



Synthèse

Biodiversity: Concepts, Patterns, Trends, and Perspectives

Juillet 2023

Référence

S. Díaz and Y. Malhi (2022). Biodiversity: Concepts, Patterns, Trends, and Perspectives. *Annual Review of Environment and Resources* 2022 47:1, 31-63

👉 <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-120120-054300>



Sommaire

Introduction.....	2
1. Le concept de « biodiversité ».....	2
1.1 Une définition qui a rapidement évolué.....	2
1.2 « Biodiversité », « nature » et « tissu du vivant » : parle-t-on de la même chose ?.....	3
1.3 Un concept multidimensionnel.....	4
2. Les différentes valeurs de la biodiversité.....	5
3. Quantité et distribution de la biodiversité sur Terre.....	6
3.1 Différentes façons de quantifier la biodiversité.....	6
3.2 Répartition géographique de la biodiversité.....	8
4. L'humain et les aléas de biodiversité.....	10
4.1 L'être humain et les changements de biodiversité à l'époque prémoderne.....	10
4.2 Quantifier et qualifier le déclin moderne de la biodiversité.....	12
5. Les causes du déclin de la biodiversité.....	19
5.1 Les tendances récentes des causes directes du déclin de la biodiversité.....	19
5.2 Des menaces émergentes.....	20
5.3 Les variations récentes des facteurs indirects du déclin de la biodiversité.....	23
Conclusion.....	27

Introduction

La biodiversité est un terme charismatique et phare de notre époque, de plus en plus largement employé dans la science, par les politiques et la société en général. Cependant, selon les personnes et contextes dans lequel il est employé, ce terme n'est pas toujours défini de la même manière et peut renvoyer à de multiples enjeux. Alors qu'une multitude de manuels et revues couvre les différents aspects de la biodiversité, tous accordent une large reconnaissance à la crise globale qui l'accompagne.

À l'échelle internationale, une convention des Nations unies est spécifiquement dédiée à la biodiversité : la Convention sur la diversité biologique (CDB). Côté recherche, ces dernières années ont vu un nombre sans précédent d'évaluations scientifiques sur l'état de la vie sur Terre. Trois jalons ont été : l'évaluation globale de la biodiversité en 1995 par le programme environnement des Nations unies ; l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire en 2005, réalisée à la demande des Nations unies ; et, plus récemment, en 2019, la première évaluation mondiale intergouvernementale, réalisée par la plateforme intergouvernementale pour la biodiversité et les services écosystémiques (Ipbes), publiée en 2019.

Dans cet article, les auteurs examinent divers aspects et thèmes de la littérature récente, et abondante, sur le sujet. Il ne s'agit pas d'un traitement exhaustif mais plutôt d'un résumé de plusieurs aspects-clés souvent associés au thème de la biodiversité, et d'une attention particulière apportée aux thèmes émergents que l'on retrouve peu dans la littérature.

ENCADRÉ QUELQUES LIENS UTILES

- [La Convention sur la diversité biologique \(CDB\) décryptée](#) ;
- [L'évaluation globale de la biodiversité de 1995](#) ;
- [L'évaluation des écosystèmes pour le millénaire de 2005](#) ;
- [L'évaluation mondiale intergouvernementale de 2019, par l'Ipbes](#).

1. Le concept de « biodiversité »

1.1 Une définition qui a rapidement évolué

Né dans la littérature scientifique, le concept de biodiversité est aujourd'hui largement déployé dans les narratifs sociaux, la presse et sur les réseaux sociaux. Ce passage d'un concept restreint et technique à un objet transdisciplinaire reflète la façon dont les pratiques sociales façonnent l'évolution des concepts scientifiques.

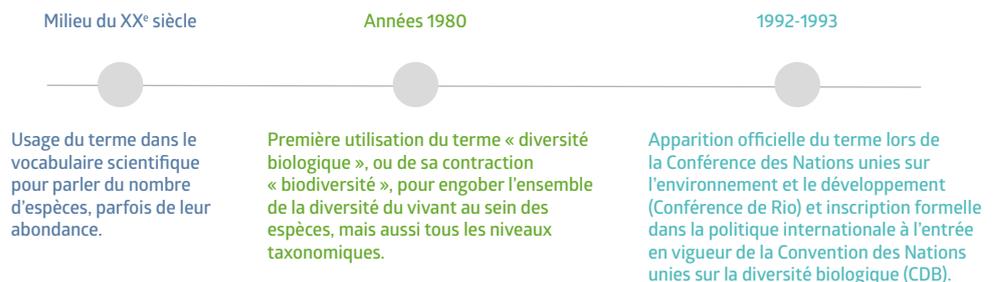
Le concept de diversité biologique se retrouve dans le vocabulaire académique dès le milieu du XX^e siècle. Il a été fréquemment associé au nombre d'espèces, et parfois à leur abondance relative, dans une région donnée. Jusque dans les années 1990, c'est cette définition qui était enseignée à la plupart des étudiants en biologie.

L'utilisation du terme « diversité biologique », ou de sa contraction « biodiversité », pour englober l'ensemble de la diversité du vivant au sein des espèces, mais aussi tous les niveaux taxonomiques, apparaît pour la première fois dans les années 1980. La première mention du terme « diversité biologique » semble avoir été faite par T.E. *Lovejoy* dans l'avant-propos de son livre sur la



biologie de la conservation. Ce terme a pris de l'importance dans la littérature scientifique et politique dans les années 1980, dans le cadre d'initiatives et de politiques visant à sensibiliser le public à la richesse de la vie sur Terre et au besoin de la protéger.

Il est apparu officiellement en 1992, lors de la conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement (connue aussi sous le nom de « conférence de Rio »), et a été formellement inscrit dans la politique internationale lorsque la Convention des Nations unies sur la diversité biologique (CDB) est entrée en vigueur en 1993. Dans sa définition de la biodiversité, la CDB incorpore les écosystèmes. Il s'agit d'un point qui a été, et est encore, débattu car les écosystèmes sont constitués d'organismes vivants, mais aussi de composants non vivants. Toutefois, l'inclusion des écosystèmes dans la définition de la CDB avait du sens d'un point de vue pratique, pour pouvoir élaborer des politiques sur des espèces tout en prenant en compte les écosystèmes qui les abritent.



La dernière définition consensuelle de la biodiversité dans l'espace intergouvernemental, qui s'inspire fortement de celle de la CDB, a été établie par l'Ipbes. Elle présente la biodiversité comme :

« la variabilité des organismes vivants de toutes origines, y compris terrestres, marines, et d'autres écosystèmes aquatiques ainsi que les complexes écologiques dont ils font partie. Ceci inclut la variation génétique, phénotypique, phylogénétique et fonctionnelle ainsi que les changements en abondance et en distribution dans le temps et l'espace des espèces, des communautés biologiques et des écosystèmes. »

La définition de l'Ipbes met l'accent sur les composants vivants des écosystèmes, dans le but de respecter l'esprit de la définition de la CDB, tout en l'alignant mieux sur la théorie écologique actuelle.

1.2 « Biodiversité », « nature » et « tissu du vivant » : parle-t-on de la même chose ?

Cette montée en puissance d'un usage fortement encadré dans l'interface science-politique explique pourquoi le terme de biodiversité est devenu de plus en plus englobant plutôt que de tendre vers une spécificité croissante au fil du temps. Cette évolution lexicale répond au besoin non seulement de s'adapter aux nouvelles connaissances en sciences naturelles, mais aussi d'être en résonance avec les multiples acteurs publics et privés qui s'emparent de ce terme. Il s'agit d'un compromis souvent rencontré par le vocabulaire utilisé à la fois par les spécialistes et le grand public : une signification plus large avec un attrait social versus une plus grande précision pour une utilisation spécialisée.

Dans le discours public, mais aussi dans les cercles académiques notamment interdisciplinaires, le mot « biodiversité » est aujourd'hui parfois utilisé de manière



interchangeable avec deux autres concepts : la « nature » et le « tissu du vivant ».

Le mot « **nature** » a l'avantage d'être plus simple et d'avoir une signification intuitive pour la plupart des gens. Il présente toutefois l'inconvénient d'avoir certaines connotations : celles d'une nature sauvage intacte, d'un monde naturel comme « autre », distinct et séparé des humains, qui a des racines dans le dualisme judéo-chrétien de l'opposition Nature - Culture et dans celui des Lumières.

C'est pourquoi certains auteurs préfèrent faire référence au « **tissu du vivant** », « tissé par un processus naturel sur plusieurs millions d'années et en conjonction avec les humains depuis plusieurs milliers d'années ». En d'autres termes, toute la vie autour de nous et en nous. Ce dernier concept est plus complexe et plutôt littéraire, mais il fournit une métaphore saisissante de l'enchevêtrement des toutes les entités vivantes que les acteurs sociaux trouvent inspirante et engageante.

1.3 Un concept multidimensionnel

Quelle que soit la définition choisie, il existe un consensus dans la littérature scientifique sur le fait que la biodiversité est multidimensionnelle, englobant différents prismes d'analyse :

- au sein des espèces (diversité génétique au sein des populations, entre les populations d'une même espèce et des variétés de plantes et d'animaux domestiqués) ;
- entre espèces (diversité taxonomique ou des organismes à l'échelon des espèces et plus) au sein d'une zone donnée ;
- et à différentes échelles, de la parcelle locale, au paysage, aux biomes, à la Terre entière.

La diversité à l'échelle des organismes et des communautés peut être considérée en regardant : le nombre et la diversité d'espèces ; les parentés entre les espèces et leurs évolutions à travers le temps et l'espace ; leur distribution géographique (actuelle ou passée) ; leur abondance (c'est-à-dire la quantité d'individus) ; leurs caractéristiques morphologiques ou de vie (ex : forme des mandibules, âge de la maturité sexuelle) ; etc. Il existe une vaste littérature sur ces différents prismes, mais cela va au-delà de la portée de la présente publication.

Il n'existe pas de meilleure facette ou de mesure simple pour tenir compte de l'état et des tendances de la biodiversité. Un compromis est alors nécessaire entre la simplicité (et donc la possibilité d'avoir des informations harmonisées collectées sur le long terme dans le monde entier) et la définition fonctionnelle englobant un grand nombre de paramètres.

De plus, aucune de ces mesures ne rend compte de la valeur totale de la biodiversité pour les citoyens.

2. Les différentes valeurs de la biodiversité

- Les valeurs intrinsèques ou biocentriques sont depuis longtemps mises en avant par les amoureux de la nature et les défenseurs de l'environnement.
- Les valeurs instrumentales de la nature font l'objet d'une attention accrue depuis le début des années 2000, comme le reflètent les diverses initiatives axées sur les évaluations économiques de la biodiversité.
- La notion de valeurs relationnelles, en revanche, a été largement négligée dans la littérature jusqu'à récemment, même si ces valeurs sont parmi les plus fortes et entretiennent la plupart des motivations dans les luttes pour la protection des espèces, des écosystèmes ou même des organismes protégés à titre individuel.

Dans la pratique, différents types de valeurs s'entremêlent fréquemment pour étayer les décisions des parties prenantes sur la nature, et il est probablement de peu d'importance pratique d'établir une distinction nette entre ces valeurs. Aucun type de valeur n'est plus important qu'un autre : aucune mesure unique ne rendrait justice à tout ce que les gens trouvent important dans la nature et de nombreuses mesures différentes entrent en jeu dans les décisions concernant un aspect particulier de la nature. De plus, la même entité peut englober des valeurs très différentes pour diverses personnes : il n'y a pas de réponse objective unique pour savoir combien vaut une entité naturelle. Par conséquent, il est essentiel que les discussions sur la valeur soient pluralistes et fassent appel à une diversité de valeurs et d'acteurs. La discussion sur la manière de valoriser au mieux la nature, jusqu'à récemment dominée par des questions techniques (ex. : la nécessité d'une meilleure précision et d'une standardisation), est maintenant de plus en plus centrée sur les questions d'équité, de légitimité et d'inclusion (ex. : qui a le droit de décider de la valeur de la nature, de quel point de vue, qui bénéficie ou est lésé par les décisions finales).

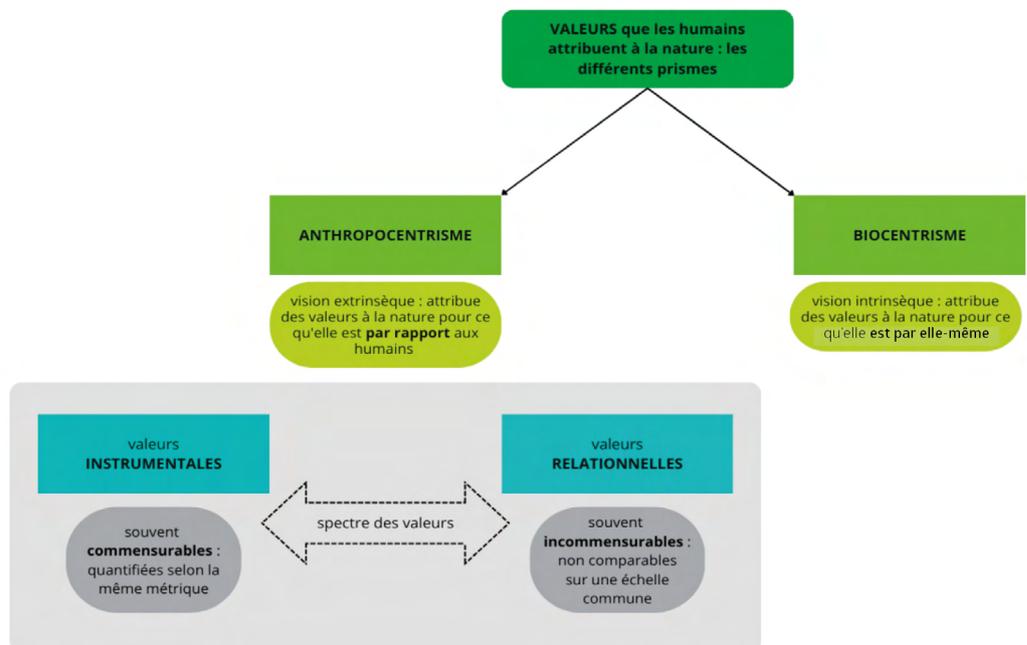


Figure 1 : classification schématique des valeurs de la biodiversité selon les auteurs



3. Quantité et distribution de la biodiversité sur Terre

3.1 Différentes façons de quantifier la biodiversité

Afin de mieux les connaître, la taxonomie permet d'organiser les formes du vivant, de classer la biodiversité selon les caractéristiques des entités qui la composent. Ainsi, la biodiversité est divisée en plusieurs règnes, eux-mêmes subdivisés en échelons successifs. Le nombre de ces règnes a augmenté avec les avancées de la recherche. L'approche la plus récente, largement adoptée, propose sept règnes de la vie partagés entre : les bactéries et archées (qui forment le super-règne de procaryotes), puis les protistes, les chromistes, les champignons, les plantes et les animaux (qui forment le super-règne des eucaryotes).

Chacune de ces catégories peut être quantifiée de différentes manières. Trois grandes approches consistent à estimer le nombre d'espèces, l'ancienneté de la catégorie ou la quantité de biomasse au sein de chaque catégorie.

ENCADRÉ QUELQUES DÉFINITIONS UTILES POUR LA SUITE

PROCARYOTES = micro-organisme souvent unicellulaire dont la cellule est très petite et dépourvue d'organites et de noyau.

versus **EUCARYOTES** = organismes unicellulaires ou multicellulaires contenant un noyau et, dans la plupart des cas des organites spécialisés.

PHYLOGÉNIE = étude des liens de parenté entre les êtres vivants et ceux qui ont disparu

DIVERSITÉ PHYLOGÉNÉTIQUE = mesure de biodiversité considérant les liens de parenté entre chaque espèce.

CLASSIFICATION PHYLOGÉNÉTIQUE = analyse des liens de parenté entre ces êtres. Chaque unité d'être vivant est appelée taxon. Ils peuvent être regroupés par règnes, eux-mêmes constitués de clades.

BIOMASSE = matière organique, masse totale de tous les êtres vivants.

Aller plus loin : « [Répartition globale de la biomasse au sein de la biosphère](#) » (Bar-On *et al.*, 2018)

L'estimation du nombre d'espèces

C'est l'approche la plus largement utilisée.

Il existe environ 2 millions d'espèces eucaryotes connues sur Terre, dont environ la moitié sont des insectes et environ un cinquième sont des plantes vasculaires (principalement des plantes à fleurs). L'estimation la plus citée suggère qu'il existerait 8,7 millions d'espèces eucaryotes (+/- 1,3 million). Les règnes procaryotes présentent quant à eux encore plus de défis dans la définition et la quantification des espèces (cf. encadré).

Toutes les espèces sur Terre sont encore loin d'avoir été décrites. En supposant que les efforts et coûts moyens pour décrire une espèce animale restent constants (cela pourrait changer radicalement avec les nouvelles technologies), il faudrait environ 1 200 ans et 303 000 taxonomistes pour décrire toutes les espèces eucaryotes de la planète. Des estimations récentes se basant sur les espèces d'arthropodes et employant une définition moléculaire des espèces (plutôt que la méthode habituelle de définition basée sur la morphologie) suggèrent, de manière controversée, que la diversité des eucaryotes peut encore être beaucoup plus élevée (approchant alors le milliard d'espèces au total).

Les deux règnes procaryotes (bactéries et archées) sont les manifestations les plus anciennes et les plus répandues de la vie sur Terre. Elles se trouvent dans tous les écosystèmes et sont à l'origine de la plupart des cycles biogéochimiques mondiaux.

Mené par Louca *et al.* et publié en 2019, le recensement mondial des procaryotes a permis de compiler des données de séquençage de 2 800 lieux pour estimer la diversité des procaryotes. Environ 740 000 procaryotes (en termes d'unités taxonomiques opérationnelles, *operational taxonomic units*, OTU), dont environ 90 % étaient bactériennes, ont ainsi été recensés. D'autres études basées sur des méthodes statistiques estiment quant à elles la diversité procaryotique entre 0,8 et 1,7 million d'OTU pour les bactéries et entre 70 000 et 140 000 OTU pour les archées.

Inhérentes aux règnes des bactéries et des archées, des sources d'incertitudes sur le nombre d'espèces les composant persistent et en font un sujet de controverse :

- La description formelle d'une espèce microbienne nécessiterait généralement de l'isoler dans une culture pure et de la décrire biochimiquement et morphologiquement. Cependant, seulement 1% des espèces procaryotes peuvent être isolées en culture avec les techniques actuelles.
- Le concept de « limites d'espèces », permettant de décrire et définir les caractéristiques d'une espèce afin de pouvoir l'identifier par la suite, est particulièrement difficile pour quantifier les procaryotes, car le phénomène de transfert latéral d'ADN (processus dans lequel un organisme intègre du matériel génétique provenant d'un autre organisme sans en être le descendant) entre les lignées complique la définition d'espèce. Étant donné ces transferts latéraux, une école de pensée a émergé qui voit certains groupes de bactéries comme une seule et unique espèce où les gènes s'interchangent.
- Une source clé d'incertitude reste la diversité des espèces vivantes (appelée diversité spécifique) des microbiomes (de *micro* – petit – et *bios* – vie – espèces adaptées à la surface et à l'intérieur d'un organisme vivant). Si la diversité du microbiome est spécifique au taxon hôte, la diversité procaryote totale pourrait être beaucoup plus élevée.

L'estimation de l'histoire évolutive, ou ancienneté de la catégorie

Aussi appelé « quantité de l'Arbre de la Vie », elle s'incarne dans un ensemble de taxons.

L'une des mesures les plus utilisées est la diversité phylogénétique, qui est la somme des longueurs de branche reliant un ensemble de taxons sur une phylogénie. Bien qu'elle donne des informations différentes de la diversité des espèces, la diversité phylogénétique est largement corrélée au nombre d'espèces dans des taxons spécifiques, car des espèces supplémentaires ajoutent au moins une branche supplémentaire à l'arbre. L'histoire évolutive apporte ainsi des informations supplémentaires en ce qu'elle reflète également la profondeur taxonomique des clades.

En termes de diversité phylogénétique, notre planète apparaît dominée par la diversité phylogénétique bactérienne, qui sous-tend la diversité des mécanismes que la vie a développés au cours de son histoire évolutive.

L'estimation de la biomasse vivante totale de la Terre

Cette tâche est loin d'être triviale, surtout lorsque l'on considère les écosystèmes du sol et des sédiments, en particulier la biosphère profonde des bactéries et archées vivant dans la croûte planétaire.

En synthétisant des centaines d'études, Bar-On et ses collègues ont montré que le règne des plantes domine largement la biomasse planétaire (> 80 %). Étant donné que 70 % de la biomasse végétale est composée de tissu ligneux relativement inerte, cela réduit à environ un quart la biomasse mondiale qui peut être considérée comme matière végétale métaboliquement active. Ce qui revient quand même au double de la biomasse bactérienne qui occupe la deuxième place à environ 12 %, même si 90 % de cette biomasse se trouve dans la surface profonde de la terre et a une activité métabolique très lente. **Ainsi, en termes d'activité métabolique et de flux d'énergie, les plantes dominent la vie sur Terre.** Les animaux, dominant en termes de mesures de la diversité des espèces, ne représentent qu'environ 0,4 % du total de la biomasse.

Il est intéressant de se rendre compte ainsi que, selon le prisme appliqué, différents règnes de la vie prennent de l'importance : les plantes dominent en termes de biomasse et d'activité métabolique ; les animaux en termes d'espèces connues ; et les bactéries en termes de diversité phylogénétique et métabolique.

3.2 Répartition géographique de la biodiversité

Une répartition hétérogène

En reprenant les trois types de quantification de la vie sur Terre, on retrouve les dominantes suivantes en termes de répartition géographique :

- **Diversité des espèces** : 90 % des espèces connues se trouvent sur terre, ce qui s'explique en grande partie du fait que les insectes soient un clade terrestre. Cette prévalence persiste même en excluant les arthropodes : les environnements terrestres ont tendance à intégrer une plus large gamme d'hétérogénéité environnementale (ex. microclimats, etc.).
- **Histoire évolutive** : en tant que point d'origine de la vie sur Terre, les océans contiennent un niveau plus élevé d'histoire évolutive, avec de nombreux embranchements présents qui n'ont pas fait de transition vers des environnements terrestres.
- **Biomasse** : elle est principalement terrestre, car les plantes sont des organismes dominants qui façonnent les environnements terrestres et, dans le cas des arbres, ont développé des formes ligneuses à longue durée de vie qui permettent de créer et de maintenir une biomasse élevée.
 - Les écosystèmes marins ont des ressources primaires globales comparables en productivité à celles des écosystèmes terrestres, mais parce que le phytoplancton est unicellulaire et de courte durée de vie, la biomasse marine vivante représente une petite fraction de la biomasse planétaire.
 - En sus, la biosphère souterraine profonde contient de grandes quantités de biomasse bactérienne et archéenne, bien que sa diversité d'espèces (OTU) soit encore mal connue.

Ce schéma de domination de la diversité globale par le biote terrestre (ensemble des organismes vivants sur Terre) semble relativement récent : il paraît lié à l'essor des angiospermes (ou plantes à fleurs, essentiellement terrestres) il y a environ 100 millions d'années et à la diversification des arthropodes associés à ces plantes.

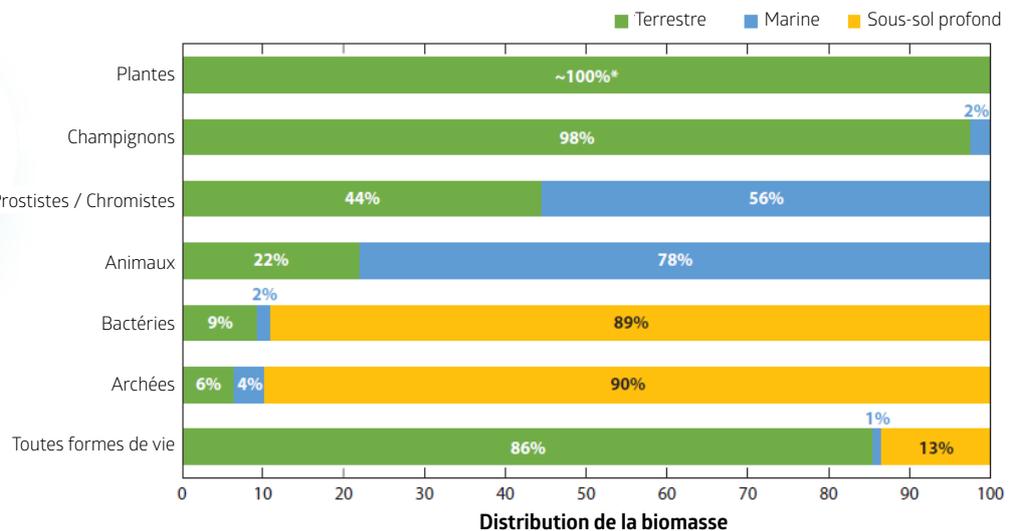


Figure 2 : Distribution de la biomasse entre les biomes terrestres (en verts), marins (en bleu) et les surfaces profondes de l'environnement (sous-sols, en jaune). Référence 45.

Des environnements qui favorisent l'apparition ou la disparition d'espèces

Une région peut favoriser l'apparition de nouvelles espèces grâce à la diversité de ses environnements. Cette diversité peut se traduire par :

- des pressions biotiques accrues du fait de la compétition, de la prédation, du parasitisme ou des agents pathogènes ;
- des relations biotiques (synergies, mutualisme) intensifiées ;
- des taux élevés de renouvellement des générations ou des taux élevés de mutation.

D'autres régions peuvent à l'inverse faciliter des taux élevés d'extinction à travers des pressions qui limitent le potentiel de réussite de nouvelles espèces : changements environnementaux, perturbations (feux, tempêtes par exemple), filtres abiotiques (conditions de l'environnement, climatiques par exemple).

Les changements environnementaux passés jouent également un rôle majeur dans l'évolution de la biodiversité moderne. **Ainsi, les régions riches en espèces peuvent être des berceaux de biodiversité (avec des taux élevés d'apparitions de nouvelles espèces), des musées de biodiversité (avec de faibles taux d'extinction), ou les deux.**

Un bon exemple est la forêt tropicale humide d'Amazonie, la région la plus riche en espèces sur Terre. Cette région apparaît à la fois comme un berceau et un musée. Un musée, car de nombreuses familles d'espèces amazoniennes remontent à ou avant l'émergence des forêts tropicales, il y a environ 65 millions d'années, et ont subsisté jusqu'à aujourd'hui. Un berceau, car le taux d'apparition d'espèces y est élevé : la plupart des espèces amazoniennes sont « jeunes », datant du Pléistocène (derniers 2,6 millions d'années). La topographie complexe de ce milieu (montagne et forêt tropicale) couplée à la variabilité climatique semblent avoir joué un rôle central dans la constitution de micro-environnements qui à la fois favorisent une dynamique élevée de spéciation, et fournissent des refuges qui réduisent le taux d'extinction et constituent des couloirs de migration facilitant l'adaptation des espèces aux changements climatiques.

L'interaction entre les rôles de berceau et de musée peut être spatialement complexe. Par exemple, pour les oiseaux des Amériques, plusieurs régions jouent des rôles complémentaires. D'un côté, les zones avec des fortes pressions environnementales (berceaux) favorisent l'apparition d'espèces. De l'autre, la dispersion de ces espèces dans des zones à plus faibles pressions (musées) permet de diminuer leur risque d'extinction.

4. L'humain et les aléas de biodiversité

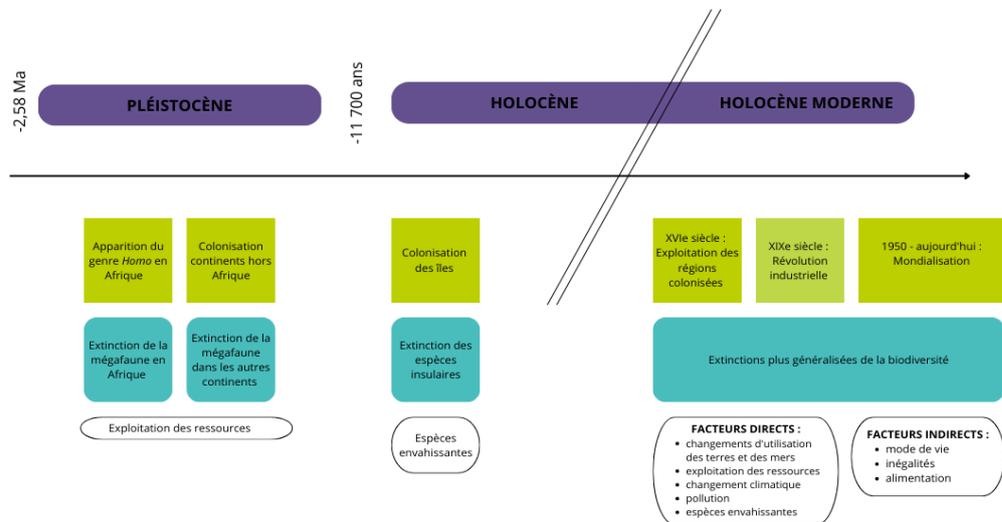


Figure 3 : Résumé des grandes vagues d'extinction à partir de l'apparition du genre *Homo*, frise chronologique non à l'échelle.

4.1 L'être humain et les changements de biodiversité à l'époque prémoderne

Les extinctions du Pléistocène et de l'Holocène

En tant que mégafaune sociale, prédatrices omnivores et compétitives, les espèces du genre *Homo* ont très probablement toujours affecté la biodiversité des écosystèmes qu'elles ont habités. Le façonnement du biote par l'humain a commencé au Pléistocène (entre -2,58 millions d'années et -11 700 ans) avec la chasse, le transport d'autres espèces et l'utilisation du feu. Au début de l'Holocène, il y a environ 12 000 ans, environ trois quarts des écosystèmes terrestres étaient déjà habités par des humains.

Dès l'émergence d'*Homo erectus*, en Afrique, il y a 1 à 2 millions d'années, on observe une série d'extinctions d'espèces. Plus probant encore, la propagation d'*Homo sapiens* lors de sa sortie d'Afrique, à travers les continents et les îles, est associée à une vague d'extinctions d'espèces de mégafaune (animaux de plus de 44 kg). La mégafaune vertébrée s'est avérée particulièrement vulnérable du fait de ses cycles de reproduction lents et de ses besoins environnementaux. Bien que l'argument de causalité soit difficile à établir, on observe que les fluctuations climatiques tout au long du Pléistocène n'ont pas provoqué d'extinction massive alors que l'arrivée de l'humain y est corrélée.

L'Australie, l'Amérique du nord et l'Amérique du Sud ont tous perdu plus de 70 % de leurs espèces de mégafaune peu après la colonisation humaine.

En Afrique, le déclin de grands mammifères a été concomitant avec de l'apparition d'*Homo erectus*, *Homo neanderthalensis* et *Homo sapiens* et à travers toute la période où ils occupaient ce continent. **Il y a 10 500 ans, au début de l'Holocène, la biomasse moyenne des mammifères ne représentait plus que 1,5 % de celle trouvée il y a 1,5 million d'années en Afrique.**

Les impacts de ces extinctions se sont probablement étendus au-delà des espèces elles-mêmes, car les grands animaux jouent un rôle clé dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes.

Pendant l'Holocène, les extinctions d'espèces ont continué dans les systèmes insulaires (y compris dans les grandes îles comme Madagascar), s'étendant sur une gamme beaucoup plus large de la faune. Les animaux endémiques de ses îles apparaissent particulièrement vulnérables en raison de leur naïveté écologique et de la pression complémentaire induite par les espèces associées à l'être humain tels que les rats. L'expansion polynésienne à travers le Pacifique est associée à

l'extinction d'environ 1 000 espèces d'oiseaux endémiques (principalement des râles incapables de voler). C'est presque certainement le plus grand événement d'extinction d'espèces vertébrées de l'Holocène connu à ce jour.

La contribution à la richesse en biodiversité par les paysages cultivés et la domestication

L'histoire des extinctions mondiales depuis le Pléistocène, et les tendances modernes décrites dans la section suivante, peuvent conduire à la conclusion que les impacts anthropiques sur la biodiversité sont, par définition, négatifs. Bien que le bilan global soit en effet extrêmement négatif, les activités humaines ont délibérément ou involontairement favorisé la biodiversité tout au long de l'histoire, y compris jusqu'à nos jours.

Cela peut se produire de plusieurs manières : d'un côté, la perturbation associée aux activités humaines (en particulier lorsqu'elles sont de petite intensité et sur des petites échelles spatiales) crée une hétérogénéité de l'habitat, ce qui favorise la coexistence d'un plus grand nombre d'espèces ; d'un autre côté, de nombreuses pratiques humaines ont délibérément favorisé des organismes particuliers, des assemblages biotiques ou des écosystèmes entiers.

L'émergence d'une biodiversité liée aux activités humaines s'est faite dans un premier temps de manière inconsciente, en lien souvent avec les activités de gestion et d'agriculture. Certaines des prairies les plus riches en plantes vasculaires se trouvent dans des paysages gérés de longue date en Europe, entretenus par une gestion traditionnelle extensive pendant des centaines ou des milliers d'années, dans des zones qui autrement seraient dominées de manière beaucoup plus homogène par des arbustes ou des forêts de conifères ou de feuillus. Les paysages culturels complexes, mosaïques combinant espèces sauvages et domestiquées, persistent encore aujourd'hui à travers le monde (ex. : brûlis, prairies de fauche, rizières péri-forestières, etc.). Bien que ces pratiques aient tendance à se concentrer sur un petit nombre d'espèces, les parcelles gérées voire cultivées favorisent souvent d'autres organismes sauvages à tous les niveaux trophiques (insectes pollinisateurs, animaux frugivores, champignons, etc.).

La création, principalement par sélection délibérée d'espèces initialement sauvages, d'un grand nombre de phénotypes (ensemble des caractères apparents d'un individu) végétaux, animaux et microbes domestiqués (ex. : bétail, volaille, animaux de travail et d'ornement, cultures vivrières, plantes ornementales, levures, champignons) est une autre manière clé par laquelle les humains ont favorisé la diversité. **Bien que petite par rapport à l'ensemble de la diversité génétique sauvage sur Terre, la diversité domestiquée est loin d'être négligeable.** Le nombre total de phénotypes domestiqués est inconnu au-delà de groupes particuliers. On sait cependant qu'environ 300 espèces domestiquées d'animaux et de plantes terrestres contribuent aux principales familles d'aliments consommés aujourd'hui. Mais ce chiffre ne représente qu'une partie infime du nombre de phénotypes dérivés estimé à près d'un million, dominés par les céréales, les tubercules et les légumineuses. Et les chiffres sont forcément beaucoup plus élevés en ce qui concerne les animaux aquatiques, les animaux d'ornement et de compagnie, les plantes ornementales et les micro-organismes.

Par ailleurs, l'importance sociale, culturelle et économique de la biodiversité domestiquée est immense.

4.2 Quantifier et qualifier le déclin moderne de la biodiversité

Bien que plusieurs mécanismes caractéristiques de l'usage de la nature par l'humain aient été documentés à l'époque prémoderne, ils ont pris une ampleur sans précédent avec les développements successifs de la mondialisation et du mercantilisme économique.

Les tournants majeurs ont été : le début de l'exploitation européenne des Amériques et d'autres régions colonisées au cours du XVI^e siècle, la révolution industrielle de la fin du XVIII^e siècle au début du XIX^e siècle et la Grande Accélération économique depuis les années 1950.

En conséquence, l'étendue et l'intégrité des écosystèmes naturels, la spécificité des communautés locales d'espèces vivantes, la taille et la répartition géographique des populations végétales et animales, le nombre d'espèces, et la diversité génétique intra-spécifique des organismes sauvages et domestiqués ont tous diminué.

À ces déclinés se sont ajoutés deux phénomènes mondiaux qui ont reçu une moindre attention du public : l'homogénéisation biotique et l'évolution contemporaine des espèces.

- **L'homogénéisation biotique** consiste en une diminution de la richesse en espèces (aussi bien taxonomique, fonctionnelle, phylogénétique qu'en termes d'abondance) des biotes régionaux à travers le monde en raison du transport délibéré ou involontaire d'organismes par les humains. Un tel degré de remodelage de la biogéographie mondiale a été qualifiée de Nouvelle Pangée par Harold A. Mooney (2001). Pour ne citer qu'un exemple : au cours des cinq derniers siècles, il y a eu une homogénéisation généralisée des communautés végétales, plus due à l'étalement des espèces au-delà de leurs aires de répartition d'origine qu'à l'extinction des espèces.
- **L'évolution contemporaine des espèces**, c'est-à-dire les changements phénotypiques se produisant dans les populations sauvages, conséquence des pressions de sélection exercées par l'humain telles que la chasse, la pêche, l'utilisation de biocides, etc. Ces pressions sont pour la plupart involontaires dans le sens où cette évolution est un effet collatéral d'une activité plutôt qu'un objectif (contrairement à la sélection des espèces de rente par exemple).

Perte de biodiversité : différencier risques et taux d'extinction

Le fait que notre planète perde rapidement des espèces est bien étudié des scientifiques. C'est également l'un des aspects du déclin de la nature le plus connu du grand public. C'est pourquoi un inventaire de l'état de la biodiversité au niveau des espèces se doit d'inclure non seulement le nombre d'espèces et de taxons, leur répartition géographique et leur abondance, mais aussi leur risque de disparition aux échelles de temps humaines.

Trois catégories d'extinction existent et reflètent le caractère généralement progressif de ce phénomène :

- **l'extinction fonctionnelle** : lorsque les espèces deviennent rares et, alors que leurs populations sont suffisamment importantes pour perdurer, elles sont toutefois trop petites pour remplir leur rôle écologique. Par exemple, la diminution d'individus au sein d'une espèce d'herbivore peut entraîner l'affaiblissement d'une espèce carnivore qui s'en nourrit ;
- **l'extinction locale** : lorsqu'une espèce disparaît dans une partie de son aire de répartition, mais persiste dans d'autres régions.
- **l'extinction globale** : lorsqu'une espèce disparaît de la Terre.

La plupart des efforts de surveillance et des informations publiées traitent de cette dernière catégorie.

Concernant extinctions globales, il y est fait référence généralement de deux façons : en parlant du risque d'extinction et du taux d'extinction. Ces mesures fournissent des informations complémentaires sur le processus d'extinction : alors que le risque d'extinction donne des probabilités sur les extinctions futures des espèces, le taux d'extinction fournit une estimation rétrospective des espèces déjà éteintes.

• Le risque d'extinction

Le **risque d'extinction** est la probabilité d'extinction d'une espèce.

Il est établi pour des espèces, généralement avant qu'elles ne disparaissent, et prend en compte sa biologie et les menaces auxquelles elle est confrontée. Le système le plus utilisé pour le catégoriser est celui de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). L'UICN classe les risques d'extinction pour les espèces encore présentes à l'état sauvage de « préoccupation mineure » (ne nécessitant pas d'efforts de conservation spécifiques) à « en danger critique » d'extinction (50 % de chances de disparaître dans les 10 prochaines années). À l'heure actuelle, les espèces jugées à haut risque d'extinction sont celles classifiées comme menacées par l'UICN (réunissant les catégories « vulnérables », « en voie de disparition » et « en danger critique de disparition »).

Selon l'étude la plus exhaustive à ce jour (Global Assessment, Ipbes, 2019), un million d'espèces animales et végétales (sur les 8,1 millions d'espèces connues et inconnues estimées) sont actuellement menacées d'extinction. Cette estimation est basée, d'une part, sur le nombre total estimé d'espèces végétales et animales sur Terre et, d'autre part, sur la proportion d'espèces menacées dans différents grands groupes d'organismes selon la Liste rouge de l'UICN. Cette proportion n'est pas aussi bien connue pour chaque groupe.

Par exemple, les légumineuses, les fougères, les monocotylédones (une sous-catégorie des plantes à fleurs), les mammifères, les oiseaux et les reptiles ont été évalués de manière approfondie, tandis que dans d'autres groupes comme les poissons et les invertébrés (dont certains mollusques, insectes, crustacés et coraux), seuls des échantillons représentatifs ont été évalués. Cependant, même parmi les groupes qui ont fait l'objet d'une évaluation exhaustive, il n'y a pas suffisamment de données pour attribuer une catégorie de risque à chacune des espèces qui font partie de ces groupes.

Autre point, le risque pour l'ensemble des insectes est largement méconnu. Les évaluations de plusieurs groupes d'insectes (abeilles, papillons, coléoptères saproxyliques) en Europe leur ont attribué un risque proche de 10 %.

Compte tenu de toutes ces incertitudes (comme le nombre total d'espèces sur Terre et celles relatives aux groupes moins connus comme les insectes), la proportion moyenne d'espèces menacées (toujours d'après la définition de l'UICN) est d'environ 25 %.

• Les taux d'extinction

Le **taux d'extinction** est la vitesse à laquelle les taxons disparaissent sur une période de temps.

L'estimation de ces taux est souvent réalisée a posteriori (lorsque les espèces ont déjà disparu) et ne fait généralement pas référence à des espèces spécifiques, mais plutôt à de grands groupes d'espèces ou à des biomes entiers. Ils sont souvent exprimés en nombre d'extinctions par million d'espèces et par an (qui s'écrit scientifiquement : E/MSY), pour standardiser les comparaisons entre différentes périodes et ensembles d'espèces. Ces taux d'extinction sont souvent comparés au taux de base, c'est-à-dire au taux d'extinction « naturel » dû à des causes non humaines. Le consensus actuel sur le taux d'extinction de base est d'environ une espèce éteinte dans un échantillon total de 10 000 espèces sur une période de 100 ans (soit 1 E/MSY).

Bien que les chiffres précis des taux d'extinction actuels varient selon différents paramètres, les avis scientifiques convergent vers un taux global d'extinction qui est au moins des dizaines voire des centaines de fois plus élevé que le taux de base (taux naturel), et est susceptible d'augmenter rapidement.

Alors que le risque correspondant aux espèces en danger critique d'extinction (50 % de chances de disparaître dans les 10 prochaines années) apparaît comme un risque manifestement élevé, certains pourraient penser que le risque pour les espèces vulnérables (10 % de chances de disparaître dans les 100 prochaines années) est faible. **Toutefois, pour mettre ces chiffres en perspective, cela signifie que si une espèce était représentée par un individu humain de 50 ans :**

- dans la catégorie « non menacée » : il aurait en moyenne 30 ans de plus à vivre (pour atteindre 80 ans d'espérance de vie) ;
- dans la catégorie « vulnérable » : il aurait environ une semaine à vivre ;
- et dans la catégorie « en danger critique d'extinction », il ne lui resterait que trois heures à vivre.

Autre mise en perspective, en se fondant sur le taux d'extinction de base, cela prendrait environ un million d'années pour perdre la moitié des espèces animales et végétales actuellement présentes sur Terre.

- si ces espèces étaient dans la catégorie « vulnérable », cela prendrait 600 ans, c'est-à-dire que cela irait environ 1 500 fois plus vite que le risque d'extinction naturelle.
- si toutes les espèces animales et végétales étaient « en danger critique d'extinction », la perte complète ne prendrait que 10 ans, soit 100 000 fois plus vite que le taux d'extinction de base.
- par conséquent, **le risque d'extinction des espèces menacées est de l'ordre de 1 000 à 100 000 fois plus élevé que le risque d'extinction de base.** Ainsi, la réalité d'une sixième extinction est différente en fonction du statut de menace qui pèse sur les espèces.

Variations dans la diversité taxonomique à l'échelle locale

Il peut être utile d'évaluer les changements de la biodiversité à des échelles plus fines, régionales ou locales, puisque c'est à ces échelles que s'accomplissent les fonctions écologiques, que sont mobilisés les services que les humains en retirent et qu'ont lieu les actions de conservation.

Les tendances des indicateurs de biodiversité à l'échelle globale ne s'appliquent pas aux biotes locaux et il n'y a pas de consensus au sein de la communauté scientifique pour dire si le nombre d'espèces aux échelles locales suit une même tendance à l'échelle mondiale. Ce dissensus est dû à plusieurs facteurs, notamment aux différences de considérations spatio-temporelles, aux limites des méthodes d'analyse et des données utilisées ainsi qu'à des causes écologiques.

En effet, la perte d'espèces endémiques peut être masquée par l'arrivée d'espèces exotiques envahissantes lorsque l'on regarde les variations globales du nombre d'espèces au sein d'une zone. D'autre part, les variations faibles à une échelle globale peuvent être le produit de fortes augmentations dans certaines régions (ex. : réchauffement climatique des régions boréales) et de fortes diminutions dans d'autres (ex. : changement d'usage de terres en régions intertropicales). De même, une tendance constante dans le temps peut être le fait d'oscillations plutôt que d'une tendance directionnelle forte. La communauté scientifique ne s'accorde pas sur le fait que les communautés locales suivent une tendance générale ou non. Toutefois, elle s'accorde sur le fait que le renouvellement de la composition et de l'abondance relative des espèces au niveau local est accéléré notamment du fait des colonisations et extinctions locales.

Autre point, bien que relativement facile à surveiller et utile comme approximation grossière, le nombre d'espèces n'informe pas sur les changements dans l'abondance

des populations ni dans la composition des communautés. D'autres mesures sont donc utilisées pour surveiller l'état de la biodiversité à ces niveaux. **Les mesures les plus fréquemment utilisées montrent de nettes tendances à la baisse.**

- Par exemple, l'**indice Planète vivante** (Living Planet Index, LPI) montre que **l'abondance moyenne** (et relative dans le temps) **de plus de 20 000 populations suivies parmi plus de 4 000 espèces d'amphibiens, d'oiseaux, de poissons, de mammifères et de reptiles a diminué de 69 % depuis 1970.** Ceci inclut de grandes différences entre les régions : 94 % en Amérique latine et 24 % en Europe. Ces conclusions ont eu de fortes retombées médiatiques qui ont mis l'emphase sur la diminution de l'abondance de toutes les espèces d'animaux sauvages de 69 % alors qu'il ne s'agissait que d'une partie des espèces animales avec de grandes variations entre les régions et les groupes taxonomiques.

ENCADRÉ

REGARD DE LA FRB SUR LES DIVERGENCES AUTOUR DE L'INDICE PLANÈTE VIVANTE

Suite à la sortie de l'indice Planète vivante de 2020, une série d'articles a été publiée dans le journal Nature, créant une discussion au sein de la communauté scientifique sur la méthodologie utilisée par cet indice.

Dans un premier article, Leung et al. (2020)* ont montré que, l'indice Planète vivante étant une moyenne, il était largement influencé par un groupe de populations particulièrement en déclin. Leurs analyses ont ainsi révélé qu'en enlevant de la base de données les 3 % des populations les plus à la baisse, la moyenne des populations était inversée et en fait en augmentation.

Plusieurs groupes de recherche ont également questionné la méthodologie de cette étude en revenant sur des points clés de l'indice Planète vivante à ne pas oublier :

- > **L'indice Planète vivante ne calcule pas l'abondance absolue des populations**, mais les variations de ces populations entre un temps t et un temps $t-1$. Les pourcentages positifs ou négatifs de l'indice ne représentent donc pas les quantités d'individus mais les variations globales des populations étudiées.
- > **L'indice Planète vivante prend pour année de référence 1970**, alors que les pertes de populations les plus critiques chez beaucoup d'espèces de vertébrés ont eu lieu bien avant 1970. Cette date a été choisie pour avoir une plus grande base de données répondant aux critères de l'indice Planète vivante. Pour les populations de vertébrés chez lesquelles on possède des données avant 1970, on sait que les fluctuations récentes de population sont minimales par rapport aux fluctuations historiques.
 - > C'est un exemple d'amnésie écologique : les acteurs ont tendance à considérer uniquement les changements des dernières décennies, sans remettre dans le contexte des changements globaux à une plus grande échelle.
 - > Des populations d'espèces en danger critique d'extinction peuvent tout à fait avoir été stables depuis 1970, ce qui ne change rien à leur fragilité qui n'est donc pas reflétée dans l'indice Planète vivante.
 - > Une multitude d'articles dans la littérature scientifique vient corroborer les résultats de l'indice Planète vivante, confirmant que les populations de vertébrés sont en déclin, et pas seulement dans la zone indopacifique comme le suggèrent Leung *et al.*
 - > Si l'on exclut les populations qui sont en forte hausse, de la même manière que Leung *et al.* l'ont fait pour les populations qui sont en forte baisse, on s'aperçoit que la tendance globale est celle relevée par l'indice Planète vivante.
- > Les données utilisées par l'indice Planète vivante sont, par ailleurs, biaisées

en faveur des populations qui reçoivent plus d'effort de conservation et sont donc plus suivies. Les populations qui sont étudiées dans le cadre de cet indice ont statistiquement plus de chances de se trouver dans une zone protégée : la réalité a donc des chances d'être encore plus négative que celle décrite par l'indice.

À ces éléments il faut ajouter que, parfois, une seule espèce (dite « clé de voûte ») peut entraîner la disparition de nombreuses autres. Les espèces rares ont en outre souvent des caractéristiques rares et leur disparition est donc écologiquement plus problématique que celle d'une espèce qui présente des redondances fonctionnelles avec d'autres espèces.

*Leung, B., Hargreaves, A.L., Greenberg, D.A. et al. Clustered versus catastrophic global vertebrate declines. Nature 588, 267-271 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2920-6>. Les articles reprenant la méthodologie peuvent être trouvés dans la catégorie 'Matters Arising', sur la page de l'article du site Nature.

- **L'indice d'intégrité de la biodiversité (BII)** détermine les changements d'une communauté écologique dûs aux pressions humaines. Il a l'avantage d'inclure à la fois le nombre d'espèces présentes, leur abondance et d'autres paramètres pour représenter au mieux la biodiversité d'un milieu. Cet indice va de 100 % pour un écosystème non affecté par les activités humaines à 0 % quand l'écosystème est entièrement dépourvu de toutes ses composantes. Un seuil important est de 90 %, en-dessous duquel le risque de perdre des espèces clés, qui maintiennent un écosystème, devient élevé. La moyenne globale de l'indice d'intégrité de la biodiversité est de 79 %, ce qui représente une perte supérieure à la perte moyenne d'espèces. Le BII détecte en effet des changements d'abondance (à la fois des espèces individuelles et de l'ensemble de l'assemblage) et exclut les augmentations du nombre d'espèces ou de l'abondance des espèces non indigènes. Cependant, parce qu'il n'intègre pas d'informations sur les traits fonctionnels, du moins dans sa formulation classique, le BII ne fait pas la différence entre le remplacement d'une espèce par un analogue fonctionnel (ce qui est peu susceptible d'entraîner des changements dans la fonction de l'écosystème) et le remplacement d'une espèce par une autre dont l'écologie est différente (ce qui peut en revanche entraîner des changements dans la fonction de l'écosystème). La croissance rapide des bases de données sur les traits fonctionnels devrait bientôt permettre des estimations plus directes des changements de la diversité fonctionnelle.

Diversité fonctionnelle et homogénéisation : tous les organismes ne sont pas égaux face aux risques d'extinction

Les mesures discutées ci-dessus ne renseignent pas sur une autre manière dont la vie sur Terre est en train de changer : tous les organismes ne sont pas égaux face aux extinctions. Cela entraîne une perte du fonctionnement de l'écosystème et une homogénéisation des traits caractéristiques que l'on y retrouve. En effet, certaines caractéristiques (comme les traits « durée de vie », « stratégie de reproduction », « morphologie », etc.) rendent des espèces bien plus vulnérables aux impacts des activités humaines que d'autres, qui *a contrario* en bénéficient.

Ce phénomène se produit de deux façons, non exclusives l'une de l'autre :

- Les humains peuvent rendre des habitats favorables pour certaines espèces de manière involontaire. C'est le cas, par exemple, des sols riches en nutriments et à la structure perturbée (agriculture, péri-urbanisme, etc.), favorables aux plantes qui poussent spontanément dans les milieux anthropisés (dites rudérales) à une échelle mondiale.
- Les humains peuvent aussi délibérément favoriser certaines espèces à des fins anthropocentrées (ex. : la production alimentaire) en les exploitant, en les cultivant, en les transportant.

Un état des lieux global des changements fonctionnels des communautés, basé sur une méthodologie standard, reste à effectuer. Toutefois, les preuves de ces changements concernant les vertébrés et, dans une moindre mesure, les plantes vasculaires, s'accumulent. De manière générale, à chaque niveau trophique, les espèces qui ont tendance à être négativement impactées par les activités humaines sont celles qui atteignent une grande taille, grandissent lentement, produisent peu de descendants au cours de leur vie et tolèrent le manque de ressources plus que les perturbations physiques. À l'inverse, les espèces qui ont tendance à prospérer avec la présence de l'humain sont celles de petite taille : leur durée de vie est courte et elles sont plus affectées, en termes de succès reproducteur, par le manque de ressources que par les perturbations physiques et la présence humaine. **Le déclin constant de grands organismes à croissance lente (le mégabiote), tels que les grands arbres et les animaux, est particulièrement préoccupant : leur influence peut être disproportionnée sur la dynamique des communautés et le fonctionnement des écosystèmes, allant du cycle des nutriments à la création d'habitats en passant par la dispersion longue distance des semences.**

Tableau 1 : Tableau comparatif de différents indicateurs relatifs à la biodiversité mondiale

Type d'indicateur et définition simple	Point fort	Limite	Messages clés au niveau global
Risque d'extinction = probabilité d'extinction d'une espèce. Les espèces menacées vont d'un risque « vulnérable » (10 % de chances de disparaître dans les 10-100 ans) à « danger critique d'extinction » (50 % de chances de disparaître dans les 10-100 ans)	Probabilité sur les extinctions futures	Ne prend pas en compte les changements d'abondance d'une espèce lorsque ceux-ci n'influencent pas son risque d'extinction.	Toutes catégories UICN depuis « vulnérables » à « en danger critique » confondues, la proportion moyenne d'espèces menacées est d'environ 25 %.
Taux d'extinction = vitesse à laquelle les espèces disparaissent sur une période donnée, exprimée en E/MSY (espèces disparues par million d'espèces et par an)	Estimation rétrospective des espèces déjà éteintes	Mesure « simple » de l'état de la biodiversité, ne caractérisant pas les interactions entre espèces ou leurs importances dans un écosystème.	Pour des espèces vulnérables selon les critères de l'IUCN, le taux d'extinction actuel est d'environ 1 500 fois le taux d'extinction naturel.
Indice Planète vivante = mesure des changements d'abondance de populations de vertébrés au cours du temps	Estimation quantitative pour les mêmes espèces depuis 1970 (série temporelle longue)	Estimation relativement restreinte en termes de taxons car concerne uniquement les vertébrés.	Depuis 1970, cet indice montre une diminution de 69 % de l'abondance chez 20 000 populations de 4 000 espèces de vertébrés.
Indice d'intégrité de la biodiversité = estimation de l'abondance moyenne d'espèces terrestres indigènes, dans une zone géographique donnée, par rapport à leurs populations de référence avant des impacts anthropiques.	Intègre à la fois le nombre d'espèces (richesse spécifique) et leur abondance (populations).	N'intègre pas les changements fonctionnels dus aux remplacements de certaines espèces par d'autres dont le fonctionnement écologique est soit analogue, soit différent.	L'intégrité globale de la biodiversité, en termes de communautés écologiques, a décliné jusqu'à 79 % en moyenne. C'est plus que la perte moyenne du nombre d'espèces au niveau global.

Type d'indicateur et définition simple	Point fort	Limite	Messages clés au niveau global
Changements de composition fonctionnelle = identification des fonctions au sein des communautés d'espèces qui sont plus touchées que d'autres en fonction des milieux et des menaces.	Illustre les disparités de vulnérabilités face aux menaces des espèces dans un milieu.	Un état des lieux global selon une méthode standardisée reste à effectuer.	Les espèces qui atteignent une grande taille, grandissent lentement, produisent peu de descendants et tolèrent peu les perturbations physiques, tendent à être négativement impactés par activités humaines. La dynamique des communautés et le fonctionnement des écosystèmes peuvent s'en trouver fortement affectés.

Vers une sixième extinction de masse ?

Il y a eu une large couverture médiatique à propos de la sixième extinction de masse, c'est-à-dire d'une ampleur et d'un taux d'extinction similaires à celles estimées pour les cinq extinctions majeures de l'histoire de la Terre. Pourtant cette information est loin d'être établie scientifiquement.

Une extinction de masse est techniquement définie comme la perte d'au moins 75 % d'espèces sur une période relativement courte. La difficulté réside dans la définition de ce qu'est « un temps court », les durées des événements d'extinction allant de quelques années pour un impact d'astéroïde à des millions d'années pour des épisodes de fort volcanisme. S'il est aisé de conclure que l'échelle des extinctions observées actuellement est encore loin du seuil d'un événement d'extinction de masse, il reste difficile de mettre en perspective ces taux par rapport aux extinctions de masse historiques.

Barnosky et ses collègues ont calculé le temps qu'il faudrait pour que les taux d'extinction actuels produisent une perte de mammifères, d'oiseaux et d'amphibiens équivalente à celles des cinq extinctions massives. Dans un scénario pessimiste (toutes les espèces actuellement menacées disparaissent d'ici 100 ans) ou optimiste (seules les espèces « en danger critique d'extinction » disparaissent au cours des 500 prochaines années), les taux d'extinction atteignent des échelles d'extinction massive d'ici deux à trois siècles ou d'ici 10 000 ans ou plus.

Bien que ce à quoi nous assistons aujourd'hui ne corresponde pas techniquement à une extinction de masse, évaluer si nous entrons dans une telle ère d'extinction dépend de l'échelle temporelle à laquelle nous nous situons, humaine ou géologique, et de notre capacité à améliorer l'état de conservation des espèces actuellement menacées.

Toutefois, ces discussions techniques, écarts et incertitudes ne doivent pas occulter que :

- les taux d'extinction actuels sont plus élevés que les moyennes à n'importe quel moment de l'histoire humaine ;
- l'ampleur de la perte d'espèces dans les prochains siècles ne peut être niée ;
- l'extinction massive est loin d'être un phénomène inexorable : des actions humaines peuvent influencer les taux d'extinction.

5. Les causes du déclin de la biodiversité

Lorsque l'on examine les facteurs responsables du déclin généralisé de la nature, il convient de distinguer les causes directes, qui impactent physiquement la nature,

et les causes indirectes, qui ont une influence diffuse sur ces dernières en affectant leur niveau, leur direction et leur intensité.

Les causes directes peuvent être naturelles (éruptions volcaniques, séismes, etc.), humaines (déforestation, chasse, pollution, changement climatique anthropogénique, etc.) ou un mélange des deux (comme les phénomènes de type *El Niño* ou les maladies zoonotiques exacerbées par la déforestation).

Les causes indirectes, en revanche, sont d'origine humaine et sont dictées in fine par des cultures et normes sociales, qu'elles soient économiques, démographiques ou culturelles. Elles incluent par exemple la chaîne d'approvisionnement de biens et de services, les modes de consommation, l'adoption de technologies, les préférences alimentaires, les dynamiques démographiques, les tendances de mode, les règles institutionnelles de l'échelle locale à l'échelle mondiale, etc.

La distinction entre les causes directes et indirectes est cruciale d'un point de vue conceptuel et pratique. S'attaquer aux causes directes indépendamment des causes indirectes serait voué à l'échec, car ce sont ces dernières qui sont les moteurs profonds des causes directes d'érosion.

5.1 Les tendances récentes des causes directes du déclin de la biodiversité

La revue systématique mondiale la plus complète à ce jour (Purvis *et al.*, 2019), reprise dans l'évaluation mondiale de l'Ipbes (2019), montre que les causes directes du déclin de la nature dans le monde sont :

Type de cause	Exemples	Part moyenne dans le déclin (%)
Les changements d'utilisation des terres et des mers	Déforestation, développement urbain côtier, développement de plateformes éoliennes maritimes, etc.	30
L'exploitation des ressources	Chasse, pêche (première cause de déclin de la biodiversité marine), exploitation forestière, moisson, etc.	23
Le changement climatique	Changement des températures moyennes, changements des précipitations, variation de la fréquence et de la gravité des événements climatiques extrêmes, etc.	14
Les pollutions	Chimique, lumineuse, sonore, acidification de l'océan, niveau accru de CO ₂ dans l'atmosphère, etc.	14
Les espèces envahissantes (tous règnes confondus)	Fourmi à longues pattes (<i>Anoplolepis gracilipes</i>), caulerpe à feuilles d'if (<i>Caulerpa taxifolia</i>), protozoaire du paludisme aviaire (<i>Plasmodium relictum</i>), etc.	11

Ce classement général des causes directes de la perte de biodiversité varie selon les régions. Par exemple :

- l'exploitation directe (comme la pêche) est le premier moteur de ce déclin dans l'océan et les mers ;
- de nombreuses études faites à des échelles plus locales montrent que les espèces envahissantes sont une cause de déclin bien plus importante dans les îles océaniques que sur les continents ;
- elles montrent également que le changement climatique joue un rôle plus important dans les zones arctiques et méditerranéennes.

Par ailleurs, le changement climatique n'a pas été la cause la plus importante jusqu'à présent, mais ses impacts sont croissants et susceptibles de continuer de croître pendant le reste du XXI^e siècle.

Il est également crucial de souligner que ces causes agissent en synergie. Par exemple, les coraux qui forment des récifs peuvent faire face, dans une certaine

mesure, à l'acidification de l'eau de mer, au changement climatique et à la pollution lorsque ces perturbations agissent séparément. Mais lorsqu'elles se retrouvent combinées, elles peuvent avoir des conséquences catastrophiques. Autre exemple, sur terre, la synergie entre le changement climatique, la perte et la fragmentation des forêts dues à l'expansion agropastorale dans la forêt amazonienne ont, de manière combinée, conduit à des incendies de grande ampleur associés à une perte de biodiversité.

5.2 Des menaces émergentes

Les causes directes de la perte de biodiversité ont été largement reprises dans la littérature, mais plusieurs menaces émergentes n'ont retenu que récemment l'attention de la communauté scientifique.

Alors que certains moteurs directs du changement de la biodiversité sont aussi vieux que l'humanité (ex. : l'exploitation des ressources *via* la chasse) ou remontent à des milliers (ex. : l'agriculture) voire des centaines d'années (ex. : la pollution chimique), d'autres sont apparus ou ont considérablement augmenté dans les dernières décennies. Les exemples les plus frappants sont la pollution plastique, les pollutions sonores et lumineuse ainsi que l'exploitation des fonds marins (qui forme un cas particulier dans la vaste catégorie des changements d'utilisation des terres et des mers). Pourtant de nature physique très différente, ces menaces émergentes partagent certaines caractéristiques clés : elles sont relativement nouvelles ; les organismes ont donc eu peu de temps pour s'y adapter ; leur ampleur est soit déjà extrêmement élevée, soit en forte hausse ; et leurs conséquences environnementales sont géographiquement dissociées de leurs causes socioéconomiques.

La pollution plastique

Depuis les années 1950, environ 8 300 millions de tonnes de plastique ont été jetées, dont près de 80 % ont fini dans des décharges ou dans l'environnement.

Parce qu'ils résistent à la dégradation par des processus chimiques ou biologiques et ont tendance à s'accumuler dans les sédiments et les organismes, les plastiques sont une forme de pollution persistante et répandue.

La production annuelle est comparable au poids de la population humaine. **Si cette tendance devait se poursuivre, ce chiffre représenterait environ 24 tonnes de déchets plastiques par kilomètre carré (que ce soit sur terre ou en mer).**

La pollution plastique a de nombreux effets écologiques. Les types de plastique les plus connus sont les macroplastiques, en témoignent les multiples images médiatiques de mammifères marins, oiseaux et tortues empêtrés dans de gros morceaux de plastique. Il existe également un gros effort de recherche sur la question des effets nocifs des macroplastiques, avec plus de 900 espèces marines de vertébrés et invertébrés actuellement affectées par l'ingestion ou l'enchevêtrement.

Cependant, une forme beaucoup plus répandue de contamination plastique, dont les effets sont beaucoup moins connus et difficilement contrôlables, est celle des microplastiques (particules inférieures à 5 mm de longueur) dont font parties les nanoplastiques (particules inférieures à 100 nm). Les microplastiques sont créés par les intempéries et la décomposition d'objets en plastique. On les trouve maintenant partout sur la planète, y compris dans l'eau, l'air, les sols et dans le corps de nombreux organismes. Leur nocivité est encore mal connue en raison des difficultés techniques de la quantification de l'exposition et des incertitudes sur les doses nocives. Les preuves empiriques de leurs effets négatifs sur le comportement, la survie et la forme physique de divers organismes s'accumulent,

mais les revues scientifiques montrent également que l'absence d'effet détectable est au moins aussi courante que la présence d'effets nocifs. Les concentrations retrouvées dans de nombreux endroits restent, pour l'instant, en-dessous du seuil connu des dommages, mais si les tendances actuelles se poursuivent, et en l'absence de moyen réaliste pour réduire l'exposition mondiale, celle-ci devrait augmenter considérablement, et aller au-delà de ces seuils dans de nombreux endroits.

Les pollutions sonore et lumineuse

Les pollutions sonore et lumineuse sont deux autres pollutions émergentes. Elles agissent sur les organismes en perturbant les signaux environnementaux et sont ainsi parfois placées dans la catégorie de polluants sensoriels.

Les niveaux de bruit et de lumière nocturne ont augmenté pendant des siècles, voire des millénaires, mais l'ampleur qu'ils ont pris ces dernières décennies pourrait dépasser la capacité d'adaptation de nombreux organismes. Une des caractéristiques de ce type de pollutions sensorielles est que ses effets s'estomperaient fortement une fois la source supprimée (contrairement aux plastiques par exemple). Le rapport actions-bénéfices pour la biodiversité pourrait donc être particulièrement intéressant pour ce type de pollution.

La pollution sonore étant généralement associée à la pollution lumineuse et chimique ou à la perturbation de l'habitat, tester ses effets indépendamment des autres pollutions reste complexe. Une expérience a étudié l'utilisation de l'habitat par les oiseaux migrateurs en fonction de la présence ou non de l'enregistrement sonore d'une route. Les résultats ont montré qu'en moyenne, la fréquentation des zones sonores polluées a diminué d'un quart et certaines espèces ont même complètement déserté ces zones. Par ailleurs, la pollution sonore affecte les niveaux génétiques et cellulaires, le comportement individuel, la communication, la santé physique ainsi que la structure de nombreuses communautés d'organismes terrestres et aquatiques. Les études sur l'impact de la pollution sonore sur la survie des individus sont beaucoup moins nombreuses que celles portant sur leur comportement ou leur physiologie. Pour ces derniers paramètres, la pollution sonore n'est pas toujours associée à un résultat négatif net. De plus, divers groupes taxonomiques réagissent au bruit de manière similaire, ce qui suggère une certaine homogénéité dans la réponse au bruit plutôt qu'une disparité dans la sensibilité au son selon les espèces.

La pollution lumineuse est due à l'éclairage artificiel associé à la prolongation des activités humaines la nuit. L'éclairage des infrastructures se retrouve directement dans le ciel, mais aussi indirectement et parfois jusqu'à des centaines de kilomètres de la source lumineuse. La pollution lumineuse couvre 80 % de la planète et affecte de manière disproportionnée l'hémisphère nord. Elle est en nette augmentation spatiale, temporelle et spectrale. Les zones qui étaient éclairées depuis longtemps, telles que les villes, le sont maintenant à des intensités plus élevées et plus longtemps, et les zones qui étaient jusqu'à récemment dans l'obscurité la plus profonde se trouvent maintenant éclairées. De plus, le spectre de la lumière artificielle change rapidement, les anciennes sources de lumière sont remplacées par des lampes équipées de diodes électroluminescentes (LED) qui émettent un spectre de lumière visible plus large, en particulier des longueurs d'onde bleues, qui sont détectées par une grande variété d'organismes.

Les impacts de la pollution lumineuse ont été détectés chez les micro-organismes, les champignons, les invertébrés, vertébrés et plantes vasculaires. Ce type de pollution affecte, par exemple, la phénologie (événements périodiques qui dépendent des variations saisonnières et du climat, comme la floraison ou la migration), la physiologie, le comportement et, dans certains cas, la dynamique de population de reptiles, oiseaux, mammifères, insectes et producteurs primaires aquatiques. Les effets sont particulièrement bien documentés dans le cas des

oiseaux migrateurs de nuit et apparaissent particulièrement importants sur les organismes habitués à vivre sous de faibles niveaux de lumière pendant de longues périodes. Le type et l'intensité des impacts varient considérablement et tendent à être plus fort (ou mieux documentés) sur les individus que sur les populations ou écosystèmes.

L'augmentation de l'étendue, de l'intensité et de la gamme des pollutions sonore et lumineuse est bien documentée. Leurs effets sur les organismes individuels semblent répandus mais la littérature sur leurs effets au niveau populationnel, et en particulier sur les conséquences en cascade au niveau communautaire, est beaucoup plus clairsemée. Des exemples intrigants, tels que la dispersion altérée des plantes due au changement de bruit pour les oiseaux, suggèrent que les cascades écologiques causées par ces polluants sensoriels méritent une attention particulière.

L'exploration et l'exploitation des fonds marins

L'exploitation des fonds marins n'en est qu'à ses balbutiements : début 2021, l'Autorité internationale des fonds marins (ISA) n'avait conclu qu'une trentaine de contrats d'exploration et aucun d'entre eux dans la zone océanique au-delà des juridictions nationales. L'exploration commerciale n'y a pas encore commencé et une grande partie de l'activité proposée (extraction de métaux et de gaz) vise les fonds océaniques de pleine mer, une zone qui représente environ 50 % de la surface de la Terre et 95 % du volume habitable de la biosphère.

Le fait que la mer profonde soit une vaste zone encore largement inexplorée pourrait laisser penser que cette activité n'est pas vraiment préoccupante. Ce sont ces arguments qui sont d'ores et déjà utilisés par les secteurs privés et publics, notamment parce que les minéraux extraits jouent un rôle important dans les industries de l'aviation et des batteries, que leur extraction a été présentée à la fois comme un moindre mal et comme un élément fondamental de la transition vers une économie bas carbone. **Le fait que les zones relativement restreintes du fond marin à haute teneur en minéraux soient aussi des habitats d'une biodiversité unique, fragile et méconnue devrait inciter à ne pas détruire ces zones.**

La densité de coraux, anémones, éponges et échinodermes dans les zones riches en minéraux est plus de deux fois plus élevée que dans les zones pauvres en minéraux, et certains des coraux n'ont été trouvés que dans les zones riches en minéraux. Les monts sous-marins sont également des points chauds (ou oasis) de biodiversité marine et de productivité primaire et sont utilisés par les poissons pélagiques, les tortues et les mammifères pour se nourrir et se reposer.

Les événements hydrothermaux (ou cheminées hydrothermales) profonds posent des défis technologiques plus importants pour l'exploitation, mais ne sont pas pour autant à l'abri des perturbations humaines. Or, ils hébergent des organismes avec un degré d'endémicité extraordinaire, estimé à 85 %. Ces organismes présentent également des adaptations métaboliques uniques : de nombreux mollusques, vers tubicoles et crustacés vivant autour des événements hydrothermaux se nourrissent de bactéries chimiosynthétiques symbiotiques qui se développent sur les émissions de l'événement. Des découvertes récentes illustrent avec éloquence à quel point les formes de vie des événements peuvent être inhabituelles : les galathées yéti (*Kiwa hirsuta* et *K. puravida*) se nourrissent de bactéries chimiosynthétiques cultivées sur leurs griffes, le gastéropode écailleux (*Chrysomallon squamiferum*) héberge lui des bactéries symbiotiques dans une glande œsophagienne surdimensionnée qui contribue à sa nutrition. **Les événements en haute mer sont également proposés comme la zone d'origine la plus probable de toute vie sur Terre et ont donc des valeurs intrinsèques inestimables** (voir partie sur les valeurs de la biodiversité). Les organismes des grands fonds ont tendance à avoir de longues durées de vie accompagnées de taux de croissance extrêmement faibles. Par exemple, les coraux noirs (*Leiopathes sp.*) qui vivent dans les monts sous-marins près des îles des Açores ont un taux de croissance radiale de 5 à 30 µm/an et on estime qu'ils vivent

entre 265 et 2 300 ans. Bien que ces traits confèrent des avantages évidents pour la survie dans des conditions extrêmes où les ressources sont faibles, ils rendent ces espèces hautement vulnérables aux perturbations. En effet, les quelques études menées à ce jour ont montré que les habitats des fonds marins mettent des décennies à se rétablir d'une perturbation de faible intensité.



Photo de gauche : © Fifi Alexis (2005). Galathée yéti. Ifremer. <https://image.ifremer.fr/data/00569/68091/>
Photo de droite : Nakamura K. et al. (2012). Discovery of New Hydrothermal Activity and Chemosynthetic Fauna on the Central Indian Ridge at 18°-20°S. PLoS ONE 7(3): e32965. doi:10.1371/journal.pone.0032965 Figure 5B

Les technologies actuelles d'exploitation minière des fonds marins engendrent des perturbations physiques considérables ainsi que la libération de substances toxiques dans les panaches sédimentaires. **Certains chercheurs ont travaillé sur les moyens possibles de minimiser ces impacts. D'autres s'interrogent sur la nécessité de commencer immédiatement et proposent un moratoire, profitant du fait que ce nouveau type de perturbation à grande échelle – contrairement au bruit, à la lumière et au plastique – n'est pas encore pleinement déployé, ce qui donne la possibilité de prévenir les dommages plutôt que de tenter d'y remédier *a posteriori*.**

5.3 Les variations récentes des facteurs indirects du déclin de la biodiversité

Contrairement aux facteurs directs, un classement quantitatif à grande échelle des facteurs indirects n'est pas possible : les facteurs indirects tendent à être diffus et à interagir de manière complexe.

Cependant, leurs impacts se sont considérablement accrus depuis le milieu du XX^e siècle, tant par leur ampleur que par leur étendue géographique. **La population humaine mondiale, qui a presque doublé depuis 1970, joue sans aucun doute un rôle, mais d'autres facteurs qui affectent indirectement la biodiversité ont changé encore plus rapidement.**

- Les dépenses mondiales par habitant ont été multipliées par 13, et le commerce mondial a augmenté de 900 %.
- Les régimes alimentaires ont considérablement changé : la consommation de viande par habitant a doublé depuis les années 1960 et celle de poissons et fruits de mer a augmenté de plus de 23 % depuis 1998.
- Les choix de consommation non alimentaires, tels que la mode, les téléphones portables, les loisirs et les animaux de compagnie exotiques évoluent également rapidement.

Les asymétries croissantes dans la répartition des richesses ont également été associées à des conséquences négatives pour la biodiversité. L'inégalité des revenus à l'échelle mondiale et entre les pays a diminué, mais cela s'explique en grande partie par la croissance économique de quelques pays très peuplés (notamment la Chine), masquant ainsi des inégalités persistantes dans de nombreux pays. En outre, les inégalités au sein des pays contribuent de plus en plus fortement à l'inégalité mondiale : pas moins de 38 % de toutes les richesses supplémentaires accumulées depuis le milieu des années 1990 ont été captées par les 1 % les plus riches, tandis que les 50 % les plus pauvres n'ont capté que 2 % des richesses supplémentaires. Le partage de la richesse détenue par le secteur privé a augmenté au détriment des États.

Alors que les effets isolés de ces facteurs socio-économiques sont bien compris, leurs interactions complexes font que leurs impacts sur les facteurs directs de perte de biodiversité s'annulent, parfois, ou s'amplifient, souvent. Ainsi, plusieurs avancées technologiques ont certes diminué l'empreinte de la consommation de matières sur la biodiversité, mais l'obsolescence programmée et la rapidité de renouvellement de biens matériels compensent souvent ces avancées. Autre exemple, les effets positifs apportés par l'écotourisme dans le monde sont annulés par les émissions de gaz à effet de serre associées aux vols internationaux.

ENCADRÉ

L'EFFET REBOND, OU QUAND UNE AVANCÉE TECHNOLOGIQUE PERMETTANT LA DIMINUTION DE CONSOMMATION DE MATIÈRES PREMIÈRES MÈNE EN FAIT À SON AUGMENTATION.

Prenons le cas de l'énergie. Lorsqu'un progrès technologique rend un équipement plus efficace en énergie, moins d'énergie est utilisée pour produire la même quantité de produit ou de service : leur prix de vente diminue donc. Cette baisse de prix peut entraîner une augmentation de la demande qui augmente donc la quantité de biens et services produits. Dans ce cas, l'utilisation de matières premières est plus importante après le progrès technologique qu'avant.

Ainsi, par exemple entre 1990 et 2005, les progrès techniques ont permis d'améliorer les rendements des moteurs, mais dans le même temps les émissions de CO₂ liées au transport ont augmenté de 25 %*. Ceci s'explique par l'augmentation du nombre et de la taille des véhicules, l'utilisation de climatisation et la compensation morale, c'est-à-dire l'augmentation des longs trajets sous prétexte que la voiture est plus efficace.

*European Environment Agency, « CO₂ emissions from cars: facts and figures », sur www.europarl.europa.eu, 18 avril 2019

À titre de comparaison au niveau mondial, les financements publics et privés pour favoriser la biodiversité sont estimés entre 80 et 145 milliards de dollars américains par an alors que le soutien public aux activités potentiellement nuisibles à la biodiversité est compris entre 500 et 1 000 milliards de dollars américains par an.

ENCADRÉ

LES SUBVENTIONS NÉFASTES : QUAND SUBVENTIONS ET PROTECTION ENVIRONNEMENTALE NE FONCTIONNENT PAS DE CONCERT

L'un des points phare du nouveau Cadre mondial pour la biodiversité, adopté lors de la Cop15 de la Convention sur la diversité biologique à Montréal en décembre 2022, porte sur la suppression progressive des subventions néfastes à la biodiversité, à hauteur de 500 milliards de dollars par an, ce d'ici 2030. Ce point devait trouver sa déclinaison en France au sein de la 3^e stratégie nationale pour la biodiversité, mais des mesures concrètes tardent à être prises. La mesure ciblée propose d'identifier et de réformer les aides et dépenses publiques néfastes pour « supprimer leurs impacts dommageables »*.

Pourtant, ce type de mesure est loin d'être une nouveauté. La réduction voire la suppression des subventions néfastes pour la diversité biologique faisait déjà l'objet de l'objectif A.3 d'Aichi (Plan stratégique pour la diversité biologique 2011-2020), objectif qui n'a pas été atteint en 2020. Un gros travail d'identification des aides publiques dommageables françaises avait alors à l'époque été mené, travail plus connu sous le nom de « Rapport Sainteny »**, qui détaillait et identifiait avec précision les aides publiques les plus dommageables à la biodiversité. Peu de recommandations de ce rapport ont été mises en œuvre depuis. Plutôt que de refaire un nouvel état des lieux, comme cela est avancé pour justifier la non action, il pourrait être plus efficace de se baser sur le travail déjà réalisé, car il est peu probable que les subventions identifiées en 2011, si elles sont toujours présentes, aient perdu leur caractère néfaste. Pour atteindre à temps les nouveaux objectifs fixés - dont les volumes sont conséquents - il faut en effet agir sans attendre.

> ZOOM SUR LE RAPPORT SAINTENY

Ce rapport présente les résultats d'un groupe de travail dont l'objectif était d'identifier et de lister les principales aides publiques néfastes à la biodiversité, d'analyser si possible les impacts sur la biodiversité, et de proposer des pistes de réforme de ces subventions. Ce rapport identifie les aides publiques aggravant l'impact de quatre pressions directes sur la biodiversité (issues du *Global Biodiversity Outlook*, CDB, 2006***) : l'exploitation des ressources, le changement d'usage des sols, les pollutions et les espèces exotiques envahissantes. Le rapport fait onze recommandations principales relatives à la commande publique, l'artificialisation des sols, l'eau, l'agriculture, l'industrie, etc., incluant : la suppression de certaines subventions et aides publiques, la révision de certaines taxes, la majoration de certaines taxes, la révision des critères d'éligibilité à plusieurs dispositifs fiscaux (par ex. la politique agricole commune et les aides du second pilier), l'inclusion de critères « biodiversité » dans les dotations aux collectivités territoriales.

Plusieurs exemples cités dans ce rapport publié en 2012 sont toujours d'actualité et sont assez emblématiques de l'effet pervers de certains dispositifs fiscaux sur la biodiversité. Deux d'entre eux ont été choisis ci-après pour illustrer de façon concrète les problèmes posés.

CHANGEMENT D'USAGE DES SOLS

La réduction des droits de mutation à titre gratuit (DMTG) pour les bois et forêts, pour trois quarts de leur valeur, sous certaines conditions de gestion durable et de reboisement (article 793 du Code général des impôts).

Les DMTG sont les impôts dont on doit s'acquitter en recevant un héritage ou une donation. Ce dispositif prévoit une réduction de 75 % des droits pour les bois et forêts sous les conditions suivantes : l'adoption d'un plan de gestion « durable » sur l'espace hérité (peu contraignant en termes de biodiversité) ou le reboisement en cas d'héritage de friches, de landes ou de terrains pastoraux. Le reboisement se fait parmi des essences définies par arrêté préfectoral. Cependant, plusieurs problèmes potentiels peuvent se poser. Prenons l'exemple de Willy qui hérite d'une friche lors du décès de sa grand-mère. Afin de bénéficier de la réduction de 75 % des DMTG, il décide de reboiser sur cette friche et sélectionne parmi la liste disponible sur l'arrêté préfectoral une seule essence qu'il plante sur l'ensemble de sa propriété (monoculture). Il peut donc bénéficier de la réduction d'impôts. Pourtant, les friches sont d'importants réservoirs de biodiversité et participent à la continuité écologique en ville. De plus, le dispositif n'impose pas une diversité obligatoire des essences choisies. Cette mesure fiscale peut donc être contre-productive et néfaste à la biodiversité des friches déjà en place, dans le cas où les essences choisies sont peu nombreuses et ne permettent pas la préservation voire l'augmentation d'une biodiversité riche sur le territoire.

ARTIFICIALISATION

Le prêt à taux zéro (PTZ) dans le cadre de l'acquisition d'une première résidence principale (dispositif étendu jusque fin 2023).

Dans le cadre de l'acquisition d'une première résidence principale, le montant accordé du PTZ varie, entre autres, selon le prix d'achat du logement, la nature du logement et la localisation géographique du logement (les zones rurales et urbaines sont éligibles). Il est possible de construire en neuf pour bénéficier du dispositif. L'acquisition de logements anciens nécessitant des travaux est possible, mais n'est pas éligible partout en France (par ex. les logements situés en Île-de-France ne sont pas éligibles). Prenons l'exemple d'un couple résidant en Île-de-France qui souhaite acquérir sa première résidence principale. Pour bénéficier du PTZ, il va donc devoir acheter un logement neuf ou faire construire son logement, puisque les logements anciens avec travaux ne sont pas éligibles dans cette zone géographique. La construction d'un logement n'étant pas conditionnée au fait qu'elle se fasse sur un espace déjà urbanisé, le dispositif peut, pour ce couple, favoriser l'artificialisation

et l'extension urbaine. De manière générale, la non-éligibilité au dispositif des logements anciens dans certaines zones pousse à l'acquisition de bâti neuf et donc, potentiellement, à l'artificialisation d'espaces naturels, contrairement à d'autres dispositifs dont l'objet est de lutter contre l'artificialisation.

* Ministère de la Transition écologique. (2022). Stratégie nationale biodiversité 2030 – Premier volet pré-Cop15. 68 p. ; Ministère de la Transition écologique. (2023). Classeur des fiches mesures de la stratégie nationale biodiversité 2030. Document pour la consultation des instances - Juillet 2023. 286 p.

** Sainteny G. *et al.* (2012). Les aides publiques dommageables à la biodiversité. Centre d'analyse stratégique. La documentation française. Rapports & Documents n°43.

*** Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. (2006). Perspectives mondiales de la diversité biologique, deuxième édition. Montréal. 83 p.

De plus, **en raison de l'essor spectaculaire du commerce international et de la mondialisation, les impacts sur la nature dans un endroit donné sont souvent motivés par des choix, des exigences et des institutions dans des lieux distants. À l'inverse, les consommateurs ne subissent pas ou n'ont souvent même pas conscience des conséquences écologiques ou sociales de leurs choix.** Bien que les interactions environnementales et socio-économiques distantes (télécouplage) aient été accélérées par les humains depuis des millénaires, elles ont été exacerbées depuis les années 1970 : matériaux, informations, richesses, déchets, humains et autres organismes voyagent de plus en plus vite et de plus en plus loin.

Par exemple, le dépôt de microparticules depuis l'Afrique vers l'Amazonie et les Caraïbes se produit à des rythmes variables depuis des millions d'années, mais les modifications - par les activités humaines - de leur composition, de leur quantité et de leurs charges en polluants et pathogènes sont une explication possible du déclin mondial des récifs coralliens.

Un tiers des menaces qui pèsent sur les animaux et environ 40 % de l'extraction des ressources naturelles dans le monde sont liés au commerce international.

La déforestation illégale et non déclarée ainsi que la pêche non réglementée sont en grande partie commanditées par des entreprises internationales et des paradis fiscaux.

Ces enchevêtrements complexes entre les lieux, les choix et les acteurs sociaux peuvent sembler écrasants. Plutôt que de former un motif de paralysie pour les actions de protection de la biodiversité, **ils soulignent la nécessité de s'attaquer non seulement aux causes directes du déclin de la nature, mais aussi aux facteurs socio-économiques qui les alimentent. Ils illustrent pourquoi une réorganisation en profondeur des systèmes technologiques et sociologiques est bien plus nécessaire que des solutions partielles symptomatiques.** De plus, ils soulignent la nécessité d'examiner précisément dans quelle mesure les facteurs socio-économiques, les incitations, les institutions et les organismes sont intégrés dans la chaîne d'approvisionnement de biens et de services afin d'imaginer des solutions pérennes face à des problèmes concrets de biodiversité.

Conclusion

Cet article présente un état des lieux de quelques enjeux clés ou émergents dans le domaine de la biodiversité. Il n'y a jamais eu autant de prise de conscience du déclin mondial de biodiversité et de son importance pour le fonctionnement de la Terre et le bien-être de l'humanité. Même si la biodiversité reste un terme complexe, couvrant une large gamme de significations et de valeurs, il est nécessaire d'en connaître les enjeux pour parvenir à construire un avenir durable pour la biosphère dont nous sommes issus.



Les points clés présentés ci-après synthétisent les messages des auteurs de la publication.

Points clés :

- Depuis son origine dans les années 1980, le concept et l'utilisation du terme de biodiversité a évolué rapidement et a maintenant pris de nombreuses dimensions.
- La biodiversité a des valeurs multiples allant des valeurs intrinsèques aux valeurs instrumentales et relationnelles, qui diffèrent énormément en fonction des acteurs socio-économiques. Le choix de ces valeurs pour conduire une politique, faire des choix individuels ou collectifs, a une influence majeure sur les décisions pratiques relatives à la biodiversité.
- Environ 2 millions d'organismes vivants sont actuellement décrits, alors qu'il en existerait 10 millions sur Terre. En termes d'espèces, ce sont les animaux terrestres (surtout les arthropodes) qui présentent le plus de diversité, mais les systèmes marins et microbiens forment une diversité phylogénétique particulièrement riche et les plantes représentent, elles, la plus grande biomasse.
- Les humains ont altéré la biodiversité mondiale depuis la préhistoire à la fois de manière négative (par les extinctions de la mégafaune et de la faune des îles par exemple), mais aussi de manière positive (comme l'intendance des organismes et des écosystèmes, ou la création de nouveaux écosystèmes).
- La reconfiguration de la vie sur Terre par les humains, à tous les niveaux, des gènes aux biomes, est maintenant évidente. Le déclin de la biodiversité s'est intensifié au cours du temps pour atteindre un paroxysme aujourd'hui. Les taux actuels d'extinction sont bien supérieurs aux taux précédant l'ère humaine. L'étendue et l'intégrité des écosystèmes naturels, la spécificité fonctionnelle et phylogénétique des biotes, la taille des populations végétales et animales, et la diversité génétique intra-spécifique des organismes sauvages et domestiqués ont tous diminué.
- Les moteurs directs du déclin moderne de la biodiversité incluent les changements d'usage des terres et des mers, l'exploitation directe de certains organismes, le changement climatique, la pollution et les espèces exotiques envahissantes. À ce jour, le changement climatique est une cause relativement mineure du déclin de la biodiversité mais son impact est susceptible d'augmenter drastiquement au cours du siècle. Ces moteurs interagissent de manière complexe, parfois en atténuant leurs impacts relatifs, souvent en se renforçant mutuellement.
- Les moteurs indirects du déclin de la biodiversité augmentent aussi. En tête, viennent les effets des modes de consommation, les usages étant couplés à l'utilisation de ressources distantes et concentrés dans certains pays et groupes sociétaux. Les moteurs indirects affectent le taux et l'ampleur des moteurs directs déjà existants. Ils donnent naissance à de nouveaux moteurs directs, comme la pollution plastique.
- Agir sur ces moteurs nécessite de réorganiser de manière ambitieuse l'ensemble du système et de mettre la biodiversité au cœur des valeurs sociétales et économiques.



Défis à venir :

- Plusieurs moteurs émergents de la perte de biodiversité méritent une attention particulière. Entre autres, les pollutions plastique, sonores et lumineuse et l'exploitation des fonds marins.
- Il nous faut mieux connaître la biodiversité des écosystèmes créés par l'homogénéisation biotique et le changement climatique pour mieux contextualiser les compromis et les tensions entre la biodiversité spécifique locale (comme les espèces endémiques) et la biodiversité fonctionnelle (comme la résilience d'écosystèmes entiers).
- Les valeurs multiples de la biodiversité et les nombreuses personnes qui les lui assignent y compris les communautés indigènes et traditionnelles, doivent être mieux intégrées dans les cadres mondiaux de la biodiversité.
- Beaucoup de frontières de la biodiversité sont encore peu ou mal connues, comme les canopées forestières, les mutualistes ou parasites spécifiques à certaines espèces, les microbiotes ou encore les communautés microbiennes spécifiques aux fonds marins et aux sous-sols.
- Une compréhension plus fine de la façon dont les différentes composantes du tissu vivant interagissent est nécessaire, ainsi que les contributions aux différentes populations dans le monde.
- Il nous faut aussi mieux comprendre comment ancrer la biodiversité dans les valeurs sociales, dans l'agenda politique et dans la prise de décision pour permettre le changement systémique nécessaire pour endiguer son déclin.

synthèse Cécile Thiaucourt,
chargée de mission « animation et communication
scientifiques »

Louise Dupuis,
chargée de mission « changements
transformateurs »

relecture Hélène Soubelet,
directrice de la FRB

Aurélie Delavaud,
responsable du pôle
Science et communauté de recherche

Pauline Coulomb,
responsable du pôle
Communication et valorisation scientifique