



© iStock-mauribo

Résumé

■ De nombreux travaux scientifiques mettent en évidence des pertes de biodiversité considérables et très rapides. La question d'une sixième extinction des espèces est désormais posée.

■ Pourtant, malgré des données scientifiques de plus en plus nombreuses et fiables, on observe un scepticisme persistant dans l'opinion.

■ La recherche scientifique doit être encouragée pour faire comprendre l'origine humaine des pertes de biodiversité et leurs conséquences pour l'humanité.

M. Jérôme Bignon, Sénateur

■ La notion d'extinction

« Extinction massive » est une expression apparue en 1796 dont la paternité est attribuée au naturaliste français Georges Cuvier. Plus récemment, plusieurs scientifiques ont évoqué une « sixième crise d'extinction » : Paul et Anne Ehrlich dans un ouvrage intitulé *Extinction* daté de 1981 ou encore Paul S. Martin dans ses publications sur « the overkill hypothesis »^(*) en 1984, mais aussi Robert Barbault qui, en 2006, écrivait : « l'horizon est sombre et une sixième crise d'extinction une perspective certaine ». Cette expression vaudra en 2015 à la journaliste Élisabeth Kolbert le prix Pulitzer pour son ouvrage *La sixième extinction, comment l'homme détruit la vie*⁽¹⁾.

La notion d'« **extinction de masse** » désigne l'élimination d'une partie considérable des espèces du monde entier au cours d'un intervalle de temps géologiquement insignifiant » selon Anthony Hallam et Paul Wignall⁽²⁾. Ces crises qui se déroulent habituellement sur des centaines de milliers voire des millions d'années sont des **événements qui génèrent des pertes de biodiversité**.

La biodiversité constituée par la variété de tous les organismes vivants est appréciée à cinq niveaux – écosystèmes, espèces, populations, individus et gènes. C'est un vaste ensemble⁽³⁾ qui inclut les organismes vivants et les relations qu'ils établissent entre eux et avec l'environnement. Chaque crise d'extinction s'est traduite par la disparition de très nombreuses espèces, et a été suivie, plusieurs millions d'années plus tard, par l'apparition de nouvelles espèces encore plus nombreuses, illustration de la **résilience de la biodiversité**⁽⁴⁾.

^(*) L'hypothèse d'une extinction

Les cinq grandes crises d'extinction

La Terre a connu soixante crises d'extinction, dont cinq sont considérées comme massives. Ces crises sont celles qui sont intervenues depuis 600 millions d'années car les traces des précédentes crises sont difficiles à déceler. La plus ancienne, lors de l'Ordovicien-Silurien, est survenue il y a environ 445 millions d'années, entraînant la disparition de 86 % des espèces existantes, à la suite d'un refroidissement global entraînant l'entrée de la Terre dans une ère glaciaire. La deuxième crise d'extinction, celle du Dévonien, qui s'est déroulée il y a 380 à 360 millions d'années, a été générée par une anoxie des océans, un manque en dioxygène. La troisième et plus importante, la crise du Permien-Trias, s'est produite, il y a environ 250 millions d'années, éradiquant 96 % des espèces, après une série d'éruptions volcaniques ayant dégagé du gaz carbonique au sein de l'atmosphère provoquant un réchauffement global et une acidification des océans. La quatrième crise d'extinction, celle du Trias-Jurassique, a eu lieu il y a environ 200 millions d'années, exterminant les trois quarts des espèces vivantes, marines et terrestres. La régénérescence de la biodiversité à la suite de la quatrième crise a permis l'apparition des dinosaures, eux-mêmes disparus lors de la cinquième et dernière crise d'extinction, celle du Crétacé-Tertiaire. Survenue il y a 66 millions d'années, elle aurait été causée par la chute d'un astéroïde sur la péninsule du Yucatan au niveau du golfe du Mexique. Ces cinq extinctions massives sont toutes intervenues sur un laps de temps assez long, bien que négligeable à l'échelle des temps géologiques.

■ Effondrement de la biodiversité et temporalité

Toutes les espèces sont vouées à disparaître, mais la vitesse de l'érosion actuelle de la biodiversité est alarmante car elle est dix à cent fois plus rapide que celle constatée lors des époques géologiques antérieures⁽⁶⁾.

Cette **vitesse du changement, sans commune mesure avec le rythme naturel d'extinction, est inquiétante en raison des déséquilibres** qu'elle provoque sur les écosystèmes terrestres et marins, au sein de l'anthropocène.

La notion d'**anthropocène** a été introduite en 2002 par Paul Crutzen, météorologue et chimiste hollandais, prix Nobel de chimie en 1995. Elle désigne une **nouvelle époque géologique, dominée par l'homme, ses animaux domestiques et ses plantes cultivées**⁽⁶⁾. À la différence des périodes géologiques antérieures où les changements ont été induits par des catastrophes et événements naturels, l'homme, au cœur de l'anthropocène, est le principal moteur du changement actuel.

Connaître aussi précisément que possible la composition de la biodiversité est important pour mesurer l'ampleur de la crise. Chaque année, **16 à 18 000 espèces nouvelles** sont découvertes, mais, dans le même temps, **des espèces disparaissent avant même d'avoir été découvertes et donc décrites, nommées, référencées et classées**⁽⁷⁾.

Les océanographes et spécialistes du monde marin confirment une forte et inquiétante décroissance des effectifs d'organismes exploités (poissons, crustacés, mollusques) en milieu marin, ce qui ne constitue pourtant pas encore une extinction. Cette différence d'appréhension est due à la faible connaissance actuelle des stocks marins. À l'inverse, la biodiversité terrestre a fait l'objet de plus nombreuses études et les connaissances sont plus abondantes.

Actuellement, plus de 2 millions d'espèces sont décrites. Les scientifiques estiment que le nombre d'espèces vivantes se situe entre 10 et 20 millions.

On constate aujourd'hui un « **effondrement du nombre des individus dans les populations de très nombreuses espèces sauvages** »⁽⁸⁾. Il faut dissocier ce phénomène du concept d'« extinction massive »⁽⁹⁾, mais c'est une étape préliminaire. L'homme peut néanmoins agir pour contrer l'effondrement et ainsi éviter l'extinction massive. **L'effondrement peut être limité**, alors qu'une crise d'extinction, quand elle a eu lieu, est irréversible.

La perte de biodiversité ne doit pas être réduite à une diminution de la diversité des espèces : elle impacte aussi l'adaptation des communautés d'espèces aux environnements les plus variés⁽¹⁰⁾. Or, la vitesse du changement entraîne deux conséquences : les écosystèmes font d'abord face à

une **homogénéisation** (perte de nombreuses espèces spécialistes remplacées par quelques espèces généralistes qui sont les mêmes partout), phénomène qui conduit dans un deuxième temps à **diminuer fortement leur capacité de résilience**. Lorsqu'ils sont fragilisés, les écosystèmes perdent en complexité, en abondance et en diversité. Or, la force d'un écosystème se trouve dans sa composition : c'est la cohabitation d'un grand nombre d'individus et d'espèces, complémentaires qui **ne rendent pas les mêmes services écologiques**. Cette simplification des écosystèmes se manifeste donc par une diminution des espèces spécialisées, dont l'adaptabilité et la survie sont soumises à des conditions très strictes⁽¹¹⁾. Le phénomène du **blanchissement des coraux** en est une bonne illustration⁽¹²⁾.

■ Les outils et indicateurs scientifiques

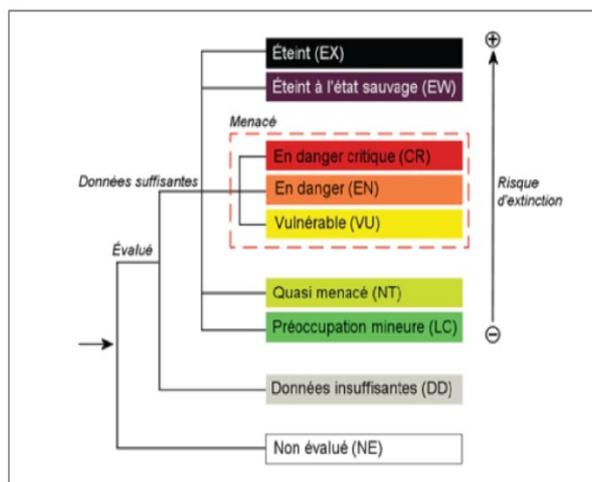
Le monde scientifique ne ménage pas ses efforts pour, à la fois, établir de façon solide la réalité de ces constatations et le sérieux de ces travaux, et les faire partager par le plus grand nombre.

Scientifiques, notamment biologistes et océanographes, se fondent sur des outils divers et nombreux pour constater l'effondrement du nombre d'individus des populations.

L'action principale de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), organisme composé de gouvernements et d'organisations de la société civile **est d'établir des listes rouges des espèces menacées**⁽¹³⁾, en identifiant les espèces concernées et en faisant des recommandations par catégorie⁽¹⁴⁾ au sein de cette liste. Pour la France, afin de recueillir des données fiables, le Comité français de l'UICN et le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) s'appuient sur une grille, applicable théoriquement à toutes les espèces, dont les critères objectifs comprennent les facteurs biologiques associés aux risques d'extinction, la taille de la population de l'espèce, son taux de déclin, la superficie de sa répartition géographique ou son degré de fragmentation⁽¹⁵⁾. Dans les faits, pour la majorité des espèces (invertébrés notamment, qui représentent plus de 95 % des espèces animales), la qualité des données disponibles sur la démographie, la dynamique des populations ou la répartition géographique est insuffisante pour pouvoir appliquer les critères. La liste n'est pas élaborée par une seule personne, car l'expertise est issue d'un groupe de spécialistes, en collaboration avec des experts et des associations. La décision de classer l'individu ou l'espèce dans telle ou telle catégorie est prise de façon collective et unanime. Déclarer une espèce éteinte est une décision lourde de conséquences car elle empêche *ipso facto* la mise en place d'actions de conservation.

Le Comité français de l'UICN et le MNHN ont élaboré pour la France des listes relatives aux mammifères, aux oiseaux, aux reptiles et amphibiens, aux crustacés d'eau douce ou encore aux libellules et papillons⁽¹⁶⁾. À ce jour, **le Comité français de l'UICN n'a évalué que 5 % des espèces de France, c'est-à-dire 93 500 espèces**

du territoire métropolitain et ultramarin. Il cherche désormais à étendre son champ d'action aux invertébrés, longtemps laissés de côté⁽¹⁷⁾.



La Liste Rouge de l'UICN est un outil fiable pour connaître le statut de conservation des espèces les plus connues, mais est très insuffisante pour la plus grande partie de la biodiversité : insectes, mollusques, champignons etc., qui constituent l'immense majorité des espèces vivantes.

Pour cette raison, diverses autres techniques ont été développées par des chercheurs pour connaître l'état de la biodiversité. Ainsi la **relation aires – espèces**⁽¹⁸⁾, suivant une méthode probabiliste, permet de **comptabiliser les pertes d'espèces en partant du principe que plus un territoire est grand, plus le nombre d'espèces qu'il abrite est important**.

Grâce à une relation mathématique, on peut calculer le nombre d'espèces amenées à disparaître lorsqu'on perd une surface donnée d'un écosystème, notamment en cas de déforestation. Mais cet outil n'est pertinent que sur des territoires de grande cohérence géographique⁽¹⁹⁾.

Une autre méthode, également probabiliste, permet de bâtir une **modélisation mathématique des probabilités d'extinction à partir des dates de collecte et d'observation des espèces**⁽²⁰⁾ en retenant trois paramètres : une *date de changement de vitesse globale du taux d'extinction* après laquelle les extinctions deviennent possibles et, pour chaque zone géographique, une *probabilité d'extinction par an* et une *probabilité de collecte de l'espèce lors des travaux sur le terrain*. Les résultats obtenus sont comparés aux informations fournies par des experts, consultés en amont et ayant une connaissance locale des faunes régionales ou des connaissances mondiales sur des groupes particuliers d'espèces. Les résultats de ces deux approches, testées sur un échantillon aléatoire de 200 espèces de mollusques terrestres du monde entier, sont remarquablement congruents.

Contrairement au taux de 0,04 % suggéré par la liste rouge de l'UICN, cette approche montre que, depuis le début des années 1980, près de 10 % de la faune terrestre serait éteinte.

La **science participative** est un autre outil, particulièrement utilisé par la Ligue pour la protection des oiseaux, Agir pour la biodiversité (LPO) et le Muséum national d'histoire naturelle pour récolter des données ensuite analysées par des scientifiques et comparées aux données des années précédentes. Les oiseaux sont particulièrement étudiés dans cette démarche car ils sont de bons indicateurs de perte de biodiversité, en raison de leur présence dans tous les milieux – forestier, urbain et rural – et de leur place au sommet de la chaîne alimentaire.

Le **STOC, programme de Suivi Temporel des populations d'Oiseaux Communs**, s'appuie sur les LPO locales et un réseau naturaliste. Mis en place en 1989 par le Centre de Recherche sur la Biologie des Populations d'Oiseaux du Muséum national d'histoire naturelle, il permet d'estimer les variations d'effectifs des oiseaux nicheurs les plus communs à moyen et long terme, tout en établissant des indicateurs plus complexes pour mesurer l'évolution des écosystèmes. Ces données sont recueillies par des naturalistes volontaires lors de sessions d'écoute. Ce programme a permis de mettre en évidence le dramatique déclin des oiseaux communs en France, et notamment en milieu agricole, avec une perte d'un tiers des effectifs depuis 2001.

Dernier né, en juillet 2017, le **portail naturaliste et interactif Faune-France a permis de récolter 70 millions de données en un an**, grâce à un large réseau de bénévoles qui s'appuie sur 80 000 inscrits dont 20 000 contribuent régulièrement. Le réseau Faune-France comprend les données du STOC, mais aussi des données opportunistes et des données de recherche. Le portail Faune-France recense l'espèce de l'oiseau, le lieu de comptage et l'heure. **Ces données exploitées à l'aide de l'intelligence artificielle permettent à Faune-France d'analyser les pertes de biodiversité et les modifications de comportements, comme l'impact du changement climatique sur les migrations des oiseaux**. Les indicateurs mis au point permettent de suivre l'avancée ou le retard de la date de migration, par rapport à la date considérée comme normale. Leur analyse met en évidence les changements et modifications de mode de vie des oiseaux.

L'intelligence artificielle est également au cœur **des travaux de la Fondation « Tara expéditions »**⁽²¹⁾ à la fois lors de la collecte mais également de l'analyse des données. Grâce à la goélette *Tara* aménagée pour recevoir des équipes et des matériaux scientifiques de pointe, ont été analysés 283 lieux différents de l'océan et 600 écosystèmes marins en transposant les techniques humaines de médecine génomique au monde océanique pour développer une « science de l'océan ». Une base de données massive, publique et gratuite a été constituée. Référence pour tous les scientifiques, elle a fait l'objet en deux ans de trois millions de requêtes. Analyser et modéliser ces données nécessite l'utilisation d'algorithmes de plus en plus sophistiqués.

■ Les causes des pertes de biodiversité

L'effondrement du nombre d'individus résulte d'une multitude de causes qui se combinent entre elles et impactent la biodiversité. Si elles font consensus au sein du monde scientifique, tous les chercheurs ne les citent pourtant pas dans le même ordre : ils sont néanmoins d'accord sur le fait que le changement climatique ne doit pas occulter les autres causes. Celles-ci font d'ailleurs l'objet actuellement d'une évaluation par l'IPBES⁽²²⁾.

Ces principales causes sont :

- La **destruction** et l'**artificialisation** des habitats et des milieux naturels⁽²³⁾ ;
- La **pollution** sous toutes ses formes (pesticides et effondrement des insectes ; lumineuse ; sonore agricole et maritime ; marine aux hydrocarbures) ;
- La **surexploitation** des **ressources naturelles** et la **surpêche**, lorsque le seuil de reproduction ou de renouvellement n'est pas respecté ;
- La **dissémination d'espèces invasives, volontaire ou involontaire**, particulièrement importante au sein des écosystèmes maritimes et dans les écosystèmes insulaires. En raison du défaut de présence de leurs prédateurs et de leurs parasites, ces espèces se multiplient bouleversant l'équilibre de l'écosystème⁽²⁴⁾ ;
- Le **réchauffement climatique**⁽²⁵⁾ ;
- La **croissance démographique**, elle-même liée à plusieurs autres facteurs⁽²⁶⁾.

■ Faits scientifiques et scepticisme

Le monde scientifique multiplie les efforts pour faire prendre conscience au grand public de ces pertes massives de biodiversité. **Les données sont de plus en plus nombreuses et fiables. Pourtant, on observe un fossé, une déconnexion entre la fiabilité de ces données et l'absence de réaction des décideurs comme de l'opinion** pour mettre fin à cet effondrement.

Ce **scepticisme a fait l'objet d'études très solides aux États-Unis**, mais malheureusement beaucoup moins en Europe, sur le fondement de la psychologie sociale, mais aussi par la combinaison d'approches sociologique et philosophique. Ces travaux de recherche sont complémentaires : les premiers expliquent le refus actuel de la population de reconnaître ces pertes de biodiversité, les seconds mettent en avant le manque de cohérence du discours écologiste, insuffisamment lié aux intérêts de la population.

C'est ainsi que **l'amnésie environnementale générationnelle**⁽²⁷⁾, théorisée par Peter Kahn en 2002, établit que la construction de l'identité environnementale se façonne au sein d'un cadre de référence, correspondant pour chaque individu à **une nature normale**. Ce carcan référentiel, bâti au cours de l'enfance, fait que chaque génération n'a pas les mêmes références. Il est tout simplement impossible d'avoir conscience de quelque chose que l'on n'a pas connu, ce qui conduit à protéger

seulement ce qui est connu : cette amnésie constitue une première cause.

La seconde serait **une dissonance cognitive**⁽²⁸⁾ **entre les croyances de l'individu et l'information scientifique, perçue comme trop violente**⁽²⁹⁾. L'individu, refusant de réajuster son équilibre cognitif, rejette l'information qui lui est donnée. Malgré une meilleure diffusion de l'information et les nombreuses publications scientifiques, l'importance des pertes de biodiversité aboutit à remettre en cause le comportement humain d'une manière telle que l'ignorance pure et simple des constats scientifiques est préférée.

Selon enfin d'autres études mêlant philosophie et sociologie, le scepticisme serait dû à la difficulté pour l'écologie d'appréhender les questions environnementales d'un point de vue politique. Ainsi, **plutôt que de mentionner la nature et la biodiversité, il serait préférable de parler de sol ou de territoire**⁽³⁰⁾. Ce changement de vocabulaire permettrait de faire apparaître les questions environnementales comme des questions d'avenir qui intéressent directement les citoyens. Les notions de territoire et de sol facilitent le lien entre les objectifs d'abondance ou de prospérité et les préoccupations environnementales. L'individu se sent alors directement concerné par les pertes de biodiversité et accepte de s'engager pour les éviter.

*

Tous les travaux scientifiques s'accordent désormais sur la crise d'extinction qui dépasse en rapidité les crises précédentes et qui a une origine humaine. La biodiversité est en train de s'effondrer, avec des conséquences pour l'humanité qui sont difficiles à prédire, mais qui affecteront des services indispensables à notre bien-être et à notre survie (service de pollinisation, régénération des sols, cycle de l'eau, loisirs, etc.).

Il est donc nécessaire de **bien comprendre les causes multiples** des phénomènes qui entraînent des pertes de biodiversité. Pour cela, il est indispensable de **développer l'approche psychologique et sociologique** de l'acceptation de ces pertes par les citoyens. Il faut enfin **continuer d'encourager la recherche scientifique** en n'oubliant pas la science participative. C'est sur cette triple base qu'il convient d'avancer dans la clarté et la précision des concepts : il ne faut pas tout mélanger.

Sites Internet de l'OPECST :

<http://www.assemblee-nationale.fr/commissions/opecest-index.asp>

<http://www.senat.fr/opecest/>

Références

- ¹ KOLBERT E., *La sixième extinction. Comment l'homme détruit la vie*. Paris : Vuibert, 2015, 349 pages.
- ² HALLAM R et WIGNALL R., *Mass extinctions and their Aftermath*, Oxford : Oxford University Press, 1997, 320 pages.
- ³ Au sein de la biodiversité, on trouve de façon non exhaustive, les champignons, les bactéries, les vertébrés, les invertébrés, mais aussi les humains et les protistes, organismes vivants unicellulaires. Concernant les protistes voir CARRADEC Q., PELLETIER E., DA SILVA C., ALBERTI A., SEELEUTHNER Y., BLANC-MATHIEU R., LIMA-MENDEZ G., ROCHA F., TIRICHINE L., LABADIE K., KIRILOVSKY A., BERTRAND A., ENGELEN S., MADOU M.-A., MÉHEUST R., POULAIN J., ROMAC S., RICHTER D.J., YOSHIKAWA G., DIMIER C., KANDELS-LEWIS S., PICHERAL M., SEARSON S., « A global ocean atlas of eukaryotic genes », *Nature communication*, 9 (373), 25 janvier 2018.
- ⁴ *Vocabulaire de l'environnement*, « Résilience », JORF n° 0087 du 12 avril 2009 page 6438 : « capacité [...] à résister et à survivre à des altérations ou à des perturbations affectant sa structure ou son fonctionnement, et à trouver à terme, un nouvel équilibre ».
- ⁵ DUMAS Ch. « La biodiversité végétale : une richesse à connaître et à protéger » in *La biodiversité*, Lettre de l'Académie des Sciences, n° 31, p. 10.
- ⁶ CAREY J., « Are we in the "Anthropocene" », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 113, n°15, 12 avril 2016, p. 3908–3909.
- ⁷ BŒUF G. (Préface), *#Sobériser. Innover pour un monde durable*, Paris : Presses des Mines, FNEP, 2018, p. 15 à 17.
BŒUF G. et LE BRAS H., « 10 milliards d'humains et alors ? », *Idées Le Monde*, 9 décembre 2017, p. 2-3.
BŒUF G. (DIR), *L'homme peut-il accepter ses limites ?*, Versailles : éditions Quae, 2017, 198 pages.
- ⁸ CEBALLOS G., EHRLICH P. R. et DIRZO R., « Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol 114, n° 30, 10 juillet 2017, p. 6089 à 6096.
- ⁹ SARTORI A. F., FONTAINE B. et OLIVIER G., « Anthropogenic Extinction of Pacific Land snails : A case Study of Rurutu, French Polynesia, with description of eight new species of Endodontids », April 2013.
- ¹⁰ Les écosystèmes ont notamment fait l'objet, par région, d'évaluations menées par des experts au sein de l'IPBES. L'IPBES, plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services éco-systémiques, instituée en avril 2012, est un organisme ouvert à tout membre des Nations-Unies dont la fonction première est dédiée à l'amélioration des liens entre connaissances et prise de décision, notamment par l'élaboration d'outils et de méthodes d'appui aux décisions qui prennent en considération toutes les connaissances scientifiques. Pour cela, l'IPBES s'appuie tant sur la recherche scientifique, la société civile et les gouvernements, que sur les acteurs locaux et autochtones.
Un programme de travail 2014 – 2018 a été élaboré avec quatre objectifs : Renforcer les capacités et les connaissances ; Faire des évaluations régionales et mondiales des zones Afrique, Amérique et Caraïbes, Asie-Pacifique et Europe et Asie centrale ; Élaborer des évaluations thématiques et méthodologiques ; Faire connaître et évaluer les activités.
- ¹¹ VAN DER PLAS et al., « Biotic homogenization can decrease landscape-scale forest multifunctionality », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 16 mars 2016.
BŒUF G., « La biodiversité, marine et continentale », *L'adaptation au changement climatique, une question de société*, Paris : CNRS éditions, 2017, p. 141-148.
- ¹² Le corail est un animal qui appartient au même embranchement que les méduses et les anémones. Il vit en symbiose avec des micro-algues unicellulaires appelées zooxanthelles. Grâce à ces dernières, les coraux sont dotés d'une couleur vive et y trouvent 90 à 95 % de l'énergie, sous forme de sucres lents, nécessaire à leur survie. En échange, les coraux apportent à ces micro-algues des nutriments et un abri. Sous l'effet d'un stress, tel que l'augmentation durable de la température de l'eau au-dessus de 31°C, les zooxanthelles sont expulsées, faisant perdre aux coraux cette couleur vive. Sans cette micro-algue, ils peuvent survivre deux à trois semaines, et si le réchauffement s'arrête, alors leur mortalité sera mineure. Ce blanchissement n'entraîne pas immédiatement leur mort car une régénérescence peut être constatée après une période de stress. Toutefois, ces changements thermiques modifient profondément la résilience du milieu et l'équilibre des récifs coralliens. Voir ADJEROUD M., CHANCERELLE Y. et LISON DE LOMA T. « Vulnérabilité et résilience des récifs face aux perturbations » in *Le courrier de la nature*, 2010 vol. 252, p. 20–25.
- ¹³ <http://www.iucnredlist.org/> page donnant accès à la liste rouge élaborée par l'UICN.

¹⁴ Avec le système de la Liste rouge de l'UICN, chaque espèce ou sous-espèce est classée dans l'une des onze catégories suivantes :

- Éteinte au niveau mondial (EX), Éteinte à l'état sauvage (EW) ou Disparue au niveau régional (RE),
- En danger critique (CR), En danger (EN) ou Vulnérable (VU) : regroupant les espèces menacées de disparition,
- Quasi menacée (NT): espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises,
- Préoccupation mineure (LC): espèce pour laquelle le risque de disparition est faible,
- Données insuffisantes (DD) : espèce pour laquelle l'évaluation n'a pas pu être réalisée faute de données suffisantes,
- Non applicable (NA) : espèce non soumise à évaluation car introduite dans la période récente (en général après 1500) ou présente dans la région considérée uniquement de manière occasionnelle ou marginale,
- Non évaluée (NE) : espèce n'ayant pas encore été confrontée aux critères de l'UICN.

¹⁵ Commission de sauvegarde des espèces de l'UICN, « Catégories et critères de la liste rouge de l'UICN », Version 3.1, deuxième édition, 2012, 40 pages.

¹⁶ <http://uicn.fr/wp-content/uploads/2018/07/resultats-synthetiques-liste-rouge-france.pdf> Tableau de synthèse des listes rouges élaborées au niveau national, en France, par le Comité français et le Muséum national d'histoire naturelle.

¹⁷ REGNIER C., ACHAZ G., LAMBERT A., COWIE R. H., BOUCHET P. et FONTAINE B., « Mass extinction in poorly known taxa », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 12, n° 25, 23 juin 2015, p. 7761–7766.

¹⁸ COWLISHAW G., « Predicting the Pattern of Decline of African Primate Diversity : an Extinction Debt from Historical Deforestation », *Conservation Biology*, 24 septembre 2008.

¹⁹ Il faut prendre en compte trois critères : la variation de la pente et de l'origine de la courbe, la variation de la définition et de l'évaluation de la déforestation ainsi que la variation de l'évaluation du nombre d'espèces sur Terre et dans les forêts tropicales. Bien que cet instrument repose sur une méthode probabiliste, les taux d'extinction calculés sont toujours 1 000 à 10 000 fois supérieurs au taux d'extinction naturel.

²⁰ REGNIER C., ACHAZ G., LAMBERT A., COWIE R. H., BOUCHET P. et FONTAINE B., « Mass extinction in poorly known taxa », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 12, n° 25, 23 juin 2015, p. 7761–7766.

²¹ VILLANI C. *Donner un sens à l'intelligence artificielle : pour une stratégie nationale et européenne*, Mission parlementaire confiée par le Premier ministre E. Philippe à Monsieur le Député C. Villani, mathématicien et député de l'Essonne, mars 2018, Paris : La Documentation Française, p. 126-127.

²² Deux causes notamment font l'objet d'une évaluation par un groupe d'experts de l'IPBES ; le premier groupe travaille sur le cadrage de l'évaluation de la dégradation et de la restauration des terres, le second sur l'évaluation des espèces exotiques envahissantes ; leurs conclusions sont attendues en 2019.

²³ STANTON R. L., MORRISSEY C. A. et CLARK R. G., « Analysis of trends and agricultural drivers of farmland bird declines in North America: A review », *Agriculture, Ecosystems and Environnement*, 254 (2018), p. 244 à 254.

²⁴ Administration Centrale des Terres australes et antarctiques françaises, « La stratégie globale de conservation du patrimoine naturel des TAAF ». Au sein des milieux océaniques, c'est généralement l'individu le plus résistant de l'espèce invasive qui survit aux trajets difficiles. Au sein des Terres australes et antarctiques françaises, les espèces invasives telles que le chat, les lapins ou encore les pissenlits provoquent une augmentation de l'érosion de la biodiversité et un déséquilibre des écosystèmes.

²⁵ STEFFEN W., ROCKSTRÖM J., RICHARDSON K., LENTON T. M., FOLKE C., LIVERMAN D., SUMMERHAYES C. P., BARNOSKY A. D., CORNELL S. E., CRUCIFIX M., DONGES J. F., FETZER I., LADE S. J., SCHEFFER M., WINKELMANN M., AND SCHELLNHUBER H. J., « Trajectories of the Earth system in the Anthropocène », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 0027-8424, 1^{er} août 2018.

Les zones minimum d'oxygène – ZOM – sont caractérisées par une faible teneur en oxygène et sont situées dans les régions tropicales, dans le Pacifique-Est et dans le Nord de l'Océan Indien. Au sein de l'océan, l'oxygène est contenu dans les eaux les plus froides et non les plus chaudes. Or, le réchauffement climatique modifie la pénétration de l'oxygène dans les eaux profondes océaniques. En effet, la pénétration est ralentie et la superficie de la zone de mélange entre les eaux profondes et les eaux de surface est réduite. Il y a alors un appauvrissement des zones intermédiaires car les zones de mélange et de brassage voient leur superficie diminuée, créant des zones minimum d'oxygène. Le réchauffement des eaux de surface a donc pour conséquence immédiate d'empêcher l'oxygène d'atteindre les profondeurs de l'océan. Par ailleurs, en profondeur, la consommation d'oxygène par la respiration des organismes et la décomposition de la matière organique n'est pas compensée par la photosynthèse, ce qui aggrave l'appauvrissement en oxygène des eaux intermédiaires et profondes. La photosynthèse est la capacité qu'ont les végétaux de consommer le gaz carbonique de l'air et d'en assimiler les composés carbonés en libérant de l'oxygène. Or, la photosynthèse demande de l'énergie lumineuse, et donc ne peut s'effectuer que dans les eaux de surface.

²⁶ O'NEIL B. C., DALTON M., FUCHS R., JIANG L., PACHAURI S., and ZIGOVA K., « Global demographic trends and future carbon emissions », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol 107, n° 41, 12 octobre 2010, p. 17521–17526.

BŒUF G. et LE BRAS H., « 10 milliards d'humains et alors ? », *Idées Le Monde*, 9 décembre 2017, p. 2-3.

GUILLOU M. et MATHERON G., *Neuf milliards d'hommes à nourrir. Un défi pour demain*, Paris : François BOURIN, 2011, 420 pages.

²⁷ KAHN, P.H. 2002. Children's affiliations with nature: structure, development, and the problem of environmental generational amnesia. In P. H. Kahn & S. R. Kellert (Eds.), *Children and nature: psychological, sociocultural, and evolutionary investigations*, pp. 93–116. MIT Press.

²⁸ La théorie de la dissonance cognitive conçue par Léon Festinger en 1957 permet d'analyser les relations que peuvent entretenir entre elles les cognitions, « tout élément de connaissance, opinion ou croyance sur l'environnement, sur soi-même ou sur son propre comportement ». Ces éléments peuvent entretenir trois relations : être en dissonance, en consonance ou être sans impact, c'est-à-dire neutre. La théorie de la dissonance cognitive s'appuie sur le fait que chaque individu est à la recherche d'un équilibre cognitif. Ainsi à chaque réception d'une cognition, l'individu tente de réajuster son équilibre cognitif pour réduire la dissonance, le plus souvent par un changement d'attitude post-comportemental.

²⁹ PRÉVOT A.-C et FLEURY C., *L'exigence de la réconciliation : biodiversité et société*, Paris : Fayard : Muséum National d'Histoire Naturelle, 2012, 471 pages.

PRÉVOT A.-C et FLEURY C., *Le souci de la nature : apprendre, inventer, gouverner*, Paris : CNRS éditions, 2017, 377 pages.

³⁰ LATOUR B., *Où atterrir ? : Comment s'orienter en politique*, Paris : La Découverte, 2017, 155 pages.

Experts consultés

M. Gilles BŒUF, biologiste, ancien président du Muséum national d'histoire naturelle et président du Conseil scientifique de l'Agence française pour la biodiversité ;

M. Laurent COUZI, responsable du service connaissance de la Ligue pour la protection des oiseaux ;

M. Benoît FONTAINE, ingénieur de recherche au Centre d'écologie et des sciences de la conservation au Muséum national d'histoire naturelle ;

M. Frédéric JIGUET, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, directeur du Centre de recherches sur la biologie des populations d'oiseaux (CRBPO), coordinateur national du programme de science citoyenne Suivi temporel des oiseaux communs (STOC) ;

Mme Pascale JOANNOT, océanographe, chargée de conservation au Muséum national d'histoire naturelle ;

M. Bruno LATOUR, philosophe, anthropologue et sociologue, professeur émérite associé au Médialab de Sciences-Po Paris ;

M. Cédric MARTEAU, directeur de l'environnement et directeur de la Réserve naturelle nationale des Terres australes et antarctiques françaises ;

M. Serge PLANES, chercheur au CNRS, directeur IRCP-Institut des récifs coralliens du Pacifique (EPHE) responsable du pôle Environnement de l'Université Paris Sciences et Lettres ;

Mme Anne-Caroline PRÉVOT, directrice de recherche au CNRS au Centre d'écologie et des sciences de la conservation au Muséum national d'histoire naturelle ;

M. Gilles RAYÉ, professeur agrégé de sciences naturelles, chargé de mission biodiversité, forêt et sols au Commissariat général au développement durable, ministère de la Transition écologique et solidaire ;

M. Romain TROUBLÉ, directeur général de la Fondation Tara expédition ;

M. Yves VERILHAC, directeur général de la Ligue pour la protection des oiseaux.