

# ONE HEALTH (UNE SEULE SANTÉ) : CONCEPT NOUVEAU EN MATURATION OU VIEILLE HISTOIRE ?\*

## ONE HEALTH: MATURING CONCEPT OR OLD STORY?

Patrick GIRAUDOUX<sup>1</sup>

(Manuscrit soumis le 23 octobre 2023, accepté le 30 octobre 2023)

### RÉSUMÉ

Le cadre conceptuel d'Une seule santé (*One Health*) a connu un regain d'intérêt depuis la pandémie de COVID-19. Il a été endossé par une alliance quadripartite composée de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Organisation mondiale de la santé animale (OMSA, ex OIE), l'Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et trouve de nombreuses déclinaisons dans les politiques des États comme en France au sein des Plans régionaux Santé – Environnement (PRSE4) et du Comité de veille et d'anticipation des risques sanitaires (CoVARS) créé en août 2022. Ce concept intégratif vise à équilibrer et à optimiser durablement la santé des personnes, des animaux et des écosystèmes. Si la santé des hommes et des animaux est généralement bien comprise du monde médical et vétérinaire, la transversalité du lien avec la santé des écosystèmes et la biodiversité est cependant plus difficile à appréhender dans ce monde du soin. L'écologie en tant que science ne fait en effet pas partie des cursus généraux de formation des professionnels de santé. Cet article a pour but de faire le point sur les questions écologiques et environnementales qui justifient le concept d'Une seule santé, et sur les changements de paradigmes nécessaires pour penser la communauté de destin de l'ensemble du vivant dans un monde accepté comme fini.

**Mots-Clés :** biodiversité, COVID-19, Une seule santé, éco-épidémiologie, écologie de la santé

### ABSTRACT

The *One Health* conceptual framework has received renewed interest since the COVID-19 pandemic. It has been endorsed by a quadripartite alliance consisting of the World Health Organisation (WHO), the World Organisation for Animal Health (WOAH, ex OIE), the Food and Agriculture Organisation (FAO) and the United Nations Environment Programme (UNEP), and is being applied in a number of ways in national policies, such as in France's regional "Health and Environment Plans" (PRSE4) and the Comité de veille et d'anticipation des risques sanitaires (CoVARS) set up in August 2022. This integrative concept aims to balance and sustainably optimise the health of people, animals, and ecosystems. While the health of humans and animals is generally well understood in the medical and veterinary world, the cross-disciplinary link with the health of ecosystems and biodiversity is more difficult to grasp in the world of healthcare. Ecology as a science is not part of the general training curriculum for healthcare professionals. The aim of this article is to take stock of the ecological and environmental issues that justify the concept of *One Health*, and the paradigm shifts needed to think about the shared destiny of all living things in a world accepted as finite.

**Keywords:** biodiversity, COVID-19, *One Health*, eco-epidemiology, ecohealth

1- Professeur émérite d'écologie, ORCID 0000-0003-2376-0136, Chrono-environnement, Université de Franche-Comté/CNRS, Besançon, France.  
Courriel : patrick.giraudoux@univ-fcomte.fr

\*Le contenu de cet article correspond à une série de conférences données sur le sujet depuis le début de la pandémie de COVID-19.



L'humanité a été bouleversée par la pandémie de COVID-19, et ce bouleversement a accéléré la réémergence de l'idée que la santé humaine dépend des multiples relations que notre espèce entretient au sein des écosystèmes dont elle fait partie, et qui rendent la Terre habitable pour elle. La concrétisation de cette prise de conscience s'est traduite par des prises de position à de nombreux niveaux en sortie du pic épidémique. En 2021, le gouvernement français lance le Plan National Santé-Environnement 4 (PNSE 4) : "un environnement, une santé", doté d'un Groupe Santé Environnement chargé du suivi des actions. Ses déclinaisons régionales récentes font toutes mention d'un volet Une seule santé (1SS, One Health). Faisant suite à une des dernières recommandations du conseil scientifique COVID-19 (Lefrançois *et al.* 2022), la lettre de mission du 17 août 2022, du Comité de veille et d'anticipation des risques sanitaires (CoVARS) nouvellement créé, demande que le CoVARS « inscrive son travail dans le concept d'Une seule santé (One Health) ». Le 27 mars 2023, l'OMS, l'OMSA (ex-OIE), la FAO, et le PNUE endossent conjointement une définition du cadre conceptuel Une seule santé élaborée par un panel international d'experts (le *One Health High Level Expert Panel*).

Que recouvre donc ce concept d'Une seule santé, et quel est le contexte qui en ravive la (ré)émergence ?

## UN CONTEXTE PLANÉTAIRE PRÉOCCUPANT

La pandémie de COVID-19 fait partie des nombreux signaux syndromiques pointés depuis des décennies par des dizaines de milliers d'articles scientifiques (Ripple *et al.* 2017). Ils décrivent la multiplication de toutes sortes d'autres crises : effondrement de la biodiversité, réchauffement climatique, artificialisation et épuisement des sols, épuisement des ressources en énergie, en eau, en minerais, etc. à tel point qu'on est maintenant tenté d'y voir une crise globale faite de nombreuses crises concomitantes, une poly-crise, dans laquelle s'inscrivent des syndémies (Singer *et al.* 2017) pour ce qui concerne plus spécifiquement les questions de santé. On doit toutefois se demander si le terme de crise, c'est-à-dire une phase paroxysmale mais transitoire, est approprié pour désigner ce qui se révèle depuis les premiers « chocs » pétroliers un état permanent. Nous sommes entrés très certainement dans un monde nouveau, plus fluctuant, aux variations plus rapides et de plus grande amplitude que par le passé, plus imprévisible dans le détail, généré par le fonctionnement lui, tout à fait prévisible du vivant. La démographie humaine a explosé au cours des deux derniers siècles, de même qu'ont explosé les « besoins » individuels ressentis, pour une partie de ses habitants perdus dans une aspiration à un consumérisme débridé, qu'une minorité seulement a la capacité de réaliser (Figure 1).

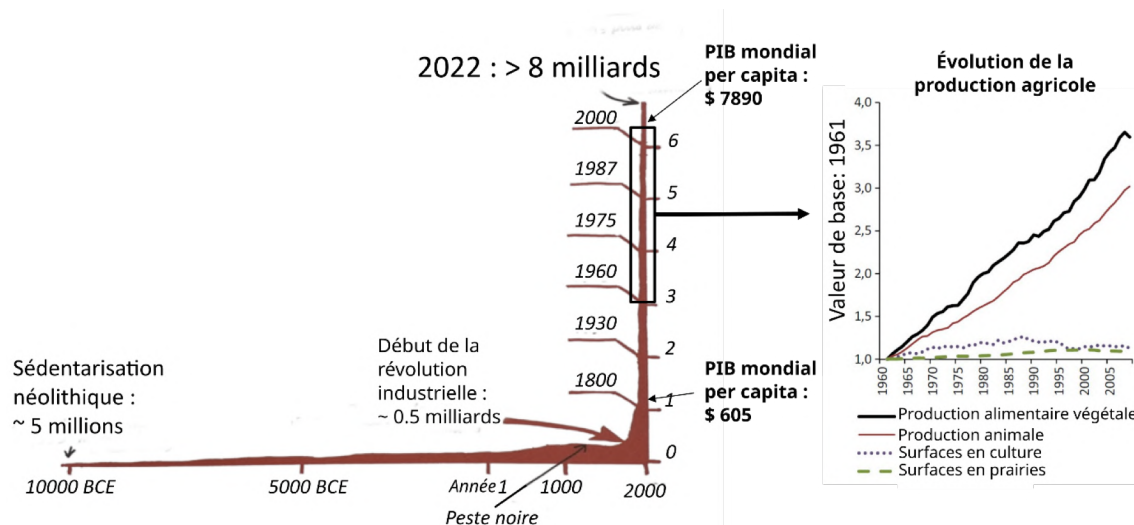


Figure 1 : Évolution de la population mondiale (graphe inspiré de Jancovici et Blain (2021)). Le PIB mondial par habitant a été multiplié par 13 de 1820 à 2010 (Bolt *et al.* 2014). Cette combinaison démographie multipliée par la demande, hyperbolise, donc, les besoins en alimentation, énergie, eau, matières premières, etc. qu'il est convenu de nommer « empreinte écologique ». En augmentant l'empreinte écologique humaine, l'intensification agricole a permis d'accompagner cette évolution démographique alors que les surfaces agricoles ne pouvaient pas s'étendre (Manceron *et al.* 2014), du fait de limites indépassables dans la qualité des sols, pluviométriques, de température, etc. Ces tendances générales qui tentent de poursuivre leur trajectoire (Dronne 2018) cachent de grandes inégalités géographiques et sociales.

Cette présentation globale cache bien sûr des inégalités criantes entre pays à hauts revenus et pays à bas revenus, et à l'intérieur de chacun de ces pays, entre riches et pauvres. Cette explosion démographique combinée à une consommation globale multipliée entraîne une cascade de causes et de conséquences :

1. Elle impose une agriculture agronomiquement performante, hautement productive. Toutes les terres cultivables durablement, de ce fait, sont maintenant cultivées (Figure 1). La maîtrise acquise pendant les deux guerres mondiales, pour des raisons militaires, de la production chimique azotée, et les faibles coûts, depuis, d'une énergie fossile jugée alors sans limite

(pétrole, charbon, gaz, etc.), ont permis la mise à disposition des engrais chimiques et des pesticides de synthèse. À partir des années 1960 en France, ils ont boosté la production agricole qu'on nomme « conventionnelle ». Elle était alors peu préoccupée de ses externalités écologiques délétères, la priorité affichée étant de nourrir l'humanité. À cause de la vitesse de minéralisation des matières organiques en zone tropicale, les déboisements massifs actuels dans ces zones, industriels, conduisent à une agriculture dépendante des intrants de synthèse au préjudice d'écosystèmes qui sont actuellement des puits de carbone, des régulateurs climatiques et les plus riches en biodiversité. Maintenant, dans les zones cultivables mondiales, une transition est recherchée, de systèmes d'agriculture conventionnelle non-durable vers des systèmes durables, à travers le concept d'agroécologie.

2. La mécanisation de l'agriculture a permis la libération de la main d'œuvre vers d'autres tâches et une autre organisation sociale, qui a entraîné une urbanisation de la population. On estime qu'à l'échelle mondiale, 70% des habitants de la planète habiteront dans des villes à l'horizon 2050. D'ores et déjà 80% des Français habitent dans une commune urbaine (selon la définition INSEE). Trente-six pour cent de la population active en France travaillait dans le secteur agricole à la veille de la Seconde Guerre mondiale, 8% en 1986, et moins de 3% en 2016 (Devienne 2020).

3. L'emprise démographique humaine globale est concomitante d'une exponentiation des extinctions d'espèces durant la même période (Figure 2), à des taux jamais atteints dans les temps géologiques. Elle est due, dans l'ordre décroissant d'importance, à l'action combinée (i) de destructions d'habitats (terrestres et marins), (ii) de la surexploitation des populations animales et végétales, (iii) des changements climatiques, (iv) des pollutions (agricoles, industrielles, domestiques, etc.) et (v) de la propagation anthropique d'espèces invasives (IPBES 2019).

4. Les émissions consécutives de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, méthane, etc.) dues à cette suractivité humaine inscrivent les tendances précédentes dans un contexte global de réchauffement climatique, qui, en zone tempérée, se traduit par des périodes prolongées d'assecs pour les sols (même à pluviométrie constante, la hausse des températures augmente l'évaporation), des vagues de chaleur plus fortes et plus longues, et des événements météorologiques plus extrêmes (inondations, tempêtes, etc.), qui eux-mêmes posent des problèmes, entre autres, agricoles et forestiers.

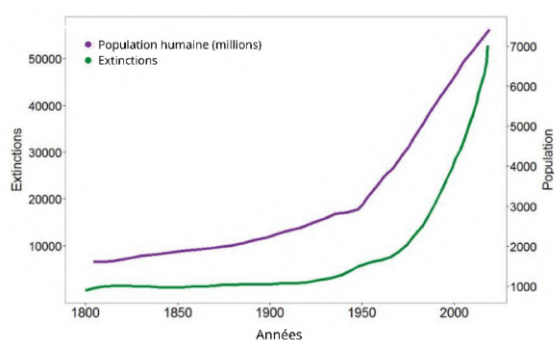


Figure 2 : Concomitance entre la croissance exponentielle de la population humaine mondiale et celle des extinctions d'espèces (Scott 2008).

## LA BIODIVERSITÉ, A QUOI ÇA SERT ?

Les conséquences de l'effondrement de la biodiversité sont parmi les plus mal comprises par la population générale, qui peine à les percevoir entre autres du fait du syndrome d'amnésie environnementale (Pauly 1995 ; Barbraud & Barbraud 2019), alors qu'elle commence par ailleurs à éprouver par le concret celles du réchauffement climatique en vivant par exemple des vagues de chaleur et des pénuries d'eau de plus en plus fréquentes. L'écologie est souvent interpellé par ses concitoyens sur cette question : la biodiversité à quoi ça sert ? Cette guêpe, ce moustique qui m'agacent sont-ils vraiment utiles ? Et cette araignée répugnante ? Et ce prédateur qui s'attaque à mon troupeau ? Quel est leur rôle ? Chacun est-il vraiment nécessaire ? Répondre à cette question en termes simples est un défi, car le rôle de telle ou telle espèce en particulier dans l'écosystème n'est pas nécessairement connu, et peut varier au cours du temps et encore selon les lieux. Il est donc difficile de comprendre le concept d'Une seule santé, qui s'appuie, nous le verrons, non seulement sur la notion de santé humaine, animale et des plantes, mais aussi sur celle complexe de santé des écosystèmes (Giraudoux 2022a) sans s'attarder ici sur ce qu'est la biodiversité et sur quelques illustrations parmi l'infinité de ses « rôles » dans le monde vivant.

La biodiversité est communément perçue comme une liste d'espèces. C'est en fait bien plus que cela. D'abord une liste d'espèces dans un écosystème (une forêt par exemple, ou un paysage agricole et ses réseaux de haies) liste en fait des populations appartenant à ces espèces, qui peuvent être différentes, génétiquement et pour certaines culturellement, d'un écosystème à l'autre. Elles sont les résultats de processus dont le moteur est l'évolution darwinienne (des mutations qui proposent, et une sélection qui dispose), dont les critères de sélection varient avec l'environnement dans lequel s'opère cette sélection. À l'intérieur d'une population d'une espèce donnée, dans un écosystème donné, existe aussi une diversité génétique entre les individus. Il n'est qu'à contempler l'espèce humaine et ses populations pour s'en convaincre. Et enfin, les processus darwiniens de mutations-sélection s'exercent de façon différente selon les écosystèmes. On a donc une diversité qui s'exprime à ce niveau : celle des écosystèmes. C'est cet emboîtement hiérarchique d'états et de processus qui constitue la biodiversité (Figure 3).

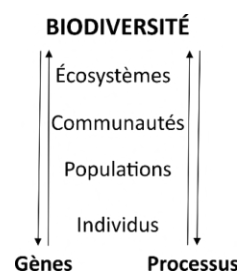


Figure 3 : Niveaux d'organisation du vivant traversés par la notion de biodiversité. Elle inclut à travers ces niveaux celle des processus et des gènes. Le terme « population », en écologie, désigne un ensemble d'individus d'une espèce qui échangent effectivement leurs gènes ; le terme « communauté », un assemblage de populations appartenant à des espèces différentes.

Pour éviter d'entrer dans la complexité de trop de détails, examinons la biomasse globale des grands taxons. Environ 82% de la biomasse terrestre est constituée par les plantes, 14% par les microorganismes (virus, protistes, archées et bactéries), 12% par la fonge (les champignons) et seulement 0,4% par les animaux. Nous vivons donc dans un monde de plantes, de microorganismes et de champignons (Bar-On *et al.* 2018). À noter que parmi les millions de taxons des deux dernières catégories, seuls un peu plus de deux milliers sont connus pour être pathogènes pour les humains (Guégan *et al.* 2022). Les autres participent principalement à la minéralisation de la matière organique produite par les végétaux photosynthétiques, et à bien d'autres fonctions écologiques (Selosse 2017). Les mammifères eux-mêmes ne représentent en biomasse que 7% des 0,4% d'animaux. Au sein des mammifères, les humains constituent 36% de ces 7%, les quelque 18 espèces d'animaux domestiques 60% et les quelque 6 450 espèces sauvages ne constituent plus que 4% de cette biomasse. Qui plus est 71% des oiseaux sont des poulets d'élevage. Ces chiffres montrent en quoi l'Anthropocène a fondamentalement changé la distribution des biomasses terrestres pour la petite fraction animale dont l'humanité fait partie, et comment, mécaniquement, par la croissance de sa propre biomasse et celle de ses animaux domestiques, elle a déjà établi un premier niveau d'effondrement de la biodiversité (un système est d'autant moins « diversifié » qu'une catégorie domine par rapport aux autres). Par ailleurs, nous l'avons vu plus haut, le nombre de taxons qui disparaît croît de manière exponentielle. La Figure 4 en illustre une des nombreuses conséquences.

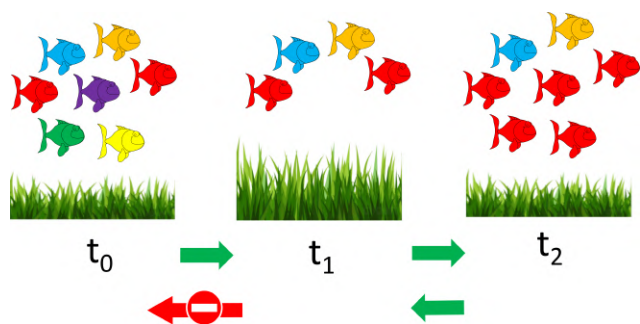


Figure 4 : Illustration des conséquences d'une perte de biodiversité. Le schéma à gauche, indique qu'elle peut affecter tous les niveaux d'organisation du vivant. À  $t_0$ , 7 taxons sont identifiés, à  $t_1$ , 3 se sont éteints définitivement avec pour conséquence une réorganisation rapide des niveaux trophiques (ici augmentation de la production primaire), à  $t_2$  un des taxons restants, opportuniste, profite de l'absence de compétition interspécifique et comble la niche écologique vide en augmentant ses effectifs. On revient alors à une structure trophique producteurs/consommateurs proche de celle à  $t_0$ , mais avec moins de taxons. Ce processus est irréversible : les taxons éteints le sont définitivement, et à l'échelle humaine, les écosystèmes se banalisent de façon irrémédiable par l'augmentation de l'effectif de taxons opportunistes.

La perte en biodiversité est alors, par exemple, extrêmement favorable aux propagations épidémiques, comme l'illustre la Figure 5.

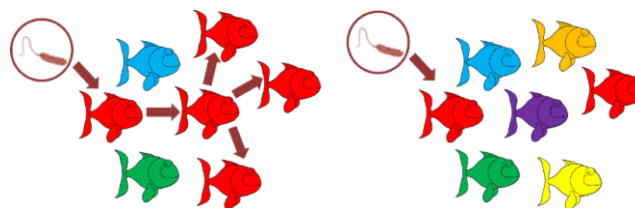


Figure 5 : Dans un écosystème faiblement diversifié (à gauche), un agent pathogène peut facilement circuler dans la population la plus abondante, génétiquement homogène, car les possibilités de contacts sont plus nombreuses que dans un écosystème comparativement plus diversifié composé de taxons génétiquement distants, donc aux capacités de défense (comportementales, immunitaires, etc.) plus variées (à droite).

Bien que ce processus ne soit pas le seul à prendre en compte, tant les écosystèmes sont complexes et idiosyncratiques, il a été reconnu pour des agents pathogènes à transmission directe comme les hantavirus (Keesing *et al.* 2010), les bactéries du genre *Bartonella* (Young *et al.* 2014) transmis par des rongeurs, et vectorielle comme les arbovirus (Hermanns *et al.* 2023), transmis par des moustiques ou des tiques, etc.

De plus, une forte biodiversité organise un écosystème où la redondance de fonction, importante dans ceux fortement diversifiés, est une garantie de robustesse, c'est-à-dire de résistance et de résilience aux perturbations. Par exemple, de nombreuses espèces de bactéries, de fonges, de protozoaires, de microarthropodes participent à la décomposition de la matière organique dans le sol. Tous n'ont pas les mêmes optimums écologiques : certains se développent mieux au sec, d'autres à l'humidité, d'autres encore à des pH faibles ou élevés, etc. Ces variétés d'optimums pour des organismes qui réalisent des fonctions similaires en un même lieu font la robustesse du système : en tout état de cause, les processus essentiels seront réalisés par l'un ou l'autre type qui sera le plus adapté aux conditions du moment et aussi en cas de variations de ces conditions. Soustraire du système un certain nombre de ces organismes est possible, du fait de cette redondance, mais dangereux... car ces systèmes, extraordinairement complexes du fait du grand nombre d'éléments et du nombre incommensurable d'actions et rétroactions entre ces éléments, sont soumis à des effets seuils. On peut retirer probablement des centaines de boulons à la tour Eiffel sans qu'elle s'écroule... mais à partir d'un certain nombre difficilement estimable (tout dépend de leur place), alors le moindre coup de vent la fera s'écrouler, ou même, au boulon enlevé de trop, elle s'écroulera brusquement d'elle-même. Cette analogie permet de comprendre le type de problème que pose l'effondrement de la biodiversité par soustraction d'espèces dans un écosystème. On peut aussi se convaincre de ce à quoi conduit la perte en biodiversité en comparant un agrosystème conventionnel, qui est un écosystème simplifié à l'extrême, à une forêt, beaucoup plus diversifiée. Un champ de maïs, par exemple, nécessite des interventions et apports permanents (fertilisants, insecticides, herbicides, irrigation, énergie, etc.) pour maintenir la stabilité de sa production primaire ; à l'opposé, la même surface en forêt, qui compte des milliers d'espèces de tous ordres ne nécessite qu'un nombre comparativement minimal d'interventions, voire

même pas d'intervention du tout, pour assurer sa pérennité et son évolution.

## EN QUOI CES CHANGEMENTS TOUCHENT-ILS LA SANTÉ ?

Trois déterminants majeurs sont à considérer. La perte en biodiversité, les pollutions chimiques et physiques et le réchauffement climatique.

Les écosystèmes actuels sont le résultat de 3,8 milliards d'années d'évolution, c'est-à-dire d'essais et d'erreurs qui ont conduit à une complexité croissante par le nombre de taxons et d'interactions. On peut raisonnablement estimer que la durabilité du fonctionnement de ceux du temps présent a été, de ce fait, sérieusement mise à l'épreuve : c'est elle qui assurait jusqu'à maintenant l'habitabilité de la Terre pour *Homo sapiens*, une espèce qui est apparue, il y a seulement 300 000 ans sur une planète qui lui était favorable (par définition, sinon l'espèce se serait éteinte). Après des millénaires de modifications déjà importantes, mais relativement lentes, fautes de nombre et de moyens, elle devrait se méfier de sa propre capacité à détruire exponentiellement son habitat depuis moins de 200 ans. Les études montrent que la richesse de la biodiversité est essentielle pour le bien-être et la santé mentale de l'Homme (Wheeler *et al.* 2015 ; Methorst *et al.* 2021 ; IPBES 2022). Et au-delà de ce constat, des mécanismes écologiques puissants menacent de plus en plus l'habitabilité de la planète pour les humains et de nombreuses autres espèces..

Les besoins humains évoqués plus haut conduisent, par la pénétration et l'exploitation des zones inter-tropicales (comme les forêts équatoriales) et donc le recul des espaces faiblement ou pas anthropisés, à mettre en contact des milieux encore très

biodiversifiés, donc aussi très diversifiés en microbes, avec le gigantesque incubateur et amplificateur que constituent par leur biomasse, l'humanité et ses animaux domestiques, combinée à sa capacité de transports rapides et de longue portée. Quand, au Moyen-Âge, depuis l'Extrême Orient et jusqu'en Europe, une épidémie de peste mettait de nombreux mois, voire plusieurs années pour se propager, une épidémie de COVID-19 le fait maintenant en quelques jours. Cette situation n'est pas la seule cause de déstabilisation du système. Si l'humanité, par malheur, continuait à détruire la biodiversité, pour n'avoir que des écosystèmes encore plus simplifiés, alors l'instabilité de ceux-ci serait encore plus grande et dramatique.

Plus de trois millions d'années nous séparent des australopitèques, ce qui correspond à une succession d'environ 160 000 générations. Pour une bactérie, 160 000 générations peuvent se suivre en seulement dix ans. L'effectif d'une seule population bactérienne est de nombreux milliards de fois supérieur à celui de la population humaine actuelle. La conséquence est que, par leur nombre et leur vitesse de génération, les possibilités évolutives des micro-organismes, qui comme les autres dépendent de leurs mutations entre deux générations, sont infiniment plus grandes que celles des organismes dits supérieurs. Les micro-organismes auront toujours une mutation d'avance sur les autres (Giraudoux 2021).

Dans le domaine de l'inféctiologie, cette situation oblige à ne plus considérer la chaîne causale organisme pathogène  $\Rightarrow$  infection  $\Rightarrow$  maladie dans la seule perspective de la santé individuelle et sur le court terme, celle qui concerne au premier chef les cliniciens, mais bien, en santé publique, dans le contexte global et le réseau étendu de causalités qui facilitent ou limitent sa réalisation (Figure 6).

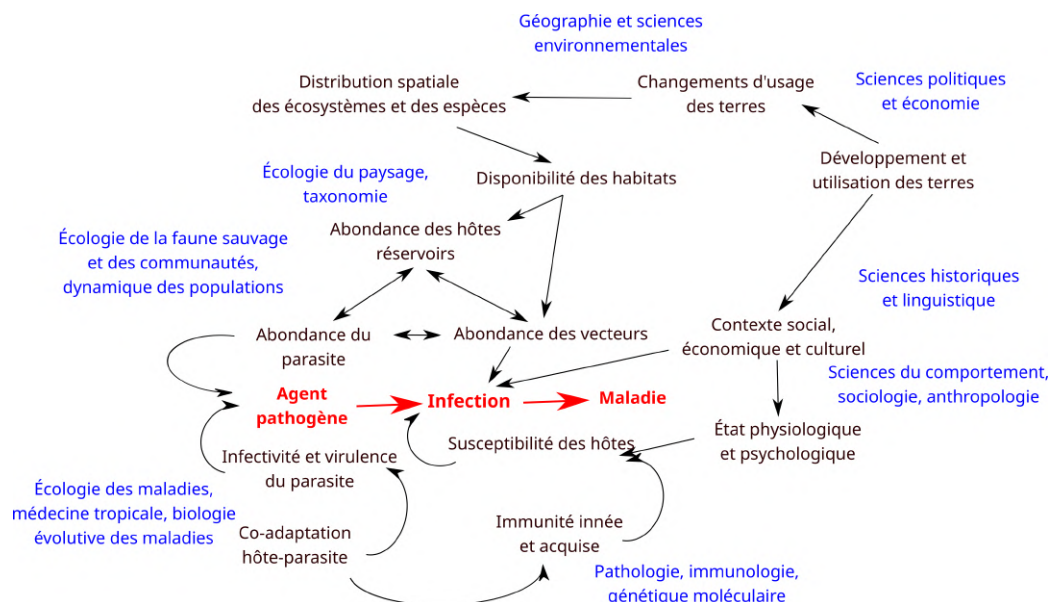


Figure 6 : Les études médicales ou vétérinaires portent classiquement sur la seule chaîne causale en rouge, et ses déterminants de la partie inférieure de la figure. Cependant, le contexte dans lequel se produit l'émergence d'un agent pathogène et d'une maladie est généralement beaucoup plus complexe, multifactoriel, impliquant un grand nombre de causes distales combinées. La prévention et l'élimination durable de la maladie supposent de comprendre et de prendre des mesures concernant aussi les facteurs distaux du système. Un grand nombre de disciplines devrait donc être mobilisées de manière complémentaire (en bleu). Le défi pédagogique consiste à préparer les professionnels de chaque discipline, à travailler dans un contexte multidisciplinaire conçu pour comprendre et contrôler les processus menant à l'élimination de la maladie (Giraudoux 2019).

La mise en circulation d'un nombre hallucinant de produits chimiques de synthèse est révélée depuis plusieurs années dans de nombreux rapports et aussi par les conséquences que certains d'entre eux ont sur la santé humaine (INSERM 2013) et celle des écosystèmes (Leenhardt *et al.* 2022), de même que la quantité d'artefacts (béton, bitumes, plastiques, etc.) dont la masse totale excède maintenant celle de la biomasse elle-même (El-hacham *et al.* 2020). Le nombre de molécules de synthèse déposées dans le monde dépasse les 350 000, et on estime que 3 nouvelles sont créées chaque jour (Naidu *et al.* 2021). Entre 50 000 et 70 000 tonnes de produits phytopharmaceutiques (anciennement appelés insecticides, fongicides, herbicides, etc.) sont vendus chaque année en France (hexagone et outre-mer). Il est incontestable qu'un certain nombre de ces produits, associé à l'essor des engrais de synthèse et le faible coût du pétrole, ont été des outils essentiels dès l'après-guerre 1939-1945 pour rapidement augmenter les rendements agricoles pendant la période dite des « Trente Glorieuses ». Au-delà de divers scandales sanitaires (on pense par exemple à celui de la chlordécone aux Antilles), on commence seulement à mesurer les effets de la présence permanente de ces produits et de leur mélange dans les écosystèmes, présence qui conduit à des expositions dangereuses pour la santé humaine, animale et celle des écosystèmes, parfois même à de faibles doses (Figure 7).

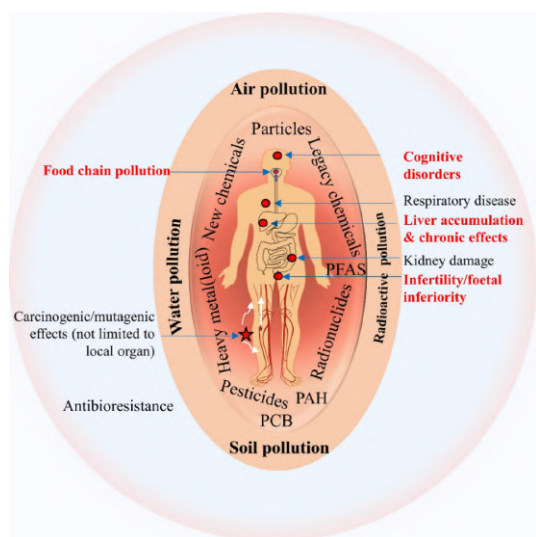


Figure 7 : Avec les modes de vie actuels, il est presque impossible d'éviter l'exposition aux polluants chimiques, même pour les personnes qui tentent de mener une vie saine. Les êtres humains sont exposés aux polluants chimiques avant même de naître et tout au long de leur vie par plusieurs voies. Il s'agit notamment (i) de l'utilisation directe de produits chimiques dans des conditions de sécurité connues ou inconnues (par exemple, produits chimiques sur le lieu de travail, additifs alimentaires et conservateurs), (ii) de la vie dans un environnement pollué ponctuellement ou dans une zone touchée par des polluants diffus (par exemple, à proximité d'anciens sites industriels ou dans les grandes villes), et (iii) de la consommation de denrées alimentaires récoltées dans des environnements contaminés. PFAS = substances per- et poly-fluoroalkyles, PCB = polychlorobiphényles, PAH = hydrocarbures aromatiques polycycliques. Figure et légende d'après Naidu *et al.* (2021).

Les rapports successifs du GIEC ont fait connaître au monde politique, aux médias et au grand public les conséquences actuelles des émissions de gaz à effet de serre depuis l'ère industrielle, dont le principal est le réchauffement climatique planétaire. Il est probablement moins nécessaire d'entrer dans les détails ici, car ils sont largement relayés par les médias, si ce n'est pour souligner que nous avons déjà dépassé un point de non-retour. Les scénarios du GIEC indiquent qu'en l'absence de mesures drastiques pour aller vers une émission nette zéro, les générations futures connaîtront une planète qui n'aura plus grand-chose à voir avec celle qu'ont connue nos parents et grands-parents (Figure 8).

Vagues de chaleur observées en France métropolitaine de 1947 à 2017 et projections 2017-2100

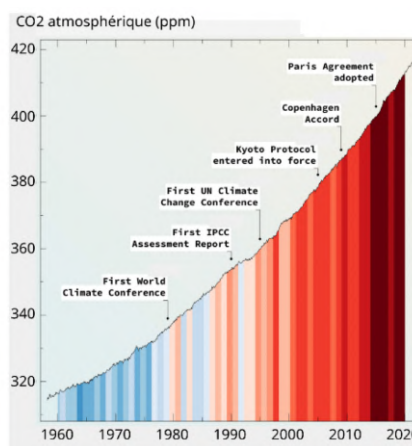
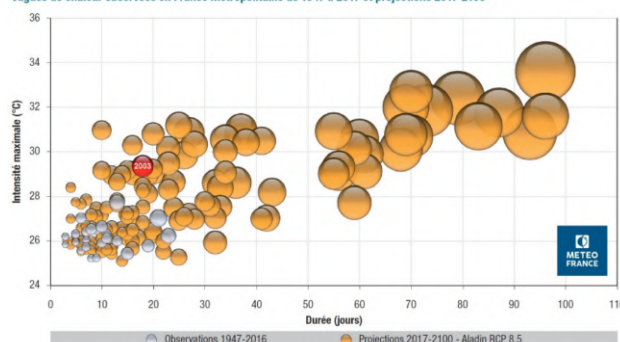


Figure 8 : La figure du haut montre quelle sera l'intensité et la durée des vagues de chaleur de 2017 à 2100 comparativement à celles de la période 1947-2016 sous scénario RCP 8.5 du GIEC (= les émissions de gaz à effet de serre continuent d'augmenter au rythme actuel). Ce scénario du pire est cependant à considérer sérieusement. Les bandes verticales du graphe du bas sont d'autant plus rouge foncé que la température annuelle est supérieure à la moyenne de la période, et d'autant plus bleues foncées qu'elle est inférieure, d'après Gericke *et al.* (2022). Il montre à quel point les évaluations, protocoles, accords et COP successives sont impuissantes à changer la trajectoire. Il est vrai que les actions qui sont (ou devraient être) menées, si elles le sont avec l'intensité requise, n'infléchissent la trajectoire que plusieurs années voire dizaines d'années après qu'elles auront été engagées.

L'urbanisation croissante de la population pose des problèmes spécifiques, par exemple de pollution atmosphérique due aux transports, dans des villes qui ne sont, de plus, pas encore organisées pour s'adapter aux vagues de chaleur. Leur végétalisation, par exemple, qui est un impératif, engage à réfléchir aux propriétés d'une biodiversité urbaine qui devra à la fois accompagner cette nouvelle architecture, et prémunir la population d'espèces porteuses d'agents pathogènes. L'augmentation souhaitable de la biodiversité urbaine devra également conduire à une culture partagée par les habitants et des comportements adaptés pour vivre avec la faune sauvage (Giraudoux & Bousarie 2023). L'agriculture devra également se transformer profondément pour continuer à répondre à la demande alimentaire d'une population humaine mondiale élevée, s'adapter à la rareté de l'eau, à des températures et des événements plus extrêmes, tout en éliminant ses externalités délétères (pollutions chimiques, effondrement de la biodiversité, etc.). Les enjeux de santé dans ce nouveau cadre sont évidents, tout comme l'est l'enjeu de considérer ensemble, sous forme de nexus, des problèmes et des solutions qui sont interdépendantes. Elles obligent, à l'intérieur de limites planétaires maintenant reconnues (Rockström *et al.* 2009 ; Persson *et al.* 2022), à des compromis entre des objectifs de multiples secteurs (agriculture, biodiversité, santé, etc.), pas nécessairement tous convergents. Une seule santé s'est fait le porte-drapeau pour les *santés* de ce positionnement intégratif, et non plus seulement, comme nous le verrons, pour la seule santé humaine, car il maintenant reconnu qu'elle dépend des autres.

## LA MATURATION DU CONCEPT D'UNE SEULE SANTÉ

Les médecins ont très tôt reconnu l'influence des facteurs environnementaux dans la propagation des maladies. Il y a deux mille quatre cents ans, le traité d'Hippocrate « Des airs, des eaux et des lieux » et l'école de Cos soulignaient déjà cette importance, et percevaient comment les influences extérieures et leurs variations (saisons, vents, humidité, sols, etc.) pouvaient révéler la nature des maladies selon les lieux. Les approches hygiénistes plus récentes de la grande époque pasteurienne illustrent ensuite une période où la science positive se permettait l'indiscipline. Par exemple, la découverte de la voie de transmission du charbon par Louis Pasteur, Charles Chamberland et Emile Roux aux "Champs maudits", dans la campagne chartraine et jurassienne en France, était de ce type (Gascar 1986). La transmission a été étudiée sur la base de la collecte de données empiriques dans le monde réel (les champs maudits) où les épidémies se produisaient. Les informations provenant de personnes ordinaires confrontées à la maladie du mouton depuis des années n'ont pas été négligées, mais prises en compte et complétées par des informations provenant d'observations de terrain systématiques. L'ensemble a été réassemblé en une théorie cohérente testée par un certain nombre d'expériences. À chaque instant d'une expérience spécifique, le sys-

tème dans son ensemble était présent à l'esprit. Pasteur était chimiste, Chamberland physicien et Roux médecin. C'est avec un vétérinaire melunais, Hippolyte Rossignol, que la vaccination a été testée à Pouilly-Lefort. On ne parlait pas encore d'interdisciplinarité, on la pratiquait, ce que Louis Pasteur lui-même résumait ainsi : « la science est UNE, et c'est l'homme seulement qui, en raison de la faiblesse de son intelligence, y établit des catégories comme il le fait pour la médecine, pour la religion et pour la politique » (Dupouy-Camet & Gharbi 2022). Ce schéma a été le point de départ de la *success story* des Pastoriens, notamment de ceux qui exercèrent sous les tropiques. Dans les années 1960s, armé par la science moderne et le fait que les études médicales de l'époque, en tronc commun avec celles de biologie, incluaient la zoologie et la botanique dans une université qui se révéla ensuite une des universités françaises phare pour l'écologie, Jean-Antoine Rioux, professeur de parasitologie à Montpellier forgeait le terme d'éco-épidémiologie (Houin *et al.* 2018). Ce vocable désigne une approche combinant les sciences écologiques et l'épidémiologie médicale et vétérinaire, approche qu'il mit en œuvre avec succès à propos des leishmanioses, des bilharzioses, de la peste, de la démostication du Languedoc, et qui fit école pour de nombreux collègues jusqu'à nos jours (Giraudoux 2022b). L'idée était déjà de se servir de la science écologique pour régler des questions de santé publique, mais il faut bien dire que la notion de « santé des écosystèmes » n'était pas encore dans le paysage. À la même époque, en 1964, Calvin Schwabe, vétérinaire américain formé à la santé publique, inventait le terme « One Medicine » dans un manuel de médecine vétérinaire, pour refléter les similitudes entre la médecine animale et la médecine humaine et souligner l'importance de la collaboration entre les vétérinaires et les médecins pour aider à résoudre les problèmes de santé mondiaux. Là non plus, la « santé des écosystèmes » n'était pas la première des préoccupations. Le concept de *One Health*, promu jusqu'à ces dernières années, en France plutôt par la communauté vétérinaire, n'était pas encore enrichi de l'idée que le fonctionnement des écosystèmes, à toutes les échelles, est un facteur déterminant dans l'émergence des épidémies, et plus généralement des événements de santé. La prise de conscience que 60% des maladies infectieuses humaines (75% de celles émergentes) sont d'origine zoonotique, l'accélération des phénomènes pandémiques, plusieurs dizaines d'années après l'émergence du SIDA, d'autres virus extrêmement pathogènes pour l'Homme comme Ebola, Nipah, etc., de la première épidémie de SARS-COV1 et des successions de virus grippaux et plus encore récemment le traumatisme de la pandémie de SARS-COV2 ont contribué fortement au constat que ces émergences ne pouvaient pas être anticipées et prévenues sans comprendre le fonctionnement des socio-écosystèmes dont elles sont issues. Elle s'est traduite au long des années par une floraison de concepts dont les racines et les différences sont à chercher dans la variété des disciplines et des communautés qui les ont promues, s'efforçant chacune, à des degrés divers, d'intégrer la médecine dans une approche plus globale et systémique.

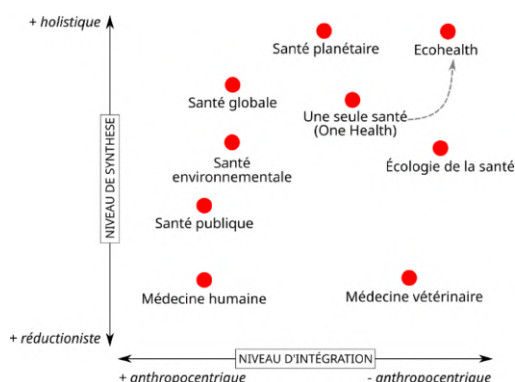


Figure 9 : Représentation schématique des différents concepts relatifs aux santés humaines, animales et environnementales. Le concept One Health s’est, au cours du temps, rapproché du concept Ecohealth par une plus grande intégration de la composante écologique. D’après Morand et al. (2020).

En 2004, la Wildlife Conservation Society organisait à l’université Rockefeller de New York une conférence intitulée « One World, One Health », qui a débouché sur la création des douze principes de Manhattan. Ils décrivent une approche unifiée de la prévention des maladies épidémiques et épzootiques (Cook et al. 2004). Ils mettent l’accent sur les liens entre l’Homme, l’animal et l’environnement, sur leur importance pour la compréhension de la dynamique des maladies et sur la nécessité d’adopter des approches interdisciplinaires en matière de prévention, d’éducation, d’investissement et d’élaboration des politiques publiques.

Il était donc depuis logique de considérer la santé animale et humaine avec la santé des écosystèmes dans un ensemble intégratif équilibré, et de traduire ce concept en pratique sur le terrain, idée qui a cristallisé dans les institutions autour des années 2010. Cependant, force est de constater que le chemin est encore long pour parvenir à une intégration pleinement fonctionnelle (Destoumieux-Garzón et al. 2018 ; Morand et al. 2020 ; Giraudoux et al. 2022).

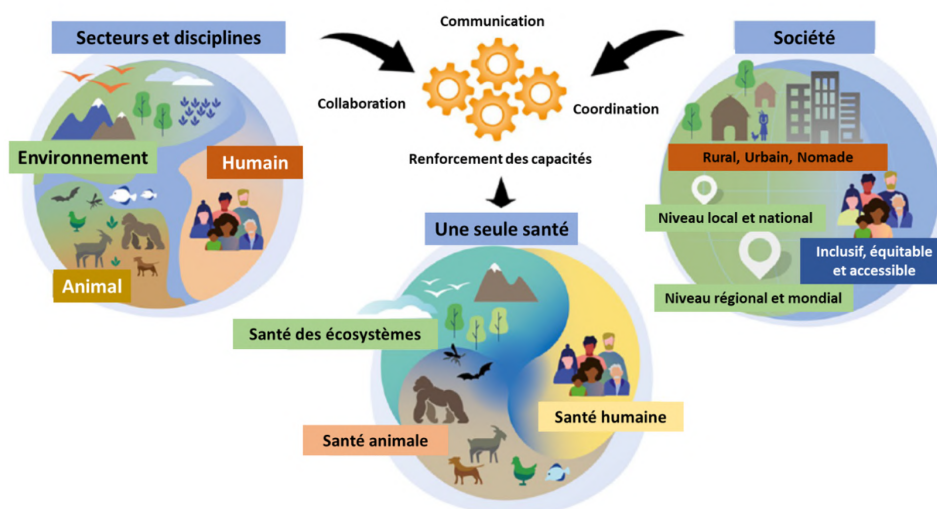


Figure 10 : Visualisation de la définition d’Une seule santé, proposée par le groupe d’Experts de Haut Niveau One Health de l’OMS – OMSA – FAO – PNUE (OHHLEP et al. 2022).

Les trois catégories de cercle se combinent par les « 4 C » : Communication, Collaboration, Coordination et Capacity building (renforcement des capacités).

## UNE SEULE SANTÉ (ONE HEALTH), QUESACO ?

Depuis le début du 21<sup>ème</sup> siècle, une pléthore de définitions et de notions ont été associées au vocable « One Health » (Zinss-tag et al. 2011 ; Gibbs 2014). L’Organisation des Nations Unies pour l’alimentation et l’agriculture (FAO), La quadripartite constituée de l’Organisation mondiale de la santé animale (ex-OIE, maintenant OMSA), le Programme des Nations Unies pour l’environnement (PNUE) et l’Organisation mondiale de la santé (OMS) ont donc approuvé une nouvelle définition opérationnelle et consensuelle du principe « Une seule santé » formulée par un groupe multidisciplinaire consultatif, le Groupe d’experts de haut niveau pour l’approche Une seule santé (OHHLEP).

Le concept Une seule santé est depuis défini comme suit (OHHLEP et al. 2022) :

- Une seule santé est une approche intégrée et unificatrice qui vise à équilibrer et à optimiser durablement la santé des personnes, des animaux et des écosystèmes.
- Elle reconnaît que la santé des humains, des animaux domestiques et sauvages, des plantes et de l’environnement au sens large (y compris les écosystèmes) est étroitement liée et interdépendante.
- L’approche mobilise de multiples secteurs, disciplines et communautés à différents niveaux de la société pour travailler ensemble à la promotion du bien-être et à la lutte contre les menaces qui pèsent sur la santé et les écosystèmes, tout en répondant au besoin collectif en eau, énergie et air propres, en aliments sûrs et nutritifs, en prenant des mesures contre le changement climatique et en contribuant au développement durable.

La Figure 10 illustre ce concept et visualise notamment un certain nombre de principes associés tels que l’équité entre les disciplines, la parité sociopolitique et culturelle, l’équilibre socio-écologique, le *stewardship* (la capacité de bonne gestion, d’intendance et de soin, dans l’intérêt des écosystèmes et des générations futures), la transdisciplinarité et la collaboration multi-sectorielle.



L'approche Une seule santé n'est pas exclusivement limitée aux maladies zoonotiques ou la résistance aux antimicrobiens, mais couvre l'ensemble du spectre allant de la prévention, de l'amélioration et de la promotion de la santé à la détection, à la pré-

paration, à la réaction et au rétablissement en cas de crise sanitaire (Tableau 1). Cette approche est applicable aux échelles communautaire, infranationale, nationale, continentale et mondiale.

	Risque infectieux		Risque toxique	Risque immuno-métabolique
	Émergence des agents pathogènes	Antibiorésistance	Toxines émergentes, pollution toxique cancers	Obésité, maladies métaboliques, hormonales, cardiovasculaires, dysimmunitaires
<b>Fonctionnement des écosystèmes</b>	Comment un micro-organisme commensal devient-il pathogène ? Comment altère-t-il certains hôtes ? Comment interfère-t-il avec le microbiote de l'hôte ? Comment les agents infectieux sont-ils contrôlés dans l'environnement ?	Quel est le rôle écologique des antibiotiques et de leurs gènes de résistance ? Comment sont contrôlées les populations productrices d'antibiotiques ou porteuses de gènes de résistance ?	Quel est le rôle écologique des toxines produites par les micro-organismes ? Comment les organismes s'adaptent-ils aux toxiques ? Comment les toxines sont-elles contrôlées ? Quel est le rôle des toxiques sur l'immunité ?	Quel est le rôle des modifications environnementales dans le développement des maladies 'immuno-métaboliques' ? Quel est l'impact de ces modifications sur les microbiotes humains et animaux ? Quel est le lien entre les modifications du microbiote intestinal en relation avec l'environnement et les pathologies dysimmunitaires ?
<b>Modifications anthropiques</b>	Comment les changements environnementaux d'origine anthropique à l'échelle mondiale affectent-ils la biodiversité et l'émergence des agents pathogènes ?	Comment les changements environnementaux d'origine anthropique à l'échelle mondiale affectent-ils la biodiversité et l'émergence de bactéries antibiorésistantes ?	Comment les changements environnementaux d'origine anthropique à l'échelle mondiale affectent-ils le risque toxique ?	Comment les changements environnementaux d'origine anthropique à l'échelle mondiale affectent-ils l'émergence et l'évolution des maladies immuno-métaboliques ?

Tableau 1 : Exemples de questions de santé qui peuvent être abordées dans le cadre conceptuel Une seule santé (D'après Destoumieux-Garzon et al. (2018) complété par Giraudoux et Vuitton (2022)).

L'approche Une seule santé s'applique aussi aux maladies non infectieuses non transmissibles (maladies allergiques et inflammatoires chroniques, entre autres), dont l'émergence au cours des 60 dernières années a pu être mise en relation avec des modifications drastiques de l'environnement humain, y compris la perte du contact 'Homme-animaux' auparavant permanent dans l'espace rural, et l'appauvrissement des écosystèmes microbiens à l'origine du microbiote humain, deux facteurs essentiels au développement et à l'équilibre du système immunitaire (Vuitton et al. 2022).

Cette trajectoire dont nombre de composantes étaient identifiées avant le début des années 1970, et dont la nécessité était déjà parfaitement connue, oblige maintenant dans l'urgence à changer de paradigme en replaçant l'humanité dans les réseaux relationnels complexes dont elle dépend. Le concept d'Une seule santé s'inscrit dans cette tentative. Il s'agit alors, dans ce cadre commun, de prendre soin des êtres vivants, humains comme non-humains, de la complexité de leurs relations, de mettre en primauté le « prévenir » sur le « réparer » (OHHLEP et al. 2023) et, le cas échéant, d'apprécier les conséquences du réparer sur les autres composantes du système. Par exemple, la mise en place de dispositifs d'irrigation justifiée pour des raisons

agronomiques peut se révéler problématique pour la santé car favorisant l'installation de parasites (Figure 11), ou pour les autres écosystèmes par confiscation de l'eau (voir l'exemple de l'assèchement de la mer d'Aral). Ou encore la lutte antivectorielle justifiant l'utilisation d'insecticides pour des raisons de santé publique, peut se révéler problématique en retour pour la santé humaine (voir les problèmes posés par l'usage ancien du DDT), par l'apparition de résistances, et par la destruction d'espèces non-cibles dont les populations sont clés dans le fonctionnement de l'écosystème et la chaîne alimentaire (Allgeier et al. 2019), etc.

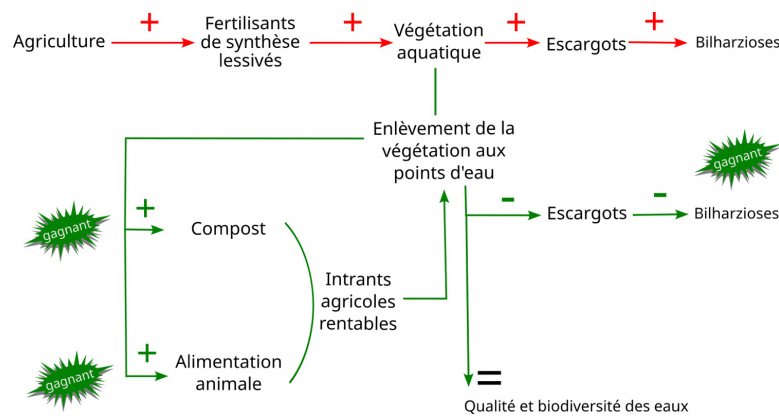


Figure 11 : Exemple d'approche Une seule santé, barrage de Diam, Sénégal d'après Rohr et al. (2023). Les flèches rouges représentent la chaîne causale ayant entraîné une augmentation de l'incidence des bilharzioses urinaires et intestinales à la suite des irrigations rendues possibles par le barrage. Une approche en silo classique conduirait à une campagne d'éducation à la santé (ne pas déféquer ou uriner à proximité de l'eau, ne pas se baigner) et au traitement des patients. Les flèches vertes, montrent comment, complémentarément, en travaillant sur les éléments non directement sanitaires du socio-écosystème, on diminue durablement l'exposition et le risque. L'enlèvement de la végétation aquatique aux points d'eau a diminué l'incidence des bilharzioses, en créant deux autres points d'amélioration « gagnants ». La végétation récoltée produit un compost plusieurs dizaines de fois moins cher que les fertilisants minéraux de synthèse et de la nourriture animale. Cette valorisation agricole rend profitable (donc dans ce contexte, durable) l'enlèvement des végétaux aux points d'eau, rendus ainsi plus accessibles et sanitaires plus sains, sans pour autant dégrader la biodiversité.

Les méthodes opérationnelles permettant d'optimiser ces nécessaires compromis, en comparant des scénarios d'interven-

tions qui ont des incidences multiples, doivent être développées (Figure 12).

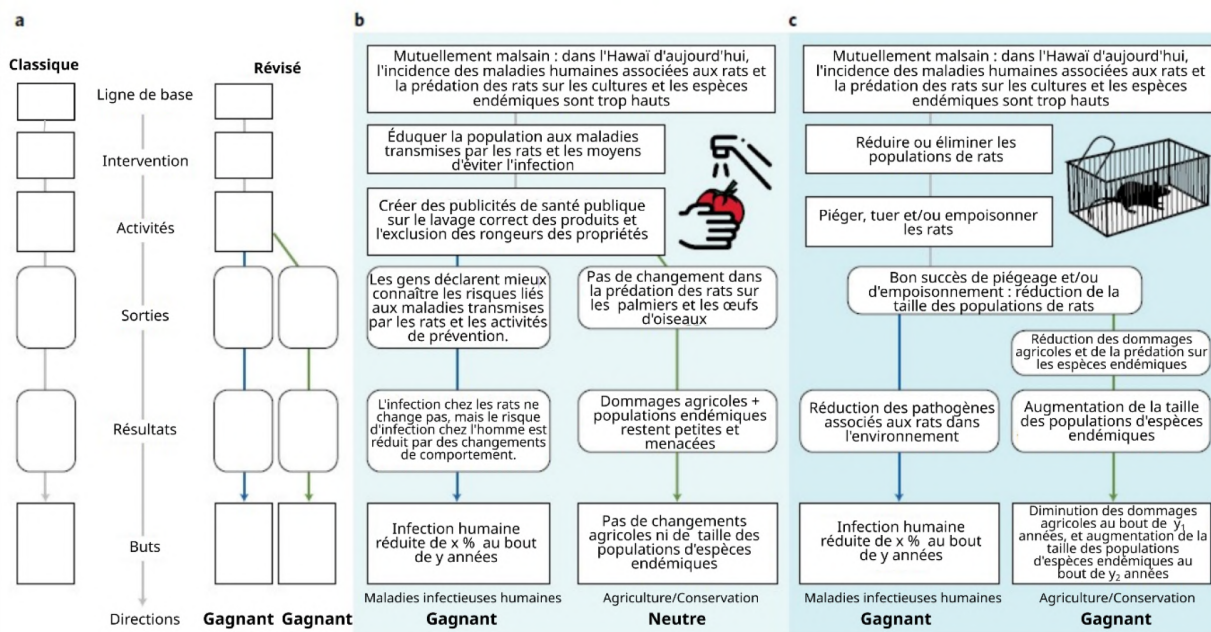


Figure 12 : Comparaison d'interventions à l'aide de diagrammes de la théorie du changement (TOC). Le schéma (a) illustre le principe de l'analyse de deux interventions possibles à partir du même point de départ (la ligne de base), à gauche en silo (Classique) ou, à droite (Révisé), en considérant un autre problème qui découle de l'intervention. Les directions finales du changement peuvent être comparées par rapport à la ligne de base, et entre elles selon les scénarios : chaque direction peut être « gagnante » si elle améliore, « neutre » si elle ne change pas, « perdante » si elle empire. (b-c) deux scénarios à partir d'un cas concret à Hawaï, où le rat surmulot et le rat noir sont des espèces introduites et invasives, avec (b) résultat gagnant - neutre ou (c) gagnant - gagnant pour la santé humaine, l'agriculture et la conservation. D'autres détails pourraient être ajoutés à ces diagrammes TOC pour rendre compte de chemins, résultats et directions supplémentaires (par exemple, différencier les espèces de rats ciblés, la possibilité d'empoisonnement secondaire d'espèces non-cibles prédatrices de rats ou consommatrices d'appâts empoisonnés – « perdant » alors pour la conservation -, etc.). On pourrait également considérer parallèlement les chemins « agricoles » et « conservation », ici regroupés pour simplifier les schémas. D'après Hopkins et al. (2021) traduit et modifié.



L'ambition est élevée. L'horizon fixé peut sembler quelque peu irénique dans un monde tourmenté par des positions géopolitiques qui limitent les coopérations internationales, favorisent les compétitions sauvages tous azimuts plutôt que de les dévaloriser, par des organisations internationales et des nations dont les administrations sont organisées en silos, et avec des hiérarchies de priorité qui ne sont pas nécessairement propices. Par exemple, les investissements dans la recherche sur les virus Ebola et Marburg entre 1997 et 2015 sont estimés à 1 035 milliards de dollars, dont 61,3% ont été alloués à la recherche sur les vaccins, 29,2% à la recherche de nouvelles thérapies et 9,5%

à la recherche de kits de diagnostic (Fitchett *et al.* 2016). L'investissement dans la recherche écologique et anthropologique sur les socio-écosystèmes et la dynamique des populations animales dans les zones affectées par ces virus, n'a, lui, pas pu être mesuré, et nous n'avons connaissance que de quelques études écologiques en cours. L'écart d'investissement entre ces deux cibles de recherche est tout simplement abyssal (Giraudoux *et al.* 2022). Le Tableau 2 dévoile quelques constats et questions relatives à l'implémentation du cadre conceptuel Une seule santé présentées à l'Académie nationale de médecine en septembre 2022.

Constat	Question pratique
La recherche sur « l'amont », pour une meilleure connaissance des écosystèmes et de leur impact sur la santé, ne peut pas se faire sans un dopage des financements	Les disciplines concernées trouveront-elles un appui parmi celles concernant la santé humaine et vétérinaire ?
La recherche sur les liens entre environnement et santé pré-suppose des comparaisons dans un espace mondialisé et des suivis sur le long terme	Qui va plaider pour une structuration de la recherche qui permette cette double dimension spatiale et temporelle ?
Une coopération interdisciplinaire et intersectorielle ne peut pas se faire sans des formations communes	Les études médicales, vétérinaires et écologiques sont-elles assez ouvertes à ces problématiques ?
Un décloisonnement des directions nationales et régionales (santé, agriculture, environnement) est indispensable à la mise en œuvre territoriale des démarches Une seule santé	Qui prendra l'initiative de le promouvoir et de le rendre culturellement et techniquement possible ?
L'impact des changements environnementaux sur la santé concerne tous les citoyens ; comme la recherche thérapeutique qui implique déjà des 'patients partenaires', la recherche sur les causes environnementales des maladies pourrait avoir une dimension 'participative' qui pourrait se développer dès l'école	Qui en prendra l'initiative ?

Tableau 2 : Constats et questions proposées au jugement de la commission 6 de l'Académie nationale de médecine, d'après Giraudoux et Vuitton (2022), complété.

Malgré ces difficultés bien identifiées, qu'il s'agit de dépasser, il n'en reste pas moins que d'ores et déjà une pléthore d'exemples existent démontrant la validité du concept, souvent mis en œuvre malgré le cadre institutionnel plutôt qu'avec. L'horizon semble cependant maintenant s'ouvrir car, comme indiqué en introduction, dans cette ère post-émergence COVID-19, la plupart des tutelles enjoignent d'engager les actions qui les concernent dans un cadre Une seule santé : Institutions spécialisées des Nations Unies, en France PNSE4 et ses déclinaisons régionales, lettre de mission et avis du COVARS

(Lefrançois *et al.* 2023), projet de création d'un Institut *One Health* pour la formation et l'expertise des décideurs sur les sujets Une seule santé, etc. L'avenir montrera si dans le cadre contraint du Capitalocène (Moore 2016), l'humanité se révélera capable de changer les paradigmes qui ont assuré son développement matériel depuis le 19<sup>ème</sup> siècle pour réussir, dans l'urgence climatique et celle de l'effondrement de la biodiversité, la transition écologique si nécessaire à sa survie. Il ne s'agit, ici, rien moins que de penser la communauté de destin de l'ensemble du vivant dans un monde accepté comme fini.

## REMERCIEMENTS

Vifs remerciements à Jean-Luc Angot, Michel Magny et Dominique Angèle Vuitton, pour leur relecture du manuscrit et leurs suggestions.

## BIBLIOGRAPHIE

- Allgeier S, Friedrich A, Brühl CA. Mosquito control based on *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) interrupts artificial wetland food chains. *Science of The Total Environment*. 2019; 686: 1173 84.
- Barbraud C, Barbraud J-C. Quels niveaux de référence des populations d'oiseaux en France: ne pas perdre la mémoire. *Alauda*. 2019; 87(1): 41 50.
- Bar-On YM, Phillips R, Milo R. The biomass distribution on Earth. *PNAS*. 2018; 115(25): 6506 11.
- Bolt J, Timmer M, van Zanden JL. GDP per capita since 1820. In: van Zanden JL, Baten J, Mira d'Ercole M, Rijpma A, Smith C, Timmer M, éditeurs. *How was life? Global well-being since 1820* [Internet]. OECD Publishing; 2014 [cité 2023 oct 7]. Disponible à : <https://doi.org/10.1787/9789264214262-en>
- Cook RA, Karesh WB, Osofsky SA. *The Manhattan Principles* [Internet]. 2004 [cité 2023 oct 9]. Disponible à : <https://oneworldonehealth.wcs.org/About-Us/Mission/The-Manhattan-Principles.aspx>
- Destoumieux-Garzón D, Mavingui P, Boetsch G, Boissier J, Darriet F, Duboz P, et al. The One Health Concept: 10 Years Old and a Long Road Ahead. *Frontiers in Veterinary Science* [Internet]. 2018; 5(14). Disponible à : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2018.00014/full>
- Devienne S. Les révolutions agricoles contemporaines en France. In : Chouquer G, Maurel M-C, éditeurs. *Les mutations récentes du foncier et des agricultures en Europe* [Internet]. Besançon : Presses universitaires de Franche-Comté; 2020 [cité 2022 déc 6]. p. 25 52. (Les Cahiers de la MSHE Ledoux). Disponible à : <http://books.openedition.org/pufc/5643>
- Dronne Y. Les matières premières agricoles pour l'alimentation humaine et animale : le monde. *INRAE Productions Animales*. 2018; 31(3): 165 80.
- Dupouy-Camet J, Gharbi M. *Pasteur et les vétérinaires*. Paris : Académie vétérinaire de France; 2022.
- Elhacham E, Ben-Uri L, Grozovski J, Bar-On YM, Milo R. Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature*. 2020; 588: 1 3.
- Fitchett JR, Lichtman A, Soyode DT, Low A, Villar de Onis J, Head MG, et al. Ebola research funding: a systematic analysis, 1997-2015. *J Glob Health*. 2016; 6(2): 020703.
- Gascar P. *Du coté de chez Monsieur Pasteur*. Odile Jacob. Paris; 1986.
- Gibbs EPJ. The evolution of One Health: a decade of progress and challenges for the future. *Veterinary Record*. 2014; 174(4): 85 91.
- Gericke P, Hasenheit M, Müller T, Wiebke W. Trends in atmospheric CO2 and global temperature change, 2022. Disponible à : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trends\\_in\\_atmospheric\\_CO2\\_and\\_global\\_temperature\\_change\\_%E2%80%933\\_climate\\_policies\\_v2.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trends_in_atmospheric_CO2_and_global_temperature_change_%E2%80%933_climate_policies_v2.png)
- Giraudoux P. Pour une médecine globale, préventive et écologique.../For a global, preventive and ecological medicine... *Annales africaines de médecine* [Internet]. 2019; 12(4). Disponible à : <https://anafrimed.net/editorial-pour-une-medecine-globale-preventive-et-ecologique>
- Giraudoux P. Les micro-organismes auront toujours une mutation d'avance sur les autres [Internet]. *Libération*. 2021 [cité 2021 sept 16]. Disponible à : [https://www.liberation.fr/forums/les-micro-organismes-auront-toujours-une-mutation-davance-sur-les-autres-20210903\\_47X3WFAQYENC7TOM45NVCI-RHIRY/](https://www.liberation.fr/forums/les-micro-organismes-auront-toujours-une-mutation-davance-sur-les-autres-20210903_47X3WFAQYENC7TOM45NVCI-RHIRY/)
- Giraudoux P. La santé des écosystèmes : quelle définition ? *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. 2022a; 175: 1 10.
- Giraudoux P. Socio-écosystèmes. L'indiscipline comme exigence du terrain [Internet]. Londres : ISTE Editions Limited; 2022b [cité 2021 déc 17]. (Sciences). Disponible à : <https://www.istegroup.com/fr/produit/socio-ecosystemes/>
- Giraudoux P, Besombes C, Bompangue D, Guégan J-F, Mauny F, Morand S. One Health or 'One Health washing'? An alternative to overcome now more than ever. *CABI One Health* [Internet]. 2022; 2022. Disponible à : <https://cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabionehealth.2022.0006>
- Giraudoux P, Boussarie D. Vivre avec la faune sauvage : pour une prise en compte rénovée de la notion de « populations animales ou individus susceptibles d'occasionner des dommages (PAISOD) ». *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. 2023; 176: 1 2.
- Giraudoux P, Vuitton DA. Une seule santé au milieu du gué ? *Commission 6 de l'Académie Nationale de Médecine*; 2022.
- Guégan JF, Roche B, Morand S. Biodiversity and Human Health: On the Necessity to Combine Ecology and Public Health. In: Moreau M, Hector H, Isbell F, éditeurs. *The Ecological and Societal Consequences of Biodiversity Loss* [Internet]. London : ISTE Editions Limited; 2022. p. 233 59. (Sciences). Disponible à : <https://doi.org/10.1002/9781119902911.ch11>
- Hopkins SR, Sokolow SH, Buck JC, De Leo GA, Jones IJ, Kwong LH, et al. How to identify win-win interventions that benefit human health and conservation. *Nat Sustain*. 2021; 4(4): 298 304.
- Houin R, Léger N, Dupouy-Camet J, Bastien P, Luffau G. In memoriam Professor Jean-Antoine Rioux (1925-2017). *Parasite*. 2018; 25: 13.
- INSERM. Pesticides : Effets sur la santé [Internet]. Paris : INSERM; 2013 p. 1002. Disponible à : <https://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/4819>
- IPBES. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services [Internet]. Bonn, Germany : IPBES secretariat; 2019 nov. Disponible à : <https://ipbes.net/resource-file/12342>
- IPBES. Summary for policymakers of the methodological assessment of the diverse values and valuation of nature of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) [Internet]. Bonn: IPBES Plenary at its ninth session; 2022 jul. p. 2022. Disponible à : <https://zenodo.org/record/7410287>
- Jancovici JM, Blain C. *Le monde sans fin*. Palaiseau : Dargaud; 2021.
- Leenhardt S, Mamy L, Pesce S, Sanchez W, Achard AL, Amichot M, et al. Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité et les services

écosystémiques. Rapport de l'expertise scientifique collective [Internet]. INRAE - IFREMER ; 2022. Disponible à : <https://hal.inrae.fr/hal-03777257>

• Lefrançois T, Lina B, COVARIS, Auran B. One Health approach at the heart of the French Committee for Monitoring and Anticipating Health Risks. *Nature Communications*. 2023 ; in press.

• Lefrançois T, Malvy D, Atlani-Duault L, Benamouzig D, Druais P-L, Yazdanpanah Y, *et al.* After 2 years of the COVID-19 pandemic, translating One Health into action is urgent. *The Lancet* [Internet]. 2022 ; in press. Disponible à : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673622018402>

• Manceron S, Ben-Ari T, Dumas P. Feeding proteins to livestock: Global land use and food vs. feed competition. *OCL*. 2014; 21(4): D408.

• Methorst J, Rehdanz K, Mueller T, Hansjürgens B, Bonn A, Böhning-Gaese K. The importance of species diversity for human well-being in Europe. *Ecological Economics*. 2021; 181: 106917.

• Moore JW, éditeur. *Anthropocene or Capitalocene? Nature, History, and the Crisis of Capitalism* [Internet]. PM Press/Kairos ; 2016 [cité 2023 oct 10]. Disponible à : [https://www.pmpress.org/index.php?!=product\\_detail&p=779](https://www.pmpress.org/index.php?!=product_detail&p=779)

• Morand S, Guégan J-F, Laurans Y. De One Health à Ecohealth, cartographie du chantier inachevé de l'intégration des santés humaine, animale et environnementale. *IDDRI, Décryptage*. 2020 ; 4(20) : 1 4.

• Naidu R, Biswas B, Willett IR, Cribb J, Kumar Singh B, Paul Nathanail C, *et al.* Chemical pollution: A growing peril and potential catastrophic risk to huma-

nity. *Environment International*. 2021; 156: 106616.

• OHHLEP, Adisasmito WB, Almuhairei S, Behravesh CB, Bilivogui P, Bukachi SA, *et al.* One Health: A new definition for a sustainable and healthy future. *PLOS Pathogens*. 2022; 18(6): e1010537.

• OHHLEP, Markotter W, Mettenleiter TC, Adisasmito WB, Almuhairei S, Behravesh CB, *et al.* Prevention of zoonotic spillover: From relying on response to reducing the risk at source. *PLOS Pathogens*. 2023; 19(10): e1011504.

• Pauly D. Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. *Trends in Ecology & Evolution*. 1995; 10(10): 430.

• Persson L, Carney Almroth BM, Collins CD, Cornell S, de Wit CA, Diamond ML, *et al.* Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. *Environ Sci Technol*. 2022; 56(3): 1510 21.

• Ripple WJ, Wolf C, Newsome TM, Galetti M, Alamgir M, Crist E, *et al.* World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice. *BioScience*. 2017; 67(12): 1026 8.

• Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson Å, Chapin FS, Lambin EF *et al.* A safe operating space for humanity. *Nature*. 2009; 461(7263): 472 5.

• Rohr JR, Sack A, Bakhom S, Barrett CB, Lopez-Carr D, Chamberlin AJ, *et al.* A planetary health innovation for disease, food and water challenges in Africa. *Nature*. 2023; 619(7971): 782 7.

• Scott J. Threats to Biological Diversity: Global, Continental, Local [Internet]. *Shifting Baselines and New Meridians: Water, Resources, Landscapes, and the Transformation of the American West* (Summer Conference, June 4-6); 2008

[cité 2023 oct 8]. Disponible à : <https://scholar.law.colorado.edu/water-resources-and-transformation-of-American-West/15>

• Selosse M-A. Jamais seul. Ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations [Internet]. Arles : Actes Sud ; 2017 [cité 2021 avr 6]. Disponible à : <https://www.actes-sud.fr/node/59704>

• Singer M, Bulled N, Ostrach B, Mendenhall E. Syndemics and the biosocial conception of health. *The Lancet*. 2017; 389(10072) : 941 50.

• Vuitton DA, Laplante J-J, Divaret-Chauveau A. Environnement de la ferme, lait cru et immunité : une étude 'sur le terrain' de l'apprentissage de la tolérance. In : Giraudoux P, éditeur. *Socioécosystèmes L'indiscipline comme exigence du terrain*. Londres : ISTE - Sciences ; 2022.

• Wheeler BW, Lovell R, Higgins SL, White MP, Alcock I, Osborne NJ, *et al.* Beyond greenspace: an ecological study of population general health and indicators of natural environment type and quality. *International Journal of Health Geographics*. 2015; 14(1): 17.

• Young HS, Dirzo R, Helgen KM, McCauley DJ, Billeter SA, Kosoy MY, *et al.* Declines in large wildlife increase landscape-level prevalence of rodent-borne disease in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2014; 111(19): 7036 41.

• Zinsstag J, Schelling E, Waltner-Toews D, Tanner M. From "One Medicine" to "One Health" and systemic approaches to health and well-being. *Preventive Veterinary Medicine*. 2011 ; 101(3) : 148 56.