rhinolophus spp.* dans la nature. De plus, seuls les coronavirus des chauves-souris dans le Yunnan possèdent le variant de la glycoprotéine « spike » du SARS-CoV-2 qui est capable de faire entrer le virus dans des cellules humaines, en se fixant au récepteur de l'enzyme de conversion de l'angiotensine 2 (ACE2) présent à leur surface. La glycoprotéine spike est hautement immunogène et la plupart des développements de vaccins contre le COVID-19 activent le système immunitaire contre la protéine spike. Le SRAS-CoV-2 est plus virulent que les coronavirus responsables du rhume, mais il diffère également des coronavirus encore plus graves que sont le SARS-CoV et le MERS-CoV en ce que la transmission asymptomatique est fréquente. Ainsi, les comparaisons avec d'autres coronavirus ne permettent pas de prédire de façon très robuste l'évolution future du SARS-CoV-2. La famille des coronaviridés se caractérise par une fidélité de réplication relativement élevée par rapport à d'autres virus à ARN, comme c'est attendu pour des virus à génomes exceptionnellement grands. Cependant, le SRAS-CoV-2 fixe quand même deux nouvelles mutations par mois au niveau de la région de la protéine spike, et des taux de changement beaucoup plus élevés sont observés dans certains des variants préoccupants. Depuis 2020, on sait que plusieurs substitutions (D614G, B.1.1.7 dit « Alpha » et B.1.617.2 dit « Delta »,...) ont augmenté la transmission du virus chez l'humain. Pourquoi assistons-nous à l'émergence de variants malgré le mécanisme de réplication relativement fastidieux des coronavirus ? La vitesse d'évolution d'un pathogène viral dépend aussi du temps de génération du virus, de la durée de l'infection, du nombre de variants qui se développent au cours de l'infection d'un individu, des contraintes structurelles et fonctionnelles dans des régions spécifiques des protéines virales, ainsi que de l'étendue de la sélection naturelle agissant sur le virus. En outre, plus le nombre d'individus infectés par le virus est élevé, plus le pool et la diversité des virus mutants générés sont importants. Bien que les événements de transmission entre deux hôtes génèrent régulièrement des goulots d'étranglement qui éliminent la plupart des variants peut fréquents, un grand nombre d'événements de transmission permet la transmission d'un virus plus adapté, comme le montre la propagation mondiale des variants B.1.1.7 (Alpha) et B.1.617 (Delta). En outre, le SRAS-CoV-2 infecte une variété d'espèces de mammifères, et l'évolution du virus peut se produire chez ces autres hôtes animaux, générant une série de modifications génomiques en plus de celles observées lors de la transmission entre humains.

(16) Telenti A, Arvin A, Corey L et al. (2021) After the pandemic: perspectives on the future trajectory of COVID-19. *Nature* **596**, 495–504.

Les mutations liées à la spécificité d'espèce hôte se produisent aussi dans la séquence de la protéine spike et pourront jouer un rôle important dans l'évolution du virus, car les modifications de cette région peuvent permettre d'échapper au système immunitaire et/ou conférer un avantage en termes de transmission ou de fitness. La gravité de la maladie causée par le SRAS-CoV-2 est appelée à diminuer avec l'augmentation de l'immunité de la population. Néanmoins, de nombreuses années de données et de théorie nous ont appris qu'il est probablement naïf de faire des prédictions fortes sur l'évolution de la virulence de SRAS-CoV-2.

L'IPBES a produit un rapport en 2020 sur le lien entre biodiversité et la pandémie en cours (1). Ce rapport examine à la fois les maladies infectieuses émergentes qui ne sont pas devenues pandémiques, comme Ebola, ainsi que celles qui le sont devenues, comme le COVID-19. Le COVID-19 est la dernière pandémie en date d'origine virale, depuis l'émergence du HIV dans les années 1970. Depuis 1918, au moins six autres pandémies ont affecté la santé publique, dont trois causées par des virus de la grippe, et une par le SRAS. La fréquence d'émergence de nouvelles maladies infectieuses, et de pandémies qui en découlent, a augmenté significativement entre 1940 et 2004 (17). Le risque de pandémie augmente rapidement, avec plus de cinq nouvelles maladies qui apparaissent chez l'homme chaque année, chacune d'entre elles ayant le potentiel de se propager et de devenir pandémique. Il n'y a rien d'étonnant à cela : il existe vraisemblablement 1,7 million de virus chez des hôtes mammifères et aviaires, et environ la moitié d'entre eux pourraient avoir la capacité d'infecter l'homme. Il faut donc bien constater que le COVID-19 n'est sans aucune doute pas la dernière pandémie à laquelle nous devons faire face, et que notre capacité à gérer les prochaines pandémies reste incertaine.

La pandémie du COVID-19 et la crise de biodiversité sont toutes deux causées par l'invasion et la destruction humaines des écosystèmes naturels

La cause principale à l'émergence de la pandémie du COVID-19 est, comme dans le cas de la crise de biodiversité, le changement d'affectation des terres par, et pour, les activités humaines. La conversion des forêts tropicales en terrains agricoles, d'élevage, ou pour l'extraction de ressources naturelles comme le bois, les mines et le pétrole, est la cause de plus de 30 % des maladies infectieuses émergentes depuis 1960. Ceci concerne notamment le virus de Hendra en Australie, le virus de Nipah en Malaisie, le virus Ebola, la fièvre de Lassa et le virus de Marburg en Afrique centrale, le virus Machupo en Amérique du Sud, les flavivirus tels que le Zika et la fièvre jaune en Amérique du Sud, et la dengue en Asie du Sud-Est, la malaria zoonotique à Bornéo, le paludisme au Brésil, et les coronavirus responsables du SRAS, du MERS et du COVID-19. La majorité des épidémies et pandémies émergentes proviennent de forêts tropicales, car 80% de la biodiversité mondiale est localisée dans ce type d'écosystème, incluant la biodiversité en microorganismes susceptibles de contaminer les populations humaines. De plus, c'est dans les régions tropicales que les changements d'usage des terres sont les plus importants ces dernières décennies, mettant les populations humaines en contact accru avec la faune sauvage.

(17) Jones KJ, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman JL, Daszak P (2008) Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 451: 990-994.

Quels sont les mécanismes sous-jacents liant changement d'usage des terres et propagation de nouvelles zoonoses ? Comme expliqué plus haut, la construction de routes, généralement destinées à convertir la forêt primaire en terres agricoles ou d'élevage, initie les contacts entre la faune sauvage, leurs pathogènes et les populations humaines. La fragmentation de la forêt primaire multiplie les lisières forestières, amenant la faune sauvage à déborder des forêts de plus en plus fréquemment au cours de leurs déplacements. Il apparaît que 98% de la surface forestière au monde est maintenant située à moins de 1 km d'un bord de forêt. Ainsi, la faune sauvage « déborde » dans les zones où se développent des écosystèmes forestiers, agricoles et urbains secondaires, permettant les contacts entre pathogènes et humains (8,9). A ce premier mécanisme bien documenté, s'ajoute l' « hypothèse de la dilution » qui suppose qu'une grande diversité en espèces hôtes naturels, typique des forêts non dégradées, réduirait le risque d'acquisition de parasites pour une nouvelle espèce telle que les humains. En effet, un nombre élevé d'espèces hôtes inadaptées au pathogène dans l'environnement constituerait un plus grand nombre de cibles pour les parasites, diluant le risque de transmission vers les humains. A contrario, la perte d'espèces sauvages dans les forêts dégradées augmente le risque de transmission d'agents pathogènes vers des hôtes non habituels tels que les humains. De fait, une relation négative entre la diversité en espèces et le risque de transmission de maladies infectieuses existe bien pour différents types d'écosystèmes et de groupes taxonomiques hôtes et parasites, et notamment concernant le virus du Nil occidental et le hantavirus (18).

A cela s'ajoute la consommation de viande de brousse, une habitude culturelle ancienne en Asie et en Afrique comme apport de protéines. La consommation et le commerce d'espèces sauvages est à l'origine de l'émergence de maladies car il permet un contact intime entre les espèces sauvages et les humains, ce qui facilite la dissémination d'agents pathogènes nouveaux ou connus, leur amplification et leur propagation. Il existe des preuves de l'existence de liens entre COVID-19 et les marchés d'animaux vivants en Chine et de façon plus générale de liens entre le commerce de la faune sauvage et l'émergence d'une série de maladies. La chasse, le commerce, le dépeçage et la préparation de la faune sauvage pour la consommation sont à l'origine d'une proportion importante de zoonoses, d'EID et de pandémies connues, comme la maladie à virus Ebola, le VIH/SIDA, la variole du singe, le SRAS et le COVID-19. Les mammifères et les oiseaux sauvages représentent les hôtes réservoirs les plus importants pour les zoonoses émergentes (19).

Au-delà des épidémies localisées, la dissémination entre continents des agents pathogènes est en grande partie due aux modes de consommation mondialisés. En effet, les régions forestières tropicales sont aussi au cœur de l'exportation vers les pays développés, notamment européens : produits agricoles et d'élevage, bois et exploitation minière. Par exemple, la demande mondiale en viande entraîne la déforestation, la dégradation des forêts et l'expansion des pâturages au Brésil et dans d'autres régions de l'Amazonie, en grande partie pour accroître la taille du marché de viande notamment européen à moindre prix.

(18) Poulin R (2021) *The rise of ecological parasitology: twelve landmark advances that changed its history*, *International Journal for Parasitology in press*: doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2021.07.001>

(19) Karesh WB, Dobson A, Lloyd-Smith JO, Lubroth J, Dixon MA, Bennett M, Aldrich S, Harrington T, Formenty P, Loh EH, Machalaba CC, Thomas MJ, Heymann DL (2012) *Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories*. *The Lancet* 380: 1936-1945.

Ce commerce est responsable de l'émergence de la salmonellose, de l'encéphalopathie spongiforme bovine et de la variante de la maladie de Creutzfeldt-Jakob, et de certaines souches d'agents pathogènes résistants aux antibiotiques (e.g. 20,21). Dans ce cadre d'échanges commerciaux internationaux, le commerce et la consommation d'animaux sauvages constituent un risque important au niveau mondial pour les futures pandémies. En effet, le commerce de faune sauvage, et notamment de viande de brousse, est aussi fortement alimenté par la demande croissante des pays développés. Le commerce international légal d'espèces sauvages a augmenté de 2,000 % depuis les années 1980 et plus que quintuplé au cours de la dernière décennie, pour atteindre plus de 100 milliards de dollars US en 2019. Le commerce illégal d'espèces sauvages est estimé à plusieurs dizaines de milliards de dollars US par an. La Belgique est à la pointe de la documentation et des avancées concernant la réglementation de ces échanges commerciaux (22). L'augmentation du volume des échanges commerciaux et leur transport international favorisent la propagation des agents pathogènes vers des populations humaines qui n'ont jamais été infectées par ces agents. La Belgique et l'Europe participent à l'accroissement en demande de produits tropicaux, notamment de viande de brousse. En conséquence, les pays les plus riches et les plus développés sont de plus en plus souvent touchés lorsqu'une nouvelle zoonose épidémique se propage, comme cela s'est produit avec le COVID-19.

Le COVID-19, et après?

Le COVID-19 a mis le monde sur "pause". On pourrait être tenté de croire que la réduction, temporaire, des déplacements et, dans une certaine mesure, de la consommation pendant cette période de lock-down, serait positive pour la biodiversité, comme différents reportages l'ont suggéré, par exemple sur les observations de la faune sauvage dans les villes et à proximité des centres urbanisés dans différents pays d'Europe. Cette croyance est fautive : d'une part, dans la majorité des pays de monde où il n'y a pas de filets de sécurité sociale, l'arrêt du travail a mené des centaines de millions de personnes à chercher leur nourriture dans les habitats naturels avoisinants, ce qui a créé une pression de chasse accrue sur les écosystèmes naturels, surtout dans les pays où la biodiversité est encore très élevée. D'autre part, faire croire que la crise de la biodiversité ne se résoudra que par l'élimination des activités commerciales humaines est très pernicieux. Il est en effet vital, pour que la transition soit embrassée par les populations humaines, de trouver un mode de résolution de la crise de la biodiversité qui inclue le développement économique des pays en voie de développement, et le maintien de normes de confort moderne pour les pays développés. Il faut donc construire un autre avenir, où humains et écosystèmes naturels coexistent durablement.

(20) *Baumler AJ, Hargis BM, Tsohis RM (2000) Tracing the origins of Salmonella outbreaks. Science 287: 50-52*

(21) *European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control (2019) The European Union summary report on antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2017. EFSA Journal 17 (in press), doi:10.2903/j.efsa.2019.5598.*

(22) *Conférence "One World One Health Conference on the impacts of wildlife trade at global and local level", Bruxelles, 2019. Organized by the Federal Public Service Health, Food Chain Safety and Environment and the Belgian Biodiversity Platform. <https://www.biodiversity.be/4854>*

Jusqu'à présent, notre approche pour la gestion des épidémies et des pandémies ces dernières décennies a été fondée sur le confinement et le contrôle après l'apparition de la maladie, et a reposé principalement sur des approches réductionnistes de développement de vaccins et de thérapies pour les contrôler. Il s'agit là d'un état d'esprit occidental, où l'idée sous-jacente est de produire deux fois de la richesse, d'abord par une activité économique non régulée à l'origine d'un problème (ici la pandémie), et ensuite par la résolution de la crise engendrée (production de vaccins, de masques, ...). Le problème, ici, est que ce qui est perdu ne peut être réparé : une fois qu'un nouveau virus/microbe émerge, il n'y a pas de retour en arrière possible. Un seul virus a été éradiqué depuis l'ère moderne de l'humanité, la variole, et nous devons vivre à long terme avec tous les autres virus qui ont émergé ces dernières décennies. Plus de 5 millions de morts ont été comptabilisés au niveau mondial pour le COVID-19 en date du 13 septembre 2021. De même, toutes les espèces disparues en raison de la crise de la biodiversité ne peuvent être ressuscitées. C'est pourquoi l'approche économique "polluer/ casser puis réparer" du monde occidental a atteint ses limites.

Pour accepter de changer de stratégie, il est aussi utile de comparer le coût des mesures de distanciation sociale et de limitation des transports prises pour lutter contre la transmission du virus, de l'ordre de 8-16 trillions de dollars américains (estimation de juillet 2020), aux coûts estimés d'une stratégie alternative, proposée par l'IPBES en 2020. La stratégie alternative consiste à réduire les risques de pandémie via une stratégie de prévention, avant l'apparition des prochaines épidémies. Cette stratégie de prévention est fondée sur la réduction du commerce des espèces sauvages, la réduction du changement d'affectation des terres, et est estimée entre 22 et 31 milliards de dollars US. Ces montants seraient diminués encore à 18-27 milliards de dollars US si l'on calcule les avantages de la réduction de la déforestation sur la séquestration du carbone dans le cadre de lutte contre le dérèglement climatique. On peut ainsi constater que le coût de la pandémie COVID-19 est d'au moins deux ordres de grandeur de plus élevé que le coût d'une stratégie de prévention pour l'avenir. Cette forte incitation économique à préférer une stratégie de prévention à une stratégie de réparation des dommages occasionnés est cependant réduite par le fait que ce ne sont pas les mêmes entités publiques / privées qui investissent / génèrent des bénéfices, en fonction de la stratégie choisie.

En pratique, la stratégie de prévention proposée au niveau mondial par l'IPBES concerne en priorité la réduction et l'arrêt de la déforestation des forêts tropicales, réservoirs principaux de virus à mammifères et oiseaux sauvages d'où émergent majoritairement les zoonoses. Une proposition alternative consistant à raser les dernières forêts tropicales pour se débarrasser des zoonoses à l'avenir, est une mauvaise idée pour de nombreuses raisons. Notamment, les forêts sont des réservoirs de carbone dont on ne peut se passer pour limiter les effets du dérèglement climatique, et les différentes tentatives précédentes de taille des forêts tropicales dans le but spécifique de se débarrasser de vecteurs de zoonoses ont abouti à l'effet inverse. Pour réduire la déforestation tropicale, il est nécessaire de réduire la consommation à haut risque, non durable, et destinée à l'exportation vers les pays développés de produits tels que l'huile de palme, la canne à sucre, le bois tropical, les métaux des terres rares pour les équipements électroniques, la viande autant issue d'élevage que de la faune sauvage. Une consommation plus durable dans les pays développés pourrait être encouragée par un meilleur étiquetage des produits et des campagnes de sensibilisation aux liens qui existent entre la consommation de certains types de produits et le risque de maladies émergentes, la perte de biodiversité et le dérèglement

climatique. Ceci nécessite d'établir au niveau international la traçabilité de ces produits de consommation.

Un deuxième point clef de la stratégie de prévention consiste à accroître la durabilité de l'agriculture pour répondre aux besoins alimentaires à partir des terres actuellement disponibles, et réduire par la suite les superficies de terres utilisées. Pour ce faire, il sera nécessaire de passer à un régime alimentaire plus sain, plus durable et plus diversifié, y compris la réduction de la consommation de viande dans les pays développés. L'argument santé est important à relayer, puisqu'il est maintenant démontré que notre mode d'alimentation trop carné (110 à 130 g de viande par jour et par personne) et de produits transformés en Europe de l'ouest réduit l'espérance de vie en moyenne de 6 ans, et est six fois plus morbide que le SIDA ou la malaria (23). Un troisième point clef concerne la conservation des « points chauds de la biodiversité », foyers des zoonoses, par la création de zones protégées effectives supprimant toute activité humaine dans les forêts tropicales primaires. De fait, les données actuelles indiquent que la préservation d'écosystèmes intacts et de leur biodiversité endémique devrait généralement réduire la prévalence des maladies infectieuses. L'hypothèse de dilution décrite précédemment explique comment la perte de biodiversité due aux changements environnementaux anthropiques peut entraîner un risque plus élevé de zoonoses, et comment la conservation de la biodiversité est donc bénéfique aussi pour la santé publique.

En Belgique, au-delà de la réduction de nos importations, notamment de viande ou de céréales pour nos élevages, depuis les forêts tropicales, il est aussi nécessaire d'agir localement pour juguler la crise de biodiversité dans nos régions. En pratique, les changements de pratiques agricoles qui limiteront les intrants et le changement de diète alimentaire vers un régime plus végétarien permettront de rendre de la place à notre nature, et de restaurer notre biodiversité. De plus, l'arrêt de l'artificialisation des terres agricoles en Belgique via l'arrêt de la construction de résidences, devra passer par une révision en profondeur de l'attribution des terres constructibles au plan de secteur. Le plan de secteur définit actuellement des zones gigantesques en « zone d'habitat », terres qui en pratique sont des terres agricoles. Il est donc très difficile d'y refuser un permis d'urbanisme. Dans le cadre de son objectif d'arrêt de l'artificialisation en 2050, la Wallonie pourrait réviser son plan de secteur et réduire les zones dite d'habitat. Ce processus est délicat, car il implique une « moins-value » pour les terrains repassant en terrains agricoles : un terrain à bâtir vaut pratiquement 100 fois plus au m² qu'un terrain agricole.

L'action politique est essentielle, mais il est aussi possible, et efficace, d'agir à l'échelle collective spontanément, comme l'a montré la convergence des témoignages de 250 scientifiques belges au sein de l'initiative « We Change For Life » en 2019 (www.wechangeforallife.org).

(23) Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, Garnett T, Tilman D, DeClerck F, Wood A, Jonel M, Clark M, Gordon LJ, Fanzo J, Hawkes C, Zurayk R, Rivera JA, De Vries W, Sibanda LM, Afshin A, Chaudhary A, Herrero M, Agustina R, Branca F, Lartey A, Fan S, Crona B, Fox E, Bignet V, Troell M, Lindahl T, Singh S, Cornell SE, K Srinath Reddy, Sunita Narain, Sania Nishtar, Christopher J L Murray (2019) Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 393 : 447-492.

La communauté d'experts sur la biodiversité en Belgique est aussi la première à s'être organisée pour communiquer et informer sur la crise de la biodiversité de façon unifiée, depuis 2019 et fournit des dizaines de conseils pour lutter efficacement à l'échelle individuelle et sans attendre les décisions politiques, contre la crise de biodiversité (voir www.ensemblepourlabiodiversite.be).

Combien de "chocs" nos sociétés peuvent-elles affronter, même dans des pays riches comme en Europe ? Après la faillite bancaire de 2008, les conditions climatiques de plus en plus difficiles (le Canada et la Russie brûlent, la Belgique est inondée), la pandémie du COVID-19, il devient probable que nous n'aurons plus longtemps la capacité de résistance, c'est-à-dire l'argent, pour entrer en transition et mettre en place les outils qui nous permettront d'adopter un mode de vie durable. D'ici 2030, la plupart des crises environnementales en cours auront sans doute atteint un point de non-retour. Il est pourtant techniquement et financièrement possible encore aujourd'hui, d'éviter le pire. A ce titre, le rapport « Sophia » produit en 2020 sous la direction du climatologue belge, ancien vice-président mondial du GIEC, Prof. JP van Ypersele, a organisé la transition pour la Belgique (<https://www.groupeone.be/plansophia/>). Nous avons la feuille de route, mettons-nous en mouvement dès maintenant.

Il n'y a pas lieu de se sentir coupable de notre inertie passée : dans le passé, nous n'avions pas compris les enjeux des dérèglements environnementaux que notre mode de vie impose à la planète. Il serait naïf d'en vouloir, par exemple, à Mr Henri Ford d'avoir développé le moteur à explosion et produit les voitures pour tout le monde au milieu du XXème siècle. A l'époque, nul n'avait la possibilité de comprendre que la production de CO₂ qui découlerait du trafic mondial nous précipiterait vers les dérèglements climatiques actuels. Mais les connaissances sont maintenant disponibles et il serait tout aussi naïf de tenter de les ignorer. Il est temps de prendre acte des données liant notre mode de consommation et tant la pandémie du COVID-19 que la crise de biodiversité et, pragmatiquement, mettre en place les solutions.

Prof. Dr. Caroline Nieberding
Evolutionary Ecology and Genetics Group
Earth and Life Institute
University of Louvain (UCLouvain)
SST/ELI/ELIB
Croix du sud 4-5, bte L7.07.04
1348 Louvain-la-Neuve
website: <https://nieberdinglab.be>