

LES THEMES DE SCIENCE-CLIMAT-ENERGIE

SCE a vu le jour en juin 2018 sous l'impulsion de plusieurs professeurs d'universités européennes. Plus de 250 articles ont été publiés après examen par un Comité Editorial. Les articles sont repris dans une liste des auteurs ([ici](#)) et permettent un dialogue entre lecteurs et auteurs ou lecteurs entre eux, à travers une rubrique 'commentaires' dont les règles ont été fixées ([ici](#)).

Au terme de ces 5 ans, nous avons décidé de regrouper les articles sous forme de .pdf reprenant chaque fois un thème précis. Cela permet de disposer pour tout lecteur d'un document complet sur un sujet précis, plutôt que de devoir aller chercher les articles un à un sur une période de près de 5 ans. Une sélection des articles les plus représentatifs a été opérée afin de couvrir au mieux chaque thème.

Nous publierons au fur et à mesure ces documents reprenant les articles spécifiques.

Le présent document intitulé **La biologie et le climat** reprend des articles sélectionnés couvrant la période mars 2018 à août 2022.

Nous espérons que ces documents seront utiles et diffusés à grande échelle.

LA BIOLOGIE ET LE CLIMAT

1. L'Histoire Naturelle est chaotique, la biodiversité aussi ..., A. Prétat, p.2-6
2. Réflexions sur les ours polaires, P. Berth, p.6-9
3. Réflexions sur les coraux, P. Berth, p.9-11
4. Biodiversité, le vrai, le faux et l'incertain, P. Berth, p.11-14
5. La biomasse globale : de larges incertitudes, également sur le cycle du carbone, P. Berth, p.14-20
6. « Le changement global » ne cause pas de disparitions d'espèces, P. Berth, p.20-23
7. Des coraux qui s'adaptent aux températures plus élevées, P. Berth, p.24-29
8. Les coraux blanchissent depuis longtemps, P. Berth, p.29-34
9. La Grande Barrière de Corail en 2022, P. Berth et A. Prétat, p.34-41



1. L'Histoire Naturelle est chaotique, la biodiversité aussi ...

Mis en ligne SCE : 24.03.2018

S'il l'on procédait à 'une remise à zéro totale' des processus ayant affecté l'évolution de notre planète, il est fort à parier qu'aujourd'hui, c'est-à-dire 4,567 milliards d'années après la formation de la Terre, la Vie serait bien différente avec une chimie (ADN ou autre combinaison chimique) et biologie (autres plans d'anatomie, autres crises, autre biodiversité) que l'on a difficile à imaginer. La Vie aurait influencé différemment la composition de notre atmosphère (c'est par exemple elle qui est à l'origine de notre oxygène) en même temps que l'atmosphère régule la Vie. Pourrait-on le prévoir ?

1.1 Une quantification impossible

S'il l'on procédait à un 'une remise à zéro totale' des processus ayant affecté l'évolution de notre planète, il est fort à parier qu'aujourd'hui, c'est-à-dire 4,567 milliards d'années après la formation de la Terre[1], la Vie serait bien différente avec une chimie (ADN ou autre combinaison chimique) et biologie (autres plans d'anatomie, autres crises, autre biodiversité) que l'on a difficile à imaginer. La Vie aurait influencé différemment la composition de notre atmosphère (c'est par exemple elle qui est à l'origine de notre oxygène[2]) en même temps que l'atmosphère régule la Vie. Pourrait-on le prévoir ?

Non, tout simplement parce qu'on arrive à peine à expliquer et même à quantifier la biodiversité actuelle[3], résultat d'un long passé géologique, vu le nombre de processus jouant sur un nombre infini d'échelles spatio-temporelles. De plus lors de l'analyse des archives terrestres, la durée du temps écoulé est handicapée par une résolution temporelle beaucoup trop faible (on 'voit' rarement en-dessous de 50 000 à 100 000 ans !) ... et les découvertes sont aléatoires car liées aux processus de fossilisation presque toujours très incomplets.

Prenons comme exemple le milieu continental : un os à une chance sur un milliard[4] d'être fossilisé, un squelette humain renferme 206 os et la population américaine est de l'ordre de 300 millions d'habitants, en cas de disparition de cette population seuls 50 os soit au total ¼ de squelette sera fossilisé, il restera à espérer trouver ces 50 os quelque part enfouis sous la surface des Etats-Unis, soit sur 9,6 millions de km². Dans les domaines continentaux et marins, la plupart des organismes ne se fossilisent pas (absence de structures 'squelettiques'). On estime que pour une espèce fossile marine identifiée, entre 120 000 et 1 500 000 espèces n'ont pas été fossilisées et resteront à jamais inconnues, ce rapport serait encore plus élevé dans le cas du domaine continental qui contrairement aux idées reçues, renferme plus d'organismes que ceux du domaine marin.

Le nombre d'espèces estimées aujourd'hui varie de 7,4 millions à... près de 1000 milliards![5] Celui des espèces de fossiles est estimé à plus de 250 000, la plupart marines en raison des conditions de fossilisation 'meilleures' par rapport au domaine continental.

1.2 Un parcours évolutif chaotique allant de crises en crises

Nous avons néanmoins compris que la distribution actuelle des organismes et donc leur biodiversité est le résultat de la succession d'au moins 5 crises majeures qui ont éliminé à l'aveugle des taxons et

permis la radiation d'autres. Ces 5 crises sont les plus visibles, elles sont entrecoupées de très nombreuses crises d'apparence mineures se déroulant également à l'aveugle. Tout cela ne concerne que le Phanérozoïque[6], aucun bilan sérieux des 88% de l'histoire de la Terre (le Précambrien) n'est connu, et pour cause durant cette période, le monde microbien était prédominant. Il n'est d'ailleurs toujours pas quantifié pour l'époque actuelle...

Rappelons brièvement la succession des 5 crises majeures qui traduisent des épisodes d'extinction en masse[7] :

1. fin de l'Ordovicien (444 Ma = 'millions d'années') avec 85% des espèces marines qui disparaissent suite à une glaciation et une anoxie des eaux,
2. fin du Dévonien à la limite Frasnien/Famennien (372 Ma) avec 75% des espèces marines qui disparaissent suite à une succession rapide réchauffement/refroidissement associée à deux événements anoxiques et la mise en place de grands épanchements volcaniques en Russie,
3. limite Permien/Trias (252 Ma, avec déjà un épisode vers 260 Ma au Permien moyen/supérieur) avec plus de 90% des espèces marines qui disparaissent suite à un intense réchauffement (augmentation de 10°C, donnant des températures atmosphériques de 50 à 60°C pendant 5 millions d'années, avec des températures des eaux océaniques de surface de 40°C) associé à un volcanisme intensif (en Asie – Sibérie, Chine, Inde),
4. limite Trias/Jurassique (201 Ma) avec 75% des espèces marines et 95% des 'plantes à feuilles' qui disparaissent en Europe du Nord suite à des impacts météoritiques et au volcanisme accompagnant la fragmentation du supercontinent Pangée et
5. limite Crétacé-Tertiaire (66 Ma) avec 76% des espèces marines qui disparaissent suite à la chute d'une météorite (cratère de Chicxulub, Mexique), à un volcanisme intense (trapps du Dekkan en Inde) et à une baisse importante et globale du niveau des océans.

Ce rapide survol des 5 extinctions majeures ne doit pas cacher que ces crises sont loin d'être instantanées, qu'elles sont multifactorielles et que de nombreuses causes nous échappent. Leurs effets sont dévastateurs pour les organismes et ces extinctions de masse représentent de profondes ruptures dans la biodiversité. Néanmoins elles font partie intégrante de l'évolution de la biodiversité et ont également servi à jalonner l'échelle des temps géologiques.



Trilobites du Cambrien de l'Anti-Atlas marocain.

Les Trilobites disparaîtront à la fin du Paléozoïque. Photo A.Préat, 2010.



Orthocères du Dévonien Moyen de l'Anti-Atlas marocain. Les Orthocères disparaîtront à la fin du Paléozoïque. Photo A. Préat, 2010.

1.3 Une période charnière : la transition Précambrien-Cambrien

Cette succession de crises majeures et 'mineures' (ces dernières bien plus abondantes que les premières) rebat à chaque fois les cartes de la biodiversité, puisqu'un seul petit nombre de lignées survit de manière aléatoire et elles subissent ensuite une différenciation.

Dans ce contexte trois périodes ('fossiles de Doushantuo', 'faune d'Ediacara', 'Schistes de Burgess') avec gradient croissant de complexification de la biodiversité ont lieu à la transition Précambrien-Cambrien. La plus récente est la révolution inégalée du Cambrien inférieur/moyen (505 Ma) avec la découverte en 1909 de la faune de Burgess dans les Rocheuses canadiennes, cette faune s'apparente le plus à celle de notre monde moderne. Il s'agit bien d'une révolution puisqu'à cette période il y avait plus de plans anatomiques qu'aujourd'hui ou qu'au cours des périodes ultérieures qui ont vu la Vie se rediversifier tout en conservant uniquement une partie des plans d'organisation du Cambrien. En remontant dans le temps, il semble bien qu'à fin du Néoprotérozoïque (fin du Précambrien), la vie multicellulaire avait connu sa diversité maximale avec la faune d'Ediacara (d'environ 585 à 541 Ma) découverte en 1872 au sud de l'Australie et dont l'interprétation reste difficile. La plupart des fossiles de cette faune sont morphologiquement distincts (disques, tubes, sacs...) des formes de vie ultérieures et pourraient représenter une forme de vie éteinte liée à une expérience manquée de la vie multicellulaire qui aurait débuté plus tôt (à partir de 600 Ma) comme le suggèrent aussi les fossiles de Doushantuo, encore plus anciens, découverts en 1984 dans le Sud-Ouest de la Chine, faisant suite à la glaciation marinoenne datée à 635 Ma (hypothèse de la Terre englacée[8]).



Séries frasniennes-famenniennes (Dévonien Supérieur) de l'Anti-Atlas marocain. De très nombreux groupes d'organismes disparaîtront à la fin du Paléozoïque. Photo A. Prétat (2010)

1.4 En conclusion il n'y a pas de schéma directeur, mais plutôt une évolution chaotique

Ainsi la vie n'évolue pas de manière linéaire, selon la sélection naturelle, du plus simple au plus complexe... mais de manière imprévisible, chaotique en réponse aux modifications de l'environnement sélectionnant les génomes les plus aptes au sens darwinien. Pour Gould (1991), paléontologue américain de renommée mondiale, « *l'évolution de la vie à la surface de la planète est conforme au modèle du buisson touffu doté d'innombrables branches, et continuellement élagué par le sinistre sécateur de l'extinction. Elle ne peut pas du tout être représentée par l'échelle du progrès. Changez faiblement les événements initiaux (...) et l'évolution se déroulera selon une direction différente[9]* ». Il est quasi assuré que nous ne connaissons jamais les paramètres initiaux, ni aujourd'hui et encore moins dans le passé géologique.

Notes

1. Pour l'échelle chronostratigraphique internationale se reporter à [Déterminer l'âge de la Terre : une bien longue quête](#)
2. [L'oxygène : un poison pendant plusieurs milliards d'années...](#)
3. [Mysteries of Fossilization](#) et [Why Don't We Find More Human Fossils?](#)
4. [PLOS Biology](#)
5. [Combien y-a-t-il d'espèces sur Terre ? Une estimation vertigineuse !](#)
6. [Déterminer l'âge de la Terre : une bien longue quête](#)
7. De Wever et B. David 2105. La biodiversité de crise en crise. Albin Michel
8. [Snowball Earth](#)
9. S. Gould 1991. La vie est belle. Les surprises de l'évolution. Seuil.

2. Réflexions sur les ours polaires

Mis en ligne SCE : 16.06.2018

Les ours polaires (*Ursus maritimus*) sont souvent utilisés dans le débat concernant le réchauffement climatique qui serait provoqué par l'homme. Selon les écologistes et les partisans du GIEC ils sont en grand danger. Mais n'est-ce pas aller un peu vite?

Il y a bel et bien un léger réchauffement des basses couches de l'atmosphère de la planète (entre 0.5 et 1.0°C en 100 ans [1]), cependant :

– On estime que la population mondiale actuelle d'ours blancs compterait de 20 000 à 25 000 individus aujourd'hui [2]. L'ours blanc ne consiste pas en une seule petite population sauvage, son aire de répartition n'est pas restreinte et aucun déclin marqué de la population n'a été observé. Par comparaison, il n'y avait plus que 5000 individus en 1945 en raison de la chasse, près de 4 à 5 fois moins qu'aujourd'hui. L'ours blanc n'est donc pas en voie d'extinction, comme l'a notamment confirmé une étude récente (2016) menée par l'équipe d'un spécialiste canadien des ours polaires (Mitchell Taylor) qui a montré que sur les 13 populations canadiennes d'ours blanc, seule une seule est en déclin [3].

– Les plus anciens fossiles d'ours polaire datent du début de la période glaciaire Würm [4] (il y a 110 000-130 000 ans). **L'espèce n'a donc pas été éliminée lors de l'Optimum Climatique de l'Holocène (OCH), période au cours de laquelle le pôle Nord était presque dépourvu de glace en été.** En effet, les ours polaires se réfugient sur les terres lorsqu'il n'y a plus de glace! En analysant l'ADN il semblerait même que l'ours polaire soit bien plus ancien, vieux d'au moins 1.2 millions d'années (Ma) ou 2 à 3 Ma, et même 4 à 5 Ma (Cronin & Cronin 2015). Les ours polaires auraient donc (sur)vécu à de nombreuses périodes interglaciaires dont celle de l'Eemien, avec des températures moyennes annuelles des latitudes nordiques de 4°C plus chaudes par rapport à l'interglaciaire actuel (Holocène) [5]. A cette époque, certaines zones nordiques atteignaient même des températures bien plus élevées de 7.5°C par rapport à la température moyenne du dernier millier d'années, et ce pour la même zone [6]. Ceci nous montre que **les ours polaires s'adaptent parfaitement au manque de glace**, voire à son absence totale. Pour s'en convaincre il suffit d'observer les ours polaires dans les parcs zoologiques en Europe, parcs ne comportant pas de glace (par exemple le zoo de La Flèche dans le département de la Sarthe, en France), mais surtout les populations actuelles de l'archipel arctique canadien, où s'observe la majorité des ours polaires du Canada [7] : **sur les 13 populations d'ours de cette zone, 5 vivent dans des endroits complètement dépourvus de glace à la fin de l'été [8].** N'est-ce pas une preuve ultime de la résistance des ours au manque de glace?

– Les écologistes disent souvent que s’il n’y a plus assez de glace et que les ours polaires ne pourront plus se nourrir. En effet, deux espèces de phoques constituent l’essentiel du régime de l’ours blanc: *Phoca hispida* (le phoque annelé ou phoque marbré), d’un poids moyen de 68 kg, l’espèce la plus nombreuse en Arctique et formant sa proie principale, et *Erignathus barbatus* (le phoque barbu), pouvant dépasser 400 kg. Aucune de ces deux espèces de phoque ne peut se développer en l’absence de banquise, ce qui semble donc limiter l’aire de chasse de l’ours blanc. Mais **l’ours blanc est opportuniste** et possède de nombreuses autres proies! Et ceci, on ne vous le dit jamais... Ainsi, d’autres proies communes de l’ours blanc sont le morse (*Odobenus rosmarus*), le béluga (*Delphinapterus leucas*) et les poissons. La femelle ourse peut jeûner près de huit mois avant de mettre bas ses petits, habituellement deux oursons pesant moins de 0.9 kg [9]. Elle retourne ensuite rapidement sur la banquise pour chasser le phoque, sa nourriture favorite, ou attraper du poisson. Pour déterminer le régime alimentaire d’un ours on peut l’endormir et prélever un échantillon de graisse au niveau de sa croupe. Chacune de ses proies possède une combinaison très spécifique d’acides gras. En les analysant il est facile de déterminer ce que l’ours a consommé. C’est en utilisant cette méthode que l’on a établi que le phoque annelé représente 70% de la diète des ours blancs dans la Baie Hudson [10]. Le reste de la diète sont des phoques barbues, des phoques communs (*Phoca vitulina*) qui évitent la glace, des phoques à selle (*Pagophilus groenlandicus*) ainsi que des bélugas qui migrent dans la baie lorsqu’il n’y a plus de glace. Ailleurs, les ours blancs du détroit de Lancaster consomment autant de bélugas que de phoques annelés. En automne, les bélugas se font fréquemment prendre au piège lorsque la glace se reforme rapidement; en été, de nombreux bélugas chassant le poisson dans des zones peu profondes s’échouent lorsque la marée descend et l’ours blanc peut donc facilement les attraper. Dans le Sud de la Mer de Beaufort, les phoques annelés représentent 15 à 70% de la nourriture des ours blancs, alors que la baleine boréale (*Balaena mysticetus*) contribue pour 2 à 52% et les bélugas de 1 à 33%, avec des pourcentages variant grandement entre les individus [11]. **Le nombre de proies de l’ours blanc est tellement varié qu’il n’est pas étonnant que l’ours blanc ait survécu tout au long de l’Holocène** (approximativement les derniers 10 000 ans), période ayant comporté de nombreux moments pendant lesquels la glace avait quasi disparu comme durant l’Optimum Climatique de l’Holocène cité au début de cet article [12]. **Il est donc faux de dire que l’ours blanc disparaîtra s’il n’y a plus de glace au pôle Nord.**

– Malgré toutes les évidences concernant la résistance des ours polaires au manque de glace, le GIEC, les médias, les écologistes et certains scientifiques continuent leur désinformation. Un article récent publié fin novembre 2017 par des chercheurs hollandais associés à deux spécialistes des ours polaires (Steven C. Amstrup et Ian Stirling) ainsi que Michael Mann (alarmiste et père de la tristement célèbre « courbe en crosse de hockey ») semble même confirmer la vision alarmiste du GIEC [13]. Cependant, en lisant attentivement l’article, on se rend assez vite compte qu’il ne s’agit que de propagande. En effet, l’article ne présente aucune donnée de terrain et ne fait que dénombrer – des blogs parlant des ours polaires sur internet...

– La dramatisation par l’image est une technique bien connue des propagandistes. De nombreuses photos d’ours polaires isolés sur des glaçons flottants circulent. Le magazine « Science » a ainsi été pris la main dans le sac après avoir diffusé la photo d’un ours polaire isolé sur un morceau de glace à la dérive, faisant ainsi croire à l’urgence climatique [14](voir figures ci-dessous). Il s’agissait d’un montage réalisé avec Photoshop. Le magazine l’a reconnu et s’est même excusé [15].



Article originellement publié dans « [Les contre-vérités biologiques](#) », [Arguments — Revue européenne de science](#), vol. 3, n°1, hiver 2018.

Références

[1] Seneviratne et al. 2018. *Nature* 558:41–49.

[2] Environnement Canada : <https://www.ec.gc.ca>

[3] York Y, Dowsley M, Cornwell A, Kuc M, Taylor M (2016) Demographic and traditional knowledge perspectives on the current status of Canadian polar bear subpopulations. *Ecology and Evolution* 6:2897–2924.

[4] Cronin TM, Cronin MA (2015) Biological response to climate change in the Arctic ocean: the view from the past. *Arktos* 1:4 doi 10.1007/s41063-015-0019-3.

[5] Müller, UC (2009) Eemian (Sangamonian) Interglacial. Pp. 302–307. *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*. Springer, Netherlands.

[6] Dahl-Jensen, D., M. R. Albert, A. Aldahan, N. Azuma, D. Balslev-Clausen, M. Baumgartner, et al. (2013) Eemian interglacial reconstructed from a Greenland folded ice core. *Nature* 493:489–494.

[7] Obbard, M. E., G. W. Thiemann, E. Peacock, and T. D. DeBruyn. (2010) *Polar Bears: Proceedings of the 15th Working Meeting of the IUCN/SSC Polar Bear Specialist Group, 29 June-3 July 2009, Copenhagen, Denmark*, vii +235 pp.

[8] Lunn, N. J., S. Schliebe, and E. W. Born. (2002) *Proceedings of the 13th Working Meeting of the IUCN/SSC Polar Bear Specialist Group, 23–28 June 2001, Nuuk, Greenland*, vii +155 pp.; Aars, J., N. J. Lunn, and A. E. Derocher (2006) *Polar Bears: Proceedings of the 14th Working Meeting of the IUCN/SSC Polar Bear Specialist Group, 20–24 June 2005, Seattle, Washington, USA*, v + 191 pp.; Obbard et al. 2010 (op cit).

[9] Rosing, Norbert (1996). *The World of the Polar Bear*. Willowdale, ON: Firefly Books Ltd.

[10] Steele J (2013) *Landscapes & Cycles*. 331 pp.

[11] Thiemann et al. (2011) *Oikos* 120: 1469–1478; Thiemann et al. (2008) *Ecol Monogr* 78:591–613; Cherry et al. (2011) *J Appl Ecol* 48:373–381; Bentzen et al. (2007) *Can J Zool* 85:596–608.

[12] Ovsyanikov & Menyushina (2008) *Marine Mammals of the Holarctic*. Odessa, pp. 407–412.

[13] Harvey JA et al. (2017) Internet Blogs, Polar Bears, and Climate-Change Denial by Proxy. *BioScience*, bix133, <https://doi.org/10.1093/biosci/bix133>.

[14] Marko I et al. (2013) *Climat: 15 vérités qui dérangent*. Texquis, Bruxelles, Belgique. 270 pp.

[15] <http://science.sciencemag.org/content/suppl/2010/05/09/328.5979.689.DC2>

3. Réflexions sur les coraux

Mis en ligne SCE : 09.07.2018

Les coraux sont beaucoup utilisés dans le débat actuel concernant le réchauffement et l'augmentation du CO₂ atmosphérique. En gros, il est dit que les coraux sont en danger face au réchauffement climatique rapide qui serait provoqué par l'homme émettant du CO₂. Le réchauffement et/ou « l'acidité » de l'eau de mer seraient responsables du blanchiment des coraux, et lorsque les coraux blanchissent ils finissent par mourir. Comment ne pas le croire puisque les médias en parlent sans cesse ainsi que certains articles publiés dans Science[1].

Notons d'abord que les coraux durs (ou Scléactiniaires) élaborent un squelette de carbonate de calcium et sont apparus au Trias moyen il y a 240 millions d'années[2]. Les premiers récifs coralliens semblables à ceux d'aujourd'hui sont apparus 25 millions d'années plus tard, au Trias supérieur, probablement suite à la formation d'une symbiose avec des algues symbiotiques[3]. Nous trouvons bien entendu des coraux durs bâtisseurs de récifs coralliens aujourd'hui. Cela ne voudrait-il pas dire que ces organismes sont particulièrement résistants aux changements globaux? En effet, le groupe n'a pas été éliminé par les nombreuses périodes de l'histoire où il faisait plus chaud ou plus froid qu'aujourd'hui, et où la concentration en CO₂ de l'atmosphère était plus grande ou plus petite qu'aujourd'hui. De nombreux organismes ont été rayés de la surface de la Terre (comme les dinosaures), mais pas les coraux durs! Le groupe a même survécu à la collision d'un astéroïde de près de 10 kilomètres de diamètre à la fin du Crétacé, astéroïde ayant éliminé 75% des espèces[4].

Penchons-nous maintenant sur le phénomène du blanchiment des coraux durs. Les coraux peuvent en effet devenir blancs et mourir s'ils expulsent leurs algues symbiotiques. Ces algues symbiotiques sont des organismes unicellulaires appelés zooxanthelles. Les zooxanthelles réalisent la photosynthèse en utilisant la lumière solaire et le CO₂ dissous dans l'eau de mer. Ce sont donc les zooxanthelles qui nourrissent les coraux durs. Tout ce dont ces coraux ont besoin c'est d'un peu de CO₂ dissous, de lumière, et bien entendu de zooxanthelles. Pas étonnant qu'ils meurent si les zooxanthelles sont expulsées... du moins, c'est l'image qui est véhiculée. Ce que les médias ne disent jamais c'est qu'une ancienne théorie scientifique à propos du blanchiment des coraux vient d'être confirmée. Cette théorie explique que le blanchiment des coraux est un phénomène d'adaptation aux conditions environnementales fluctuantes. C'est **la théorie du « blanchiment adaptatif »**, proposée dès 1993 par Buddemeier et Fautin[5]. La théorie est très simple : lors d'un stress (température inadaptée, lumière trop intense, attaque virale, attaque bactérienne, etc.), les coraux expulsent leurs zooxanthelles pour en acquérir de nouvelles, mieux adaptées au nouvel environnement. La plupart des polypes du corail meurent, mais certains survivent car ils sont capables d'acquérir de nouveaux symbiotes plus résistants. Quelques mois, voire quelques années après le blanchiment, le corail a complètement récupéré. La théorie du blanchiment adaptatif a été très récemment confirmée par une étude génétique réalisée en 2016 (voir ci-dessous). Ces études n'ont été possibles que par les progrès récents des techniques de séquençage massif de l'ADN. Les coraux durs ne peuvent donc plus être vus comme des organismes qui s'adaptent lentement par le simple processus de mutation génétique. Ils peuvent s'adapter beaucoup plus rapidement en changeant de type de zooxanthelle et s'adapter à toutes sortes de conditions environnementales.

L'étude récente qui confirme la théorie du blanchiment adaptatif est celle de Boulotte et al. 2016[6]. Cette étude démontre que certains coraux adultes s'adaptent aux températures plus élevées de l'eau

de mer en expulsant leurs zooxanthelles (donc en blanchissant) et en sélectionnant de nouvelles zooxanthelles dans l'eau environnante. Il existe en effet 9 types de zooxanthelles (clades A à I) qui diffèrent par leurs caractéristiques de résistance aux conditions environnementales. Les zooxanthelles des clades C et D sont les plus résistantes à la chaleur, et ce sont ces clades qui sont sélectionnées par les coraux lorsque la température de l'eau de mer est plus élevée. Après un épisode de blanchiment, une colonie de polypes plus résistante aux températures plus élevées se formera au même endroit en quelques années, et parfois beaucoup plus rapidement. Ainsi, suite à l'épisode de blanchiment observé en 2016 et 2017 sur la Grande Barrière de Corail en Australie, blanchiment ayant affecté plus de 50% des coraux dans certaines zones, nous constatons que les coraux reviennent déjà (fin 2017) et nous y trouvons même des signes de reproduction car des oeufs sont trouvés dans le plancton [7]. Des observations très convaincantes, allant dans le sens de la théorie du blanchiment adaptatif, avaient également été publiées en 2001 par l'équipe de Robert Kinzie [8].

Après avoir présenté la théorie du blanchiment adaptatif il faut finalement savoir que le blanchiment est une cause mineure de mortalité chez les coraux. En effet, il a été montré que les coraux durs sont bien plus affectés par les tempêtes et les attaques d'*Acanthaster planci*, une étoile de mer se nourrissant de coraux [9]. Une étude récente montre aussi que l'acidification de l'eau de mer n'est pas un danger pour les coraux [10]. Notons à ce sujet que le pH de l'eau de mer des récifs coralliens n'est pas stable et peut fluctuer naturellement de plus de 0.2 unités entre le matin et le soir [11]. Décidément, les alarmistes vont avoir bien du mal pour réfuter toutes ces observations.

Pour conclure, soulignons que si l'augmentation de la température ainsi que les légères variations du pH de l'eau de mer ne constituent pas des dangers pour les coraux, il n'en est pas de même de la pollution des zones côtières (par les substances chimiques mais aussi les virus et les bactéries issues des égouts), de la surpêche et des dommages engendrés par les ancres des navires, sans compter les coups de palmes des plongeurs... Et tous ces dangers peuvent bien entendu se cumuler. Pour protéger les coraux cela ne sert donc à rien d'émettre moins de CO₂. Dire l'inverse est une contrevérité. Par contre, oui, luttons contre la surpêche et la pollution!

Article originellement publié dans « [Les contre-vérités biologiques](#) », *Arguments — Revue européenne de science*, vol. 3, n°1, hiver 2018.

Références

[1] Hoegh-Guldberg O, Mumby PJ, Hooten AJ, Steneck RS, Greenfield P, Gomez E et al. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318: 1737–1742. Pandolfi et al. (2003) Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science* 301:955–958.

[2] Stanley, G.D (2003) The evolution of modern corals and their early history. *Earth-Science Rev.* 60, 195–225.

[3] Stanley, G.D (1981) Early history of scleractinian corals and its geological consequences. *Geology* 9:507.

[4] Bottke WF, Vokrouhlicky D, Nesvorny D (2007) An asteroid breakup 160 Myr ago as the probable source of the K/T impactor. *Nature* 449:23–25.

[5] Buddemeier RW, Fautin DG (1993) Coral Bleaching as an adaptive mechanism: a testable hypothesis. *BioScience* 43:320–326.

[6] Boulotte NM, Dalton SJ, Carroll AG, Harrison PL, Putnam HM, Peplow LM, van Oppen MJH (2016) Exploring the Symbiodinium rare biosphere provides evidence for symbiont switching in reef-building corals. *ISME J* 10:2693–2701.

[7] <http://www.abc.net.au/news/2017-09-29/coral-regeneration-raises-hopes-for-great-barrier-reef-recovery/9001518>.

[8] Kinzie, R. A., Takayama, M., Santos, S. R. & Coffroth, M. A. (2001) The adaptive bleaching hypothesis: experimental tests of critical assumptions. *Biol Bull Mar Biol Lab Woods Hole* 200:51–58.

[9] Osborne K, Dolman AM, Burgess SC, Johns KA (2011) Disturbance and the Dynamics of Coral Cover on the Great Barrier Reef (1995–2009). *PLoS One* 6(3): e17516.

[10] McCulloch MT, D’Olivo JP, Falter J, Holcomb M, Trotter JA (2017) Coral calcification in a changing World and the interactive dynamics of pH and DIC upregulation. *Nature Communications* 8:15686.

[11] Hofmann GE, Smith JE, Johnson KS, Send U, Levin LA, et al. (2011) High-Frequency Dynamics of Ocean pH: A Multi-Ecosystem Comparison. *PLoS ONE* 6(12): e28983. doi:10.1371/journal.pone.0028983.

4. Biodiversité, le vrai, le faux et l’incertain

Mis en ligne SCE : 04.11.2018

Le 30 octobre 2018 sortait le dernier rapport du WWF[1] concernant l’état de la biodiversité (voir [ici](#)). Les données obtenues sont très préoccupantes. De nombreux médias ont bien entendu présenté ce rapport de façon très alarmiste en exagérant certains points. Le but du présent article est de remettre les pendules à l’heure, en démêlant le vrai du faux et en présentant certaines incertitudes.

4.1. Que dit exactement le rapport du WWF? Le rapport du WWF nous dit que globalement, entre 1970 et 2014, l’index LPI (Living Planet Index) a chuté de 60% (Figure 1). Il n’est pas question ici de mettre en doute les résultats obtenus par le WWF mais simplement de les mettre en perspective. L’index LPI est calculé en tenant compte du nombre d’individus pour plusieurs espèces. Au total, ce sont **4 005 espèces** qui ont été considérées, réparties en 16 704 populations (il peut donc y avoir plusieurs populations pour une même espèce). Ces populations proviennent de tous les continents. Pour toutes les espèces prises en compte le nombre d’individus a été estimé, puis des sommes ont été établies.

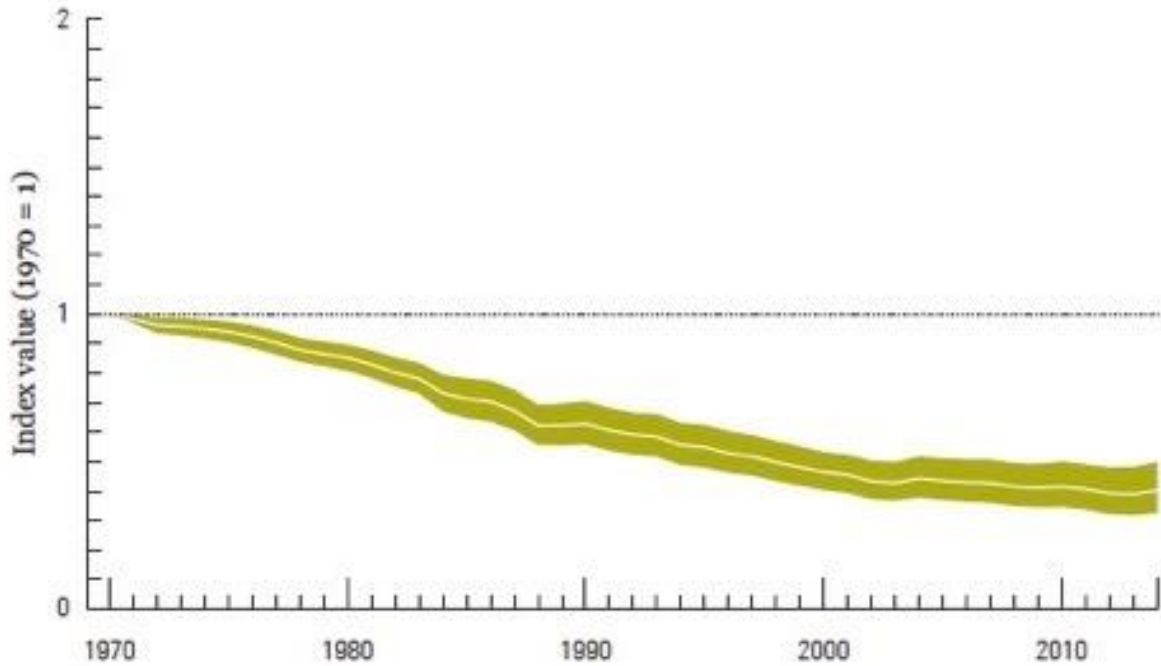


Figure 1. Living Planet Index (LPI) pour la planète entière, entre 1970 et 2014. La ligne blanche indique la valeur de l'index, les traits verts épais représentent l'incertitude. Source : WWF.

Remarquons que déterminer le nombre d'individus pour une espèce est loin d'être une science exacte. Si cela peut paraître simple pour de gros animaux comme des éléphants, c'est tout de suite beaucoup plus compliqué pour des poissons nageant en eau trouble, des amphibiens se cachant sous des feuilles ou des souris nocturnes qui s'échappent au moindre bruit. On emploie alors la technique de «[capture-marquage-recapture](#)» qui ne donne qu'une estimation de la population. Il est important que cela soit toujours la même méthode de capture qui soit utilisée et que l'effort d'échantillonnage soit toujours le même, sinon les résultats ne veulent rien dire. Il est dommage que le WWF ne donne pas plus d'informations concernant les méthodes employées dans son rapport.

4.2. Le rapport du WWF ne concerne donc que 4 005 espèces vertébrés (poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères). Les vertébrés choisis dans la liste sont bien entendu les plus gros et les plus connus du grand public (girafes, rhinocéros, singes, lions, baleines, dauphins, etc.). Le chiffre de 4 005 espèces peut paraître élevé, mais il faut savoir que selon la liste établie par le [Catalogue of Life](#) au 31 juillet 2018, un total de **1 750 666 espèces** ont été décrites, et parmi celles-ci nous trouvons **66 813 vertébrés**. Le rapport du WWF ne concerne donc que 6% des vertébrés et donc seulement 0.22% des espèces décrites. Bien entendu, si 6% des vertébrés vont mal, peut-être que les espèces non prises en compte vont mal également... Cependant, nous n'en savons rien... Y a t'il d'autres études?

Oui, il existe d'autres études. Par exemple, une étude de 2014 publiée dans [Science \(Dornelas et al.\)](#). Cette étude a considéré 35 613 espèces (donc 8 fois plus que le nombre d'espèces considérées par le WWF) mais ces espèces n'étaient pas que des vertébrés : la liste comportait de nombreux invertébrés ainsi que des plantes. Cette étude a également utilisé 14 indices de biodiversité

différents (et pas seulement le LPI). Il a déjà été question de cette étude dans un article précédent ([voir ici](#)). Le résultat majeur de cette étude est simplement qu'il n'y a pas de chute globale de la biodiversité. Les auteurs constatent cependant des changements nets dans les populations (espèces remplacées par d'autres).

Nous voyons donc que tout dépend (1) des taxa considérés (vertébrés, plantes, etc.), (2) du nombre d'espèces choisies, et (3) de la surface analysée (région, pays, continent, Terre entière). **On peut presque dire n'importe quoi, il suffit de bien composer son échantillon d'espèces...** A l'échelle d'une région nous pouvons constater un net déclin, surtout si notre liste comporte des gros mammifères. Mais la situation ne sera pas forcément la même à une plus grande échelle, surtout si notre liste comporte des plantes, des champignons, et des invertébrés.

4.3. Quelles sont les menaces? De nombreux médias ne se sont pas gênés pour expliquer la perte de 60% de la biomasse des vertébrés en évoquant le réchauffement climatique, en insinuant bien entendu que l'homme en est responsable. Cependant, si vous lisez bien le rapport du WWF vous verrez que si le réchauffement est bel et bien évoqué, les auteurs insistent bien sur le fait que ce sont essentiellement la **surexploitation** des écosystèmes (chasse, surpêche, déforestation, etc.) et **l'agriculture** qui sont les causes dominantes des pertes observées. Avec bien entendu la **pollution** et la **fragmentation** des habitats. Dans le résumé à la page 11 du rapport, **le réchauffement climatique global n'est même pas mentionné !** (Figure 2).



Figure 2. Les principales menaces qui pèsent sur les 4005 espèces étudiées selon le dernier rapport (2018) du WWF.

4.4. Conclusions

– Les 4 005 espèces de vertébrés étudiées par le WWF (rapport de 2018) représentent 6% du nombre total de vertébrés et n'ont pas encore disparu mais leurs populations ont été réduites de 60% entre 1970 et 2014. Ceci est évidemment très préoccupant et **il faut à tout prix essayer de freiner cette diminution**. Le WWF donne des pistes dans son rapport.

– Aucun déclin n’est constaté si l’on se focalise sur d’autres groupes, comme l’atteste une récente étude dans Science (Dornelas et al., 2014). Ces espèces dont la biodiversité n’est pas affectée représentent la majorité des espèces.

– Les trois causes principales du déclin observé sont la **surexploitation** des écosystèmes, **l’agriculture**, et la **pollution**. **Le changement climatique global n’intervenant quasi pas**. Ceci n’est pas étonnant : si l’on prend l’exemple des zones tempérées, en une seule journée la température peut varier de 20°C entre le matin et le soir (par exemple au mois d’août). Toutes les espèces sont habituées à ces écarts. Alors que dire de **+0.8°C en 138 ans...** ou des 2°C de plus prévus par les modèles informatiques pour l’an 2100... Ne pensez-vous pas que les espèces animales et végétales résisteront ? Et celles qui ne résistent pas seront bien entendu remplacées par d’autres selon le mécanisme de la sélection naturelle. C’est également ce que montre de manière très claire l’enregistrement géologique depuis plusieurs centaines de millions d’années.

Références

[1] WWF. 2018. Living Planet Report – 2018: Aiming Higher. Grooten, M. and Almond, R.E.A.(Eds). WWF, Gland, Switzerland.

5. La biomasse globale : de larges incertitudes, également sur le cycle du carbone

Dans un article récent de juin 2018[1], le biologiste Yinon Bar-On et ses collaborateurs ont estimé la biomasse totale de la biosphère actuelle (Bar-On et al. 2018). Pour cela, ils ont simplement estimé les nombres de bactéries, protozoaires, plantes et animaux dans tous les écosystèmes de la planète. En connaissant le poids moyen de chaque organisme, les auteurs ont ensuite réalisé des sommes. Ils arrivent au chiffre final de **550 gigatonnes (Gt) de carbone**. Ce chiffre est-il élevé ? Avec quoi peut-on le comparer ? Est-il précis ? Quels sont les organismes les plus importants dans la biosphère ? Quelles sont les conséquences pour le cycle du carbone, et donc pour la concentration de CO₂ atmosphérique ? Voici toute une série de questions que l’on doit se poser. Nous allons voir que les résultats de Yinon Bar-On sont assez étonnants et qu’ils induisent des conséquences majeures pour le cycle du carbone dans la biosphère.

5.1. Des résultats étonnants

Rappelons d’abord qu’il ne faut pas confondre biodiversité et biomasse. La biodiversité est le nombre d’espèces, la biomasse est le poids de ces espèces dans les écosystèmes. Des articles précédents traitent déjà de la biodiversité ([ici](#) et [ici](#)). Nous allons nous pencher ici sur la **biomasse** et les résultats obtenus par Yinon Bar-On (Figure 1). Nous voyons que **les organismes qui dominent la biosphère en terme de biomasse sont (1) les plantes (450 Gt), (2) les bactéries (70 Gt) et (3) les champignons (Fungi, 12 Gt)**. Une gigatonne (Gt) correspond à un milliard de tonnes (10⁹ t). Ensemble, ces trois groupes représentent donc 532 Gt, c’est-à-dire plus de 96,7% de la biomasse vivante totale (Figure 1).

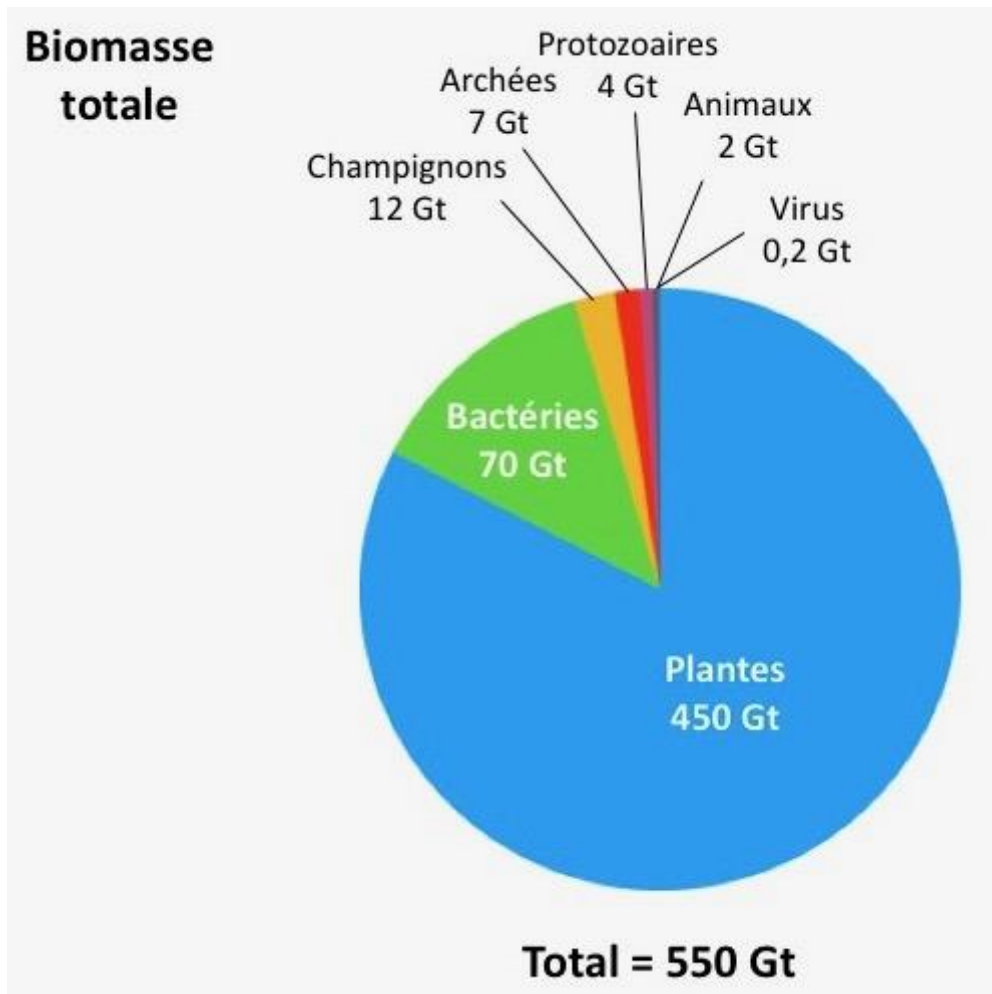


Figure 1. Biomasse totale de la biosphère, en gigatonnes (Gt). Bar-On et al. (2018).

Pour mettre en avant l'importance de ce chiffre de 550 Gt nous devons le comparer aux autres réservoirs de carbone connus de la planète. Nous sommes par exemple dans le même ordre de grandeur lorsque l'on considère l'atmosphère et ses 829 Gt de carbone (chiffre du GIEC, rapport AR5). Par contre les océans contiennent 38 700 Gt de carbone (chiffre du GIEC, rapport AR5), essentiellement sous forme de HCO_3^- , une valeur 70 fois plus élevée que la biomasse vivante totale. Quant aux sols, ils contiendraient de 1 500 à 2 400 Gt de carbone.

Les **animaux** ne représentent donc qu'environ **2 Gt de carbone (0,3% du total)**. Le chiffre exact obtenu par les auteurs de l'étude est 2,589 Gt de carbone. La distribution des animaux au sein de ces 2 Gt de carbone est détaillée à la **Figure 2**. Les animaux qui représentent la plus grande biomasse sont : les arthropodes marins (i.e., crabes, crevettes, copépodes, etc.; 1 Gt), les poissons (0,7 Gt), les arthropodes terrestres (i.e., insectes, araignées, etc.; 0,2 Gt), les annélides (i.e., vers de terre, polychètes, etc.; 0,2 Gt) et les mollusques (0,2 Gt).

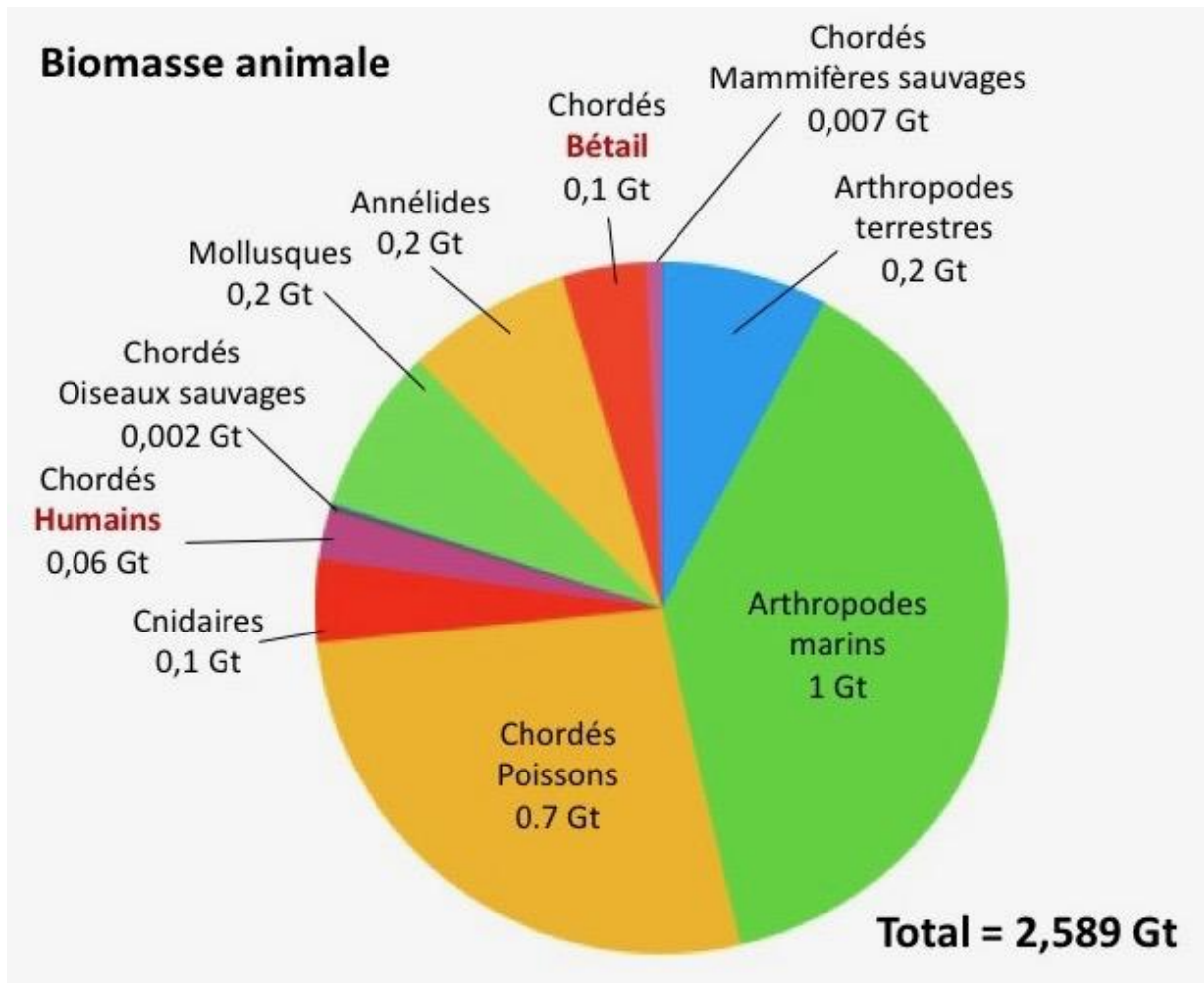


Figure 2. Détail de la biomasse animale (Bar-On et al. 2018).

En regardant bien la Figure 2 nous voyons que les humains (environ 7 milliards d'individus) ne représentent que 0,06 Gt de carbone de la biosphère. Les humains ne représentent donc quasi rien en biomasse à l'échelle de la planète. Cependant, les animaux d'élevage, utilisés comme nourriture pour ces humains, représentent 0,1 Gt de carbone. **Sur la planète, la biomasse du bétail est donc presque deux fois supérieure à celle des êtres humains.**

Mais le plus étonnant est ceci : la Figure 2 nous dit que **la biomasse du bétail (0,1 Gt) est plus de 14 fois supérieure à la biomasse des mammifères sauvages (0,007 Gt)**. Les animaux les plus nombreux de la planète ne sont donc pas les animaux sauvages, mais ce sont les vaches, les buffles, les porcs, les moutons, les chèvres, les chevaux, les ânes, les mulets et les chameaux. Au total 0,1 Gt. Le calcul complet de Bar-On est disponible [ici](#).

5.2. Une hypothèse déroutante

Puisque les 1,7 millions d'espèces animales (incluant les humains) ne représentent que 0,3% du carbone de la biosphère, nous pourrions imaginer un cataclysme les éliminant entièrement. Il resterait alors 99,7% de la biomasse, avec des plantes, des bactéries, des champignons des archées et des protozoaires. Que deviendrait la planète? Nous pouvons penser qu'elle se porterait à merveille ! En effet, tous les métabolismes seraient encore représentés (autotrophie, hétérotrophie) et les niches écologiques laissées vacantes par la disparition de l'homme et des animaux seraient

colonisées par les organismes restants, c'est-à-dire essentiellement des végétaux, des bactéries, des champignons et des protozoaires qui se comporteront comme des opportunistes. La vie sur Terre se poursuivrait, et peut être même que de nouveaux animaux pluricellulaires apparaîtraient progressivement. Les plantes qui avaient besoin des insectes pour la pollinisation seront très probablement remplacées par des plantes qui n'en ont pas besoin. La vie sur Terre continuerait car les animaux ne sont qu'au sommet de la pyramide qui représente les niveaux trophiques (Figure 3). Le cas inverse, où l'on éliminerait les plantes et les bactéries de la surface de la planète est complètement différent. Dans ce cas, la vie entière disparaîtrait car on élimine la base de la pyramide (Figure 3).

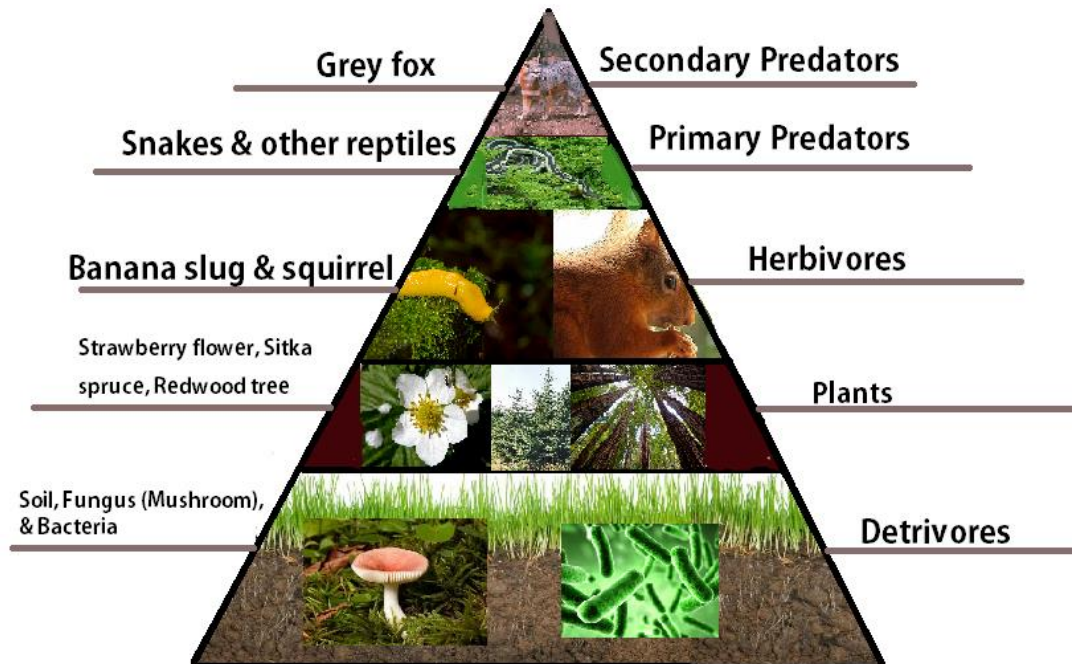


Figure 3. Les divers niveaux trophiques de la biosphère : les producteurs primaires et les décomposeurs sont en bas de la pyramide (plantes et bactéries). Leur biomasse est élevée. Les consommateurs primaires (animaux herbivores), secondaires et tertiaires (animaux carnivores) sont en haut de la pyramide et leur biomasse est faible.

Bien qu'un tel cataclysme soit improbable, cet exemple extrême nous enseigne ce point crucial : la disparition d'une seule espèce animale est une chose bien triste, mais c'est seulement triste pour l'être humain. Au niveau écologique, la disparition d'une seule espèce animale n'affecte pas la vie sur Terre, ni même le cycle du carbone. **La niche écologique laissée vacante est rapidement colonisée** par d'autres organismes et de nouvelles espèces peuvent même apparaître par sélection naturelle. Il existe un équilibre permanent entre biotope (le milieu) et biocénose (les organismes). Après un déséquilibre, la biocénose s'adapte toujours au nouveau biotope. Voici quelques preuves : la vie sur Terre ne s'est pas arrêtée avec la disparition des dinosaures, du dodo de l'île Maurice ou du tigre de Tasmanie. Et les conséquences sur le cycle du carbone ont été quasi nulles, puisque qu'au total les animaux ne représentent que 0,3% du carbone de la biosphère.

5.3. Les incertitudes

Déterminer la biomasse totale de la biosphère n'est pas une science exacte et les auteurs de l'étude nous donnent une marge d'erreur pour chaque groupe (Figure 4). Cette marge d'erreur nous est donnée sous forme d'un facteur multiplicatif pouvant être appliqué aux moyennes. On obtient ainsi

une gamme de valeurs correspondant à un intervalle de confiance à 95%. Cette façon de procéder n'est pas habituelle, car généralement les moyennes sont données avec un écart-type (moyenne \pm écart-type). Cependant, l'article est publié et nous ne pouvons plus rien y changer!

	Biomasse moyenne (Gt)	Incertitude (facteur multiplicatif)
Plantes	450	1.2
Bactéries	70	10
Fungi	12	3
Archées	7	13
Protistes	4	4
Animaux	2	5
Virus	0,2	20

Figure 4. Biomasse moyenne et incertitudes selon Bar-On et al. (2018).

En analysant les résultats présentés à la Figure 4, nous voyons que la plus grande incertitude concerne les virus. Ils ne constituent qu'en moyenne 0,2 Gt de carbone, mais ce chiffre pourrait donc être multiplié par 20. On arriverait alors à 4 Gt de carbone viral, chiffre encore faible si l'on se réfère au total de 550 Gt.

Mais les conséquences de ces multiplications ne sont pas les mêmes pour les bactéries et les archées. Ces deux groupes sont caractérisés par de très grandes incertitudes sur les moyennes de biomasse : les facteurs multiplicatifs sont ici de 10 et de 13 (Figure 4). En d'autres mots, les auteurs nous proposent une moyenne de 70 Gt de bactéries pour la planète, mais peut-être que le chiffre réel est 10 fois plus élevé, et que **l'on serait plutôt du côté de 700 Gt de carbone bactérien, soit beaucoup plus de carbone que les plantes et beaucoup plus de carbone que dans toute l'atmosphère!** Il en est de même pour les archées. En multipliant par 13 les 7 Gt d'archées estimés (cf. facteur multiplicatif, Figure 3), on arrive à 91 Gt de carbone, un cinquième environ du carbone des plantes. Notons qu'une étude précédente (Whitman et al. 1998) [2] avait estimé que la biomasse des bactéries serait comprise entre 350 et 550 Gt de carbone. Le chiffre de 70 Gt de carbone pour les bactéries est donc probablement bien en dessous de la réalité.

Dans la Figure 4 on voit que c'est pour les plantes pour qu'on estime le mieux la biomasse dans la biosphère. Le facteur d'incertitude est ici le plus petit (1,2). On est donc relativement certain du chiffre de 450 Gt.

5.4. Pourquoi de telles incertitudes?

Les raisons de ces incertitudes sont liées à la taille des organismes. Les bactéries sont petites (de l'ordre de 1 micromètre) et estimer leur nombre dans 1 cm³ d'eau est relativement difficile, car les

bactéries ont tendance à coller les unes aux autres. Même avec les meilleurs microscopes ou cytomètres en flux, on n'arrive pas à une bonne précision lorsque l'on compte les micro-organismes. Dans la terre c'est encore plus difficile car les bactéries se 'cachent' à l'intérieur ou entre des particules et y forment des biofilms. Et nous trouvons des bactéries vivantes jusqu'à 4 km de profondeur, dans une zone appelée la subsurface (Figure 5). Les incertitudes sont ici énormes car la subsurface est très difficile à étudier. Pour les végétaux terrestres, estimer la biomasse est par contre beaucoup plus facile : les organismes sont seulement présents en surface, ils sont grands, visibles à l'oeil nu, et des réseaux de satellites peuvent être utilisés pour estimer la couverture végétale. Un verdissement récent de la planète a même été constaté (voir ici).

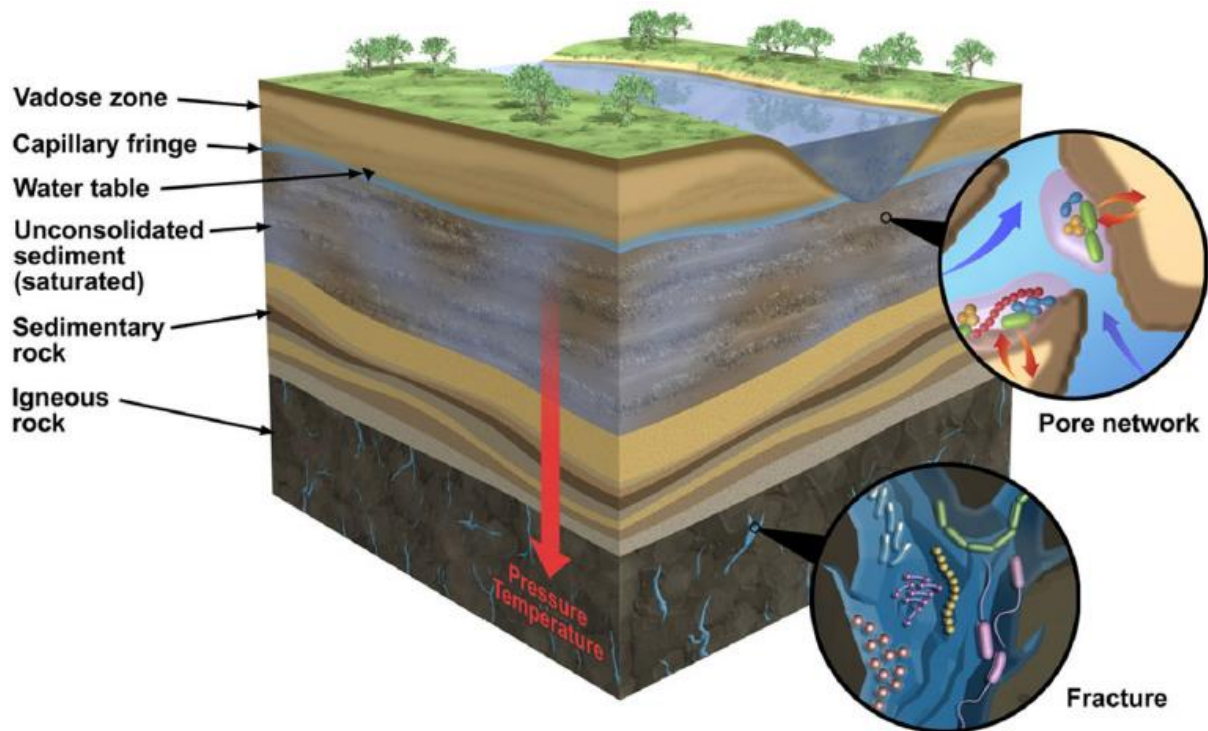


Figure 5. La subsurface est la zone de la planète qui comporte le plus de bactéries. Ces bactéries vivent dans les pores (surtout micropores) et les fractures des roches, et ce jusque 4 km de profondeur. A ce niveau, la température est telle ($\pm 150^{\circ}\text{C}$) que la vie n'est plus possible.

5.5. Les conséquences des incertitudes

Les conséquences des incertitudes citées ci-dessus sont énormes. Nous savons estimer avec beaucoup de précision la biomasse des plantes, et nous pouvons donc estimer leur effet sur le cycle du carbone. Ces plantes pompent du CO_2 atmosphérique et constituent donc une sortie pour le réservoir de carbone que représente l'atmosphère (voir l'article de JC Maurin en 4 parties : 1/4, 2/4, 3/4 et 4/4).

Mais comme nous ne savons pas estimer la biomasse des bactéries et des archées avec beaucoup de précision (70 Gt ? 500 Gt ? 700 Gt ?), et que ces bactéries et archées peuvent être autotrophes (fixer du CO_2) ou hétérotrophes (consommer du CO_2), **nous n'avons aucune idée de leur effet sur le cycle du carbone global !** Les bactéries pourraient dominer en biomasse toutes les plantes de la planète et émettre ou fixer beaucoup de CO_2 . La fixation bactérienne du CO_2 peut également se dérouler dans le noir absolu (bactéries chimio-autotrophes) comme c'était presque toujours la règle au Précambrien (Archéen et Protérozoïque inférieur). Nous le voyons, les conséquences sont potentiellement énormes. **Tous les calculs concernant le cycle du carbone réalisés jusqu'à présent**

par le GIEC et d'autres auteurs sont très approximatifs car nous sommes incapables d'estimer la biomasse bactérienne avec suffisamment de précision, et ceci pour tous les écosystèmes de la planète.

5.6. Conclusions

- La biomasse vivante représente 550 Gt de carbone, un chiffre comparable au carbone présent dans l'atmosphère (829 Gt de carbone selon le GIEC).
- Ce sont les plantes qui dominent en biomasse (450 Gt de carbone).
- Les animaux et l'homme ne représentent que 0,3% du carbone de la biomasse. Leur élimination complète n'éliminerait pas la vie sur Terre et n'influencerait pas grandement le cycle du carbone, tout comme la disparition de quelques espèces animales [3].
- La biomasse du bétail (0,1 Gt) est plus de 14 fois supérieure à la biomasse des mammifères sauvages (0,007 Gt). Ceci est la conséquence de notre régime alimentaire : les humains sont essentiellement des carnivores !
- Les incertitudes concernant la biomasse des bactéries et des archées est énorme. Les procaryotes (bactéries + archées) sont probablement les organismes dominants en termes de biomasse. Comme il est difficile d'estimer leur nombre, **de grandes incertitudes planeront toujours sur les entrées et les sorties de carbone du stock que constitue l'atmosphère** (cf. articles de JC Maurin [ici](#)). Quantifier avec précision la biomasse des procaryotes sur la planète est illusoire avec les technologies actuelles.

Références

[1] Bar-On YM, Phillips R, Milo R. [The biomass distribution on Earth](#). Proc Natl Acad Sci U S A. 2018 Jun Influence du cycle du carbone 19;115(25):6506-6511. doi: 10.1073/pnas.1711842115. Epub 2018 May 21.

[2] Whitman WB, Coleman DC, Wiebe WJ (1998) [Prokaryotes: the unseen majority](#). Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Vol. 95, pp. 6578–6583.

[3] Les espèces animales sont cependant importantes pour l'homme et il est nécessaire de les préserver. Effectivement, elles lui fournissent de nombreux services : par exemple, les animaux constituent un pool de gènes dont l'étude nous apporte de nombreux renseignements sur le fonctionnement des cellules, sur l'apparition de la vie, et sur la théorie de l'évolution. De nombreux progrès sont faits en médecine grâce à l'étude de certaines espèces animales. Les animaux sont également utilisés par l'homme pour le transport, la chasse, la pêche et le divertissement (zoo, safaris, etc.). Mais au niveau écologique, la perte d'espèces animales n'est pas un phénomène relativement grave : les niches écologiques vacantes sont rapidement colonisées par d'autres espèces. Ceci est confirmé par les archives géologiques relatant les nombreux cataclysmes du passés.

6. « Le changement global » ne cause pas de disparitions d'espèces

Mis en ligne SCE : 22.03.2019

Contrairement à ce que les médias tentent de vous faire croire, le changement climatique global n'est pas une cause majeure de disparition d'espèces. Une récente étude publiée en mars 2019 dans le journal *Frontiers in Ecology and the Environment* vous le démontre : la cause majeure d'extinction est l'**introduction d'espèces exotiques envahissantes (EEE)** dans les écosystèmes. Ce phénomène, bien connu des biologistes et **confirmé par l'IUCN**(Union Internationale pour la Conservation de la Nature), est malheureusement peu connu du grand public.

6.1. Introduction

En se déplaçant d'un continent à l'autre, l'être humain a toujours emmené avec lui toute une série de plantes et d'animaux qui se retrouvaient ainsi en dehors de leurs limites biogéographiques habituelles. **Avec le développement du commerce international ce phénomène ne fait que s'amplifier.** Par exemple, à l'intérieur de l'Union Européenne, le nombre d'EEE **aurait augmenté de 76% entre 1970 et 2007.** Bien que l'impact écologique de la plupart des espèces introduites est inconnu ou semble négligeable, il est démontré que certaines introductions d'espèces ont provoqué des changements substantiels dans des écosystèmes[1]. Ces changements incluent souvent la disparition d'espèces locales[2]. On a d'abord pensé que ces phénomènes d'extinction étaient exagérés et que des espèces locales pouvaient également être à la base d'extinctions[3], et certains auteurs pensent même que les efforts déployés pour contrôler ou éradiquer les espèces étrangères introduites ne seraient pas nécessaires[4]. Cependant, personne n'a jamais vraiment testé si les espèces introduites provoquaient plus ou moins d'extinctions par rapport aux espèces locales ou aux autres causes d'extinctions. Cette question a donc été étudiée par l'équipe de Tim Blackburn (University College London, UK) dans une récente publication de mars 2019[5]. Ils ont pour cela utilisé la base de données des extinctions globales fournie par l'IUCN.

6.2. Méthodes employées par l'équipe de Blackburn

Les chercheurs ont utilisé les données 2017 de la liste rouge de l'IUCN (**IUCN Red List database**). Cette liste énumère les espèces éteintes depuis 1500. Il s'agit de 782 espèces d'animaux et de 153 espèces de plantes (donc, 935 au total). Pour chaque espèce éteinte, la liste de l'IUCN fournit le ou les phénomènes ayant provoqué l'extinction. Au total, il y a 12 phénomènes pouvant provoquer des extinctions (Threats Classification Scheme – version 3.2) :

1. Le développement résidentiel et commercial ;
2. L'agriculture et l'aquaculture ;
3. La production d'énergie et l'exploitation minière ;
4. Les transports et les corridors de service ;
5. L'utilisation des ressources biologiques (chasse, pêche, coupe de forêts) ;
6. Les perturbations et intrusions humaines (activités récréatives, guerres, etc.) ;
7. Modifications des écosystèmes (feux, barrages, etc.) ;
8. Espèces invasives et autres espèces problématiques, introduction de gènes et de pathogènes ;
9. La pollution ;
10. Les évènements géologiques (activité volcanique, tsunamis, avalanches, etc.) ;
11. Changements climatiques et météo extrême (sécheresses, tempêtes, etc.) ;
12. Autres.

Les chercheurs ont retenu ces 12 critères et ont simplement subdivisé le critère 8 en deux catégories : (1) « Espèces invasives » (c-à-d les EEE) et (2) « Autres espèces problématiques » (c-à-d espèces locales). Un total de 13 causes d'extinctions sont donc envisagées. Pour chaque espèce disparue une ou plusieurs cause d'extinction sont renseignées. Ensuite des test statistiques sont effectués par les auteurs afin de déterminer quelles étaient les causes principales d'extinctions.

6.3. Résultats

Pour 782 extinctions animales, 261 extinctions (**33,4%**) avaient pour cause l'introduction d'une EEE dans l'environnement (Figure 1). D'autres causes sont parfois associées comme par exemple la pollution. Pour les plantes disparues, 39 extinctions sur 153 (**25,5%**) avaient pour cause l'introduction d'une EEE. **Les EEE représentent en fait la toute première cause d'extinction pour les animaux**, bien devant la 2^e catégorie (chasse et pêche) qui concerne 18.8% des extinctions. **Les EEE sont également la cause majeure d'extinction pour les plantes**, la 2^e cause étant ici l'emploi des ressources biologiques (23,5% des extinctions) et la 3^e cause l'agriculture (19,6% des extinctions).

Parfois, les EEE n'étaient pas la cause unique de disparition. Le plus souvent, une 2^e cause était associée et agissait probablement en synergie : par exemple, environ 1/3 des extinctions dans lesquelles les EEE intervenaient (29%) comportaient aussi l'utilisation des ressources biologiques (cause n°5) comme 2^e facteur de disparition. De même, environ 1/5 des extinctions dans lesquelles les EEE intervenaient (21,7%) comportaient l'agriculture (cause n°2) comme 2^e facteur de disparition. De plus amples détails sont donnés dans la publication de Blackburn.

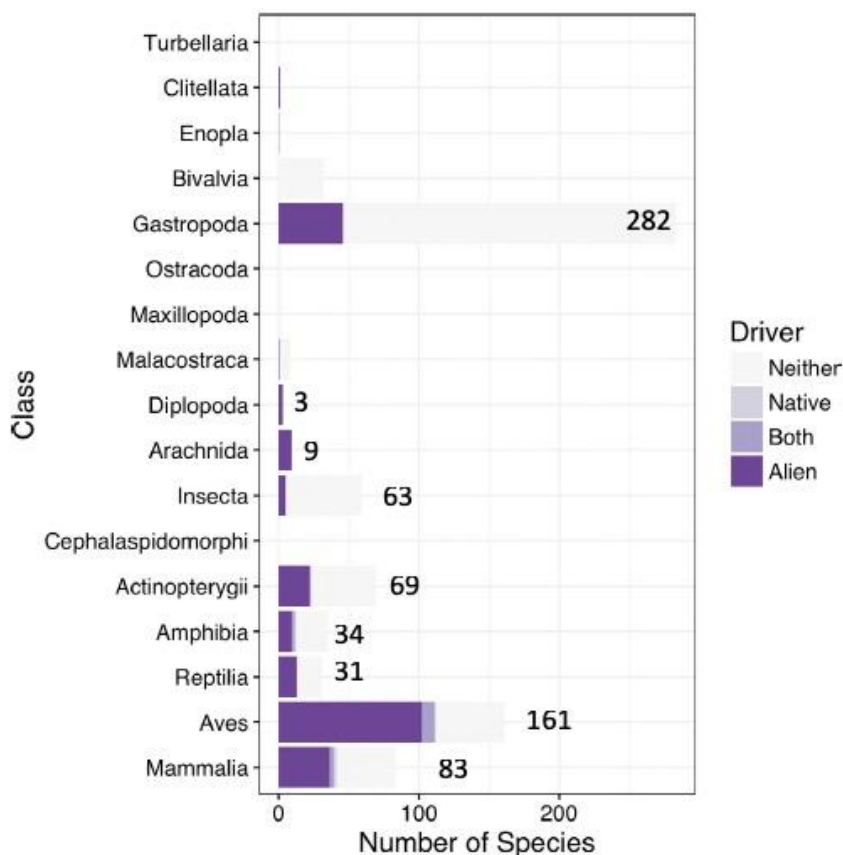


Figure 1. Nombre d'extinctions animales récentes (catégories IUCN "extinct" [EX] et "extinct in the wild" [EW]) pour différents groupes d'animaux (chiffres issus de la Table 3a de l'IUCN). Les couleurs renseignent sur les causes des extinctions (« Driver »); par exemple le mauve foncé est employé pour les EEE (« Alien »), les extinctions causées par des espèces locales (« Native ») sont en mauve clair. La catégorie « Neither » comporte les autres causes d'extinction ou alors des causes inconnues (source, [Blackburn et al. 2019](#)).

Les groupes d'animaux pour lesquels les EEE sont impliqués dans la majorité des extinctions (Figure 1) sont les araignées (Arachnida, 100% des disparitions causées par les EEE), les mille-pattes (Diplopoda, 100% des disparitions causées par les EEE), les oiseaux (Aves, 68.9% des disparitions

causées par les EEE), et les vers annélides (Clitellata, 50% des disparitions causées par les EEE). Pour les reptiles, les EEE sont responsables de 42% des extinctions et le chiffre monte à 47% pour les mammifères.

Aucune des 935 extinctions n'a pour cause principale le changement climatique. Ceci est aussi confirmé par d'autres études concernant la perte de biodiversité, comme celle publiée récemment par le WWF.

6.4. Conclusions

- La cause majeure de disparition des espèces n'est pas le changement climatique global ni le CO₂. Les espèces disparaissent en premier lieu **à cause de l'introduction d'espèces exotiques envahissantes**. Méfions-nous donc des déclarations alarmistes véhiculées par les médias ;
- **L'absence de lien avec la température globale n'est pas étonnant** : si l'on prend l'exemple des zones tempérées, en une seule journée la température peut varier de 20°C entre le matin et le soir (par exemple au mois d'août). Toutes les espèces sont habituées à ces écarts. Alors que dire de **+0.8°C en 138 ans...** ou des 2°C de plus prévus par les modèles informatiques pour l'an 2100... Ne pensez-vous pas que les espèces animales et végétales résisteront ?
- **L'homme est cependant responsable de l'essentiel des disparitions animales**, non pas par modification du climat ou l'émission de CO₂, mais simplement parce qu'il modifie l'aire de répartition de certaines espèces (introduction d'EEE) mais aussi parce qu'il pêche, chasse, pollue, coupe des forêts et construit des routes. Ceci est également confirmé par une **récente étude du WWF traitant de la biodiversité**.

En conclusion finale, ne mettons pas (toujours) le climat à toutes les sauces, ici manifestement il n'a rien à voir avec le problème.

Article disponible également sur [Contrepoints](#).

6.5. Références

- [1] Gandhi KJK and Herms DA. 2010. Direct and indirect effects of alien insect herbivores on ecological processes and interactions in forests of eastern North America. *Biol Invasions* 12: 389–405. Simberloff D, Martin J-L, Genovesi P, et al. 2013. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends Ecol Evol* 28: 58–66.
- [2] Clavero M and García-Berthou E. 2005. Invasive species are a leading cause of animal extinction. *Trends Ecol Evol* 29: 110. Bellard C, Cassey P, and Blackburn TM. 2016. Alien species as a driver of recent extinctions. *Biol Lett-UK* 12: 20150623. Doherty TS, Glen AS, Nimmo DG, et al. 2016. Invasive predators and global biodiversity loss. *P Natl Acad Sci USA* 113: 11261–65. Downey PO and Richardson DM. 2016. Alien plant invasions and native plant extinctions. *AoB Plants* 8: plw047.
- [3] Sagoff M. 2005. Do non-native species threaten the natural environment? *J Agr Environ Ethic* 18: 215–36. Davis MA, Chew MK, Hobbs RJ, et al. 2011. Don't judge species on their origins. *Nature* 474: 153–54. Pearce F. 2015. *The new wild: why invasive species will be nature's salvation*. Boston, MA: Beacon Press.
- [4] Marris E. 2011. *Rambunctious garden: saving nature in a post-wild world*. London, UK: Bloomsbury.
- [5] Blackburn TM, Bellard C, Ricciardi A (2019) **Alien versus native species as drivers of recent extinctions**. *Front Ecol Environ* doi:10.1002/fee.2020.

7. Des coraux qui s'adaptent aux températures plus élevées

Mis en ligne SCE : 31.05.2019

Selon certaines prédictions, basées sur des modèles informatiques, de nombreux récifs coralliens auront disparu des océans tropicaux au cours des 80 prochaines années[1]. La cause est bien évidemment le réchauffement climatique pouvant provoquer un **blanchiment des coraux**. Par exemple, en 2014–2017, a eu lieu un évènement global de blanchiment, le 3^e au cours des 20 dernières années, et de nombreux coraux furent affectés sur des milliers de kilomètres carrés[2],[3]. Les médias, avides de catastrophisme, en ont beaucoup parlé avec des titres une fois de plus très alarmistes (exemple [ici](#)).

Cependant, les choses ne sont pas si simples. Des données satellitaires et des études de terrain ont montré que tous les récifs coralliens ne se comportent pas de la même manière: de nombreux récifs n'ont pas blanchi pendant le dernier épisode El Niño, une très grande partie des coraux a résisté au stress thermique, et de fortes variations locales et régionales ont été observées dans le blanchiment[4]. La relation entre température élevée de l'eau de mer et blanchiment des coraux n'est donc pas évidente. Afin d'éclaircir la situation une équipe américaine a récemment publié une analyse globale des évènements de stress thermique en considérant 3351 sites différents dans 81 pays ([Sully et al. 2019, dans Nature Communications\[5\]](#)). Cette analyse globale est unique et démontre que les coraux sont en train de s'adapter par sélection naturelle et sont désormais un peu plus résistants au blanchiment. Nous avons ici une belle démonstration du fait que les modèles informatiques sont parfois bien loin de la réalité de terrain et qu'il ne faut pas tirer de conclusions toujours hâtives!

7.1. Moins de blanchiment dans les régions équatoriales

L'étude de Sully al. 2019, dans Nature Communications commence par nous montrer que le nombre de coraux blanchis est significativement plus élevé aux latitudes tropicales, entre 15 et 20° au nord et au sud de l'équateur, par rapport aux régions équatoriales où le blanchiment est moins fréquent et où la diversité des coraux y est plus importante. Voir Figure 1.

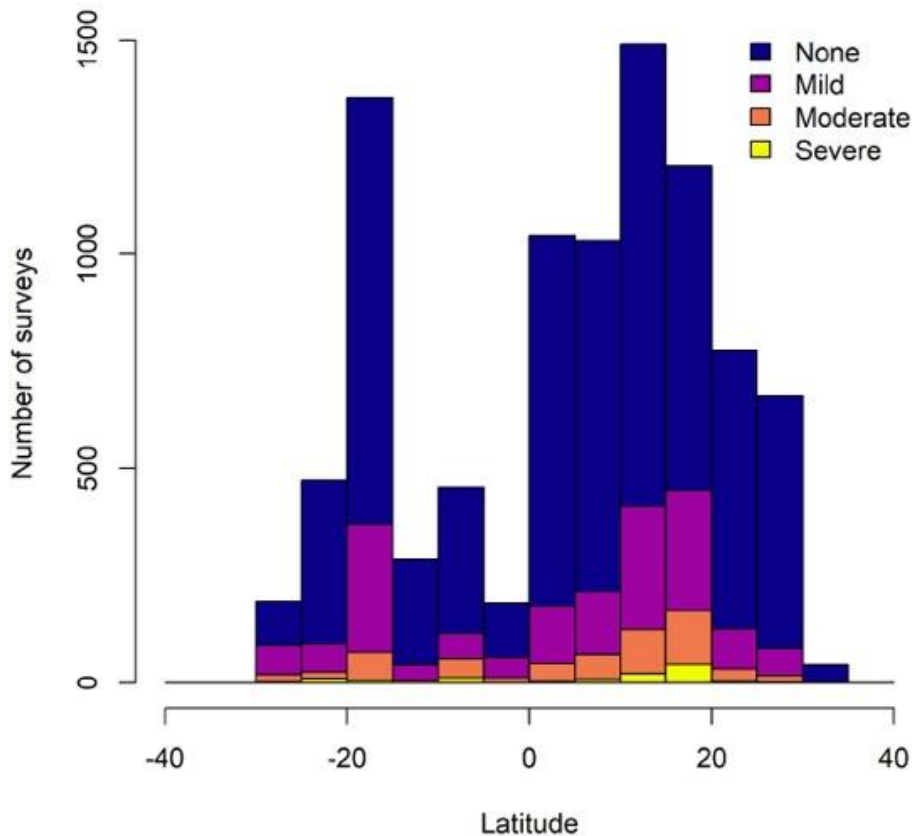


Figure 1. Prévalence de blanchiment par latitude. Bleu, pas de blanchiment, pourpre, léger blanchiment (1-10% blanchis), orange blanchiment modéré (10-50% blanchis), jaune, blanchiment sévère (>50% blanchis) (Sully et al. 2019).

Selon les données librement accessibles de la base de données CoRTAD Version 6 de la NOAA[6], la température de surface de l'eau de mer n'a pas augmenté plus sous les tropiques par rapport aux zones équatoriales. Les anomalies de température ne peuvent donc pas être utilisées pour expliquer la différence de blanchiment entre zone équatoriale et tropiques. Ce résultat est contredit par certaines études[7], mais ces études contradictoires ne considèrent que quelques sites contrairement à l'étude de Sully et al. (2019) qui en comporte 3351...

Pour expliquer cette répartition particulière du blanchiment des coraux, Sully et al. (2019) invoquent trois phénomènes. Il se pourrait (1) que la composition des communautés de coraux ne soit pas la même dans les deux zones géographiques (espèces différentes); il se pourrait également (2) que les espèces soient les mêmes mais que la diversité génotypique soit plus élevée dans les régions équatoriales moins sensibles au blanchiment; et enfin (3), il se pourrait que les coraux des zones équatoriales soient pré-adaptés aux stress thermiques en raison des eaux plus chaudes de ces régions (Figure 2). Bien entendu, ces hypothèses ne sont pas mutuellement exclusives.

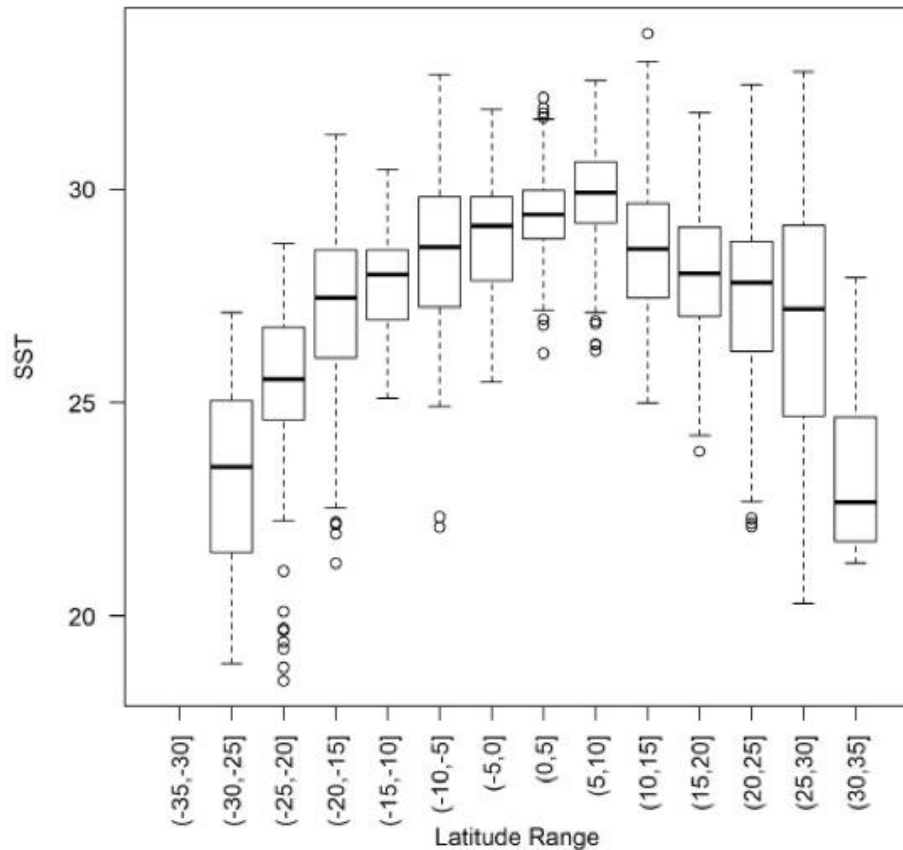


Figure 2. Température de surface de l'eau de mer (en °C) de part et d'autre de l'équateur. Le trait épais est la médiane, les boîtes figurent la gamme interquartile (25 à 75%), les traits en pointillés englobent 95% des données, les cercles sont les valeurs en dehors de 95% (Sully et al. 2019).

7.2. Des variations fréquentes de température protègent les coraux du blanchiment

Les analyses de l'équipe de Sully et al. (2019) révèlent ensuite que le nombre de coraux blanchis est significativement plus bas aux sites où les anomalies de température de surface de l'eau de mer étaient très variables en fonction du temps, pour des périodes courtes de l'ordre de la semaine. **En d'autres termes, des variations fréquentes de température semblent protéger les coraux du blanchiment.** Ceci avait déjà été observé dans de précédentes études locales : lorsque la température de l'eau de mer est peu variable, sur une période de temps de l'ordre de la semaine, le blanchiment est plus fréquent. *A contrario*, **lorsque la température de l'eau de mer est très variable le risque de blanchiment est réduit**[8]. Il a également été démontré dans d'autres études que les sites présentant de grandes variations de températures (quotidiennes, hebdomadaires ou saisonnières) comportent des coraux et des souches de zooxanthelles symbiotiques beaucoup plus résistantes aux extrêmes de température[9].

7.3. Des coraux adaptés qui blanchissent à plus haute température

Globalement, pour l'équipe de Sully et al. (2019) le phénomène de blanchissement des coraux a légèrement augmenté en fréquence et en intensité entre 2002 et 2017 : de 9% on est passé à 15% de

coraux blanchis, et ce pour les 3351 sites considérés. Ceci peut paraître alarmant, mais le devient beaucoup moins lorsque l'on sait que **les coraux blanchissent depuis très longtemps**. L'avenir nous dira si le pourcentage se stabilisera ou non.

Il ne faut pas oublier non plus qu'il n'y a pas que la température élevée qui fait blanchir les coraux. Lumière trop intense, attaques virales et bactériennes sont également des causes de blanchiment. Et il faut également savoir que le blanchiment est une cause mineure de mortalité chez les coraux. En effet, il a été montré que les coraux durs sont bien plus affectés par les tempêtes et les attaques d'*Acanthaster planci*, une étoile de mer se nourrissant de coraux (plus de détails et références [ici](#)).

Mais le résultat le plus spectaculaire de l'équipe de Sully est qu'entre 1998 et 2006 la température moyenne de l'eau de mer de surface pendant le blanchissement était 28.1°C, alors qu'au cours des 10 années suivantes, entre 2007 et 2017, la température pendant le blanchissement était de 0.6°C plus élevée, c'est-à-dire 28.7°C. Et cette variation de température est significative selon les tests statistiques utilisés (Figure 3).

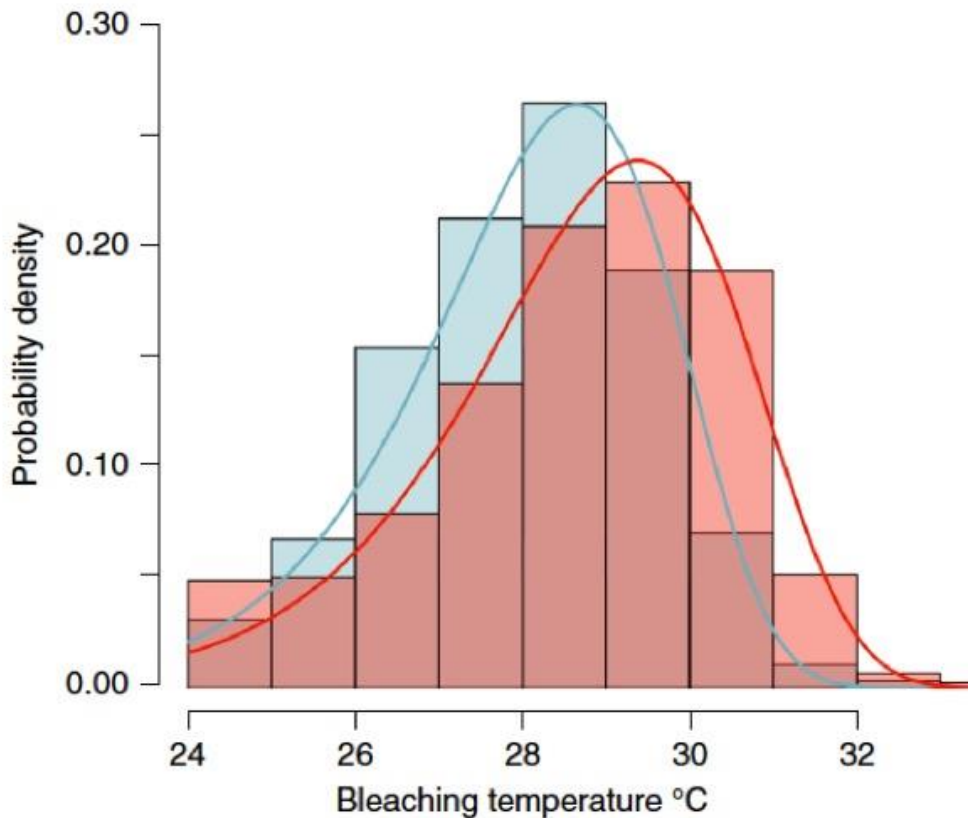


Figure 3. Distributions de densité de probabilité pour le blanchiment du corail entre 1998 et 2006 (bleu), et entre 2007 et 2017 (orange). Les lignes bleues et rouges montrent les meilleures distributions de Weibull calculées avec les données. La variation de température de blanchiment est significativement différente (Likelihood ratio test, $Pr(>\chi^2) = 0.001$) entre les deux décennies.

Ces données suggèrent donc que les évènements de blanchiment de la première décennie considérée (1998–2006) ont éliminé les individus les plus sensibles. Il en résulte que les populations de la deuxième décennie (2007–2017) sont maintenant adaptées et blanchissent à une température plus

élevée. Il y a donc eu un **phénomène de blanchiment adaptatif**, comme expliqué dans un [précédent article publié sur SCE](#).

Finalement le graphique montre que cette adaptation s'avère extrêmement rapide, pas plus de 10 ans.

7.4. Conclusions

- L'analyse globale nous montre que le blanchiment est plus faible aux régions équatoriales par rapport aux régions tropicales. Et ceci n'est pas causé par des différences d'anomalies de température. La génétique (composition spécifique, diversité génotypique) joue ici un rôle probablement important.
- Les variations fréquentes de température de l'eau de mer (échelle de la semaine) protègent les coraux du blanchiment.
- Le phénomène de blanchiment des coraux a légèrement augmenté en fréquence et en intensité entre 1998 et 2017.
- De nombreux coraux se sont rapidement adaptés et blanchissent actuellement à une températures plus élevée (de 0,6°C). Il y a donc eu blanchiment adaptatif de nombreuses communautés.

En conclusion finale, la nature nous réserve bien des surprises et il ne faut pas trop se fier aux modèles informatiques souvent alarmistes. Les coraux durs (ou Scléactiniaires) apparaissent au Trias moyen il y a 240 millions d'années et les premiers récifs coralliens 'modernes' ou semblables à ceux d'aujourd'hui étaient présents 25 millions d'années plus tard, au Trias supérieur, probablement suite à l'apparition d'une symbiose avec des algues symbiotiques. Cela ne voudrait-il pas dire que ces organismes sont particulièrement résistants aux changements globaux? En effet, le groupe n'a pas été éliminé au cours des nombreuses périodes de l'histoire où il faisait **plus chaud** ou plus froid de plusieurs degrés qu'aujourd'hui, et où la concentration en CO₂ de l'atmosphère était plus élevée ou plus faible qu'aujourd'hui. Plus de détails [ici](#).

Les « alarmistes du climat » qui pensent que le changement climatique actuel est trop rapide par rapport aux événements du passé doivent se remémorer que les coraux (également bien d'autres organismes) ont également résisté à la chute d'un astéroïde à la limite Crétacé-Tertiaire il y a 65 millions d'années[10]. Il n'y a pas plus rapide pour bouleverser le climat! Ceci dit, n'oublions pas les autres causes du déclin des coraux (pollution de l'eau, surpêche, etc.).

Références

- [1] Frieler, K. et al (2013) Limiting global warming to 2 °C is unlikely to save most coral reefs. *Nat. Clim. Change* 3, 165–170.
- [2] Stuart-Smith, R. D. et al (2018) Ecosystem restructuring along the Great Barrier Reef following mass coral bleaching. *Nature* 560, 92–96.
- [3] Hughes, T. P. et al (2017) Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature* 543, 373–377.
- [4] van Woesik, R. et al (2012) Climate-change refugia in the sheltered bays of Palau: analogs of future reefs. *Ecol. Evol.* 2, 2474–2484.

McClanahan, T. R. & Maina, J. (2003) Response of coral assemblages to the interaction between natural temperature variation and rare warm-water events. *Ecosystems* 6, 551–563.

McClanahan, T. R. et al. (2007) Effects of climate and seawater temperature variation on coral bleaching and mortality. *Ecol. Monogr.* 77, 503–525.

Safaie, A. et al. (2018) High frequency temperature variability reduces the risk of coral bleaching. *Nat. Commun.* 9, 1671.

[5] S. Sully, D.E. Burkepile, M.K. Donovan, G. Hodgson, R. van Woesik. [A global analysis of coral bleaching over the past two decades](#). *Nature Communications* (2019) 10:1264.

[6] [The Coral Reef Temperature Anomaly Database \(CoRTAD\)](#) Version 6 – Global, 4 km Climatological SST, generated using harmonic analysis method on data, for 1982 to 2017 (NCEI Accession 0175481).

[7] Heron, S. F. et al. (2016) Validation of reef-scale thermal stress satellite products for coral bleaching monitoring. *Remote Sens.* 8, 59.

[8] McClanahan, T. R. & Maina, J. (2003) *op. cit.*; McClanahan, T. R. et al. (2007) *op.cit.*; Safaie, A. et al. (2018) *op.cit.*

[9] LaJeunesse, T. C. et al. (2010) Host–symbiont recombination versus natural selection in the response of coral–dinoflagellate symbioses to environmental disturbance. *Proc. Biol. Sci.* 277, 2925–2934.

[10] Bottke WF, Vokrouhlicky D, Nesvorny D (2007) An asteroid breakup 160 Myr ago as the probable source of the K/T impactor. *Nature* 449:23–25.

8. Les coraux blanchissent depuis longtemps

Mis en ligne SCE : 05.09.2018

Le blanchissement des coraux est un phénomène dont on entend souvent parler dans les médias. Il s’agirait d’un grave problème environnemental, dont la fréquence augmente, et qui pourrait mener à la perte totale des récifs coralliens. Le réchauffement climatique global, qui serait causé par l’augmentation de la concentration atmosphérique en CO₂ est, bien entendu, pointé du doigt. Cependant, le blanchissement des coraux n’est-il pas un phénomène très ancien? Est-il seulement causé par des variations de température? Quel recul avons-nous à ce sujet? Une récente publication de Nicholas Kamenos et Sebastian Hennige, deux chercheurs anglais des Universités de Glasgow et d’Édimbourg, apporte de nouveaux éléments[1].

Tout d’abord, rappelons que les coraux blanchissent lorsqu’ils expulsent leurs algues symbiotiques, organismes unicellulaires appelés **zooxanthelles**, et que ce phénomène fait suite à un stress de nature physique, chimique ou biologique. Pour les stress physiques il y a par exemple la température inadaptée[2] ou une lumière trop ou trop peu intense[3]. Au niveau chimique nous trouvons l’effet de certains xénobiotiques (par exemple des herbicides[4]), mais également un pH ou une salinité inadaptée. Quant aux stress biologiques il y a bien entendu les attaques virales et bactériennes[5].

Mais ce que les alarmistes ne disent pas c’est qu’une fois devenus blancs les coraux ne sont pas encore morts... Le blanchissement serait en fait un moyen pour une colonie de polypes de s’adapter rapidement à un environnement fluctuant[6]. Les biologistes qui ont compris cela ont appelé ce phénomène « **le blanchissement adaptatif** ». Après l’épisode de blanchissement, les coraux acquièrent de nouvelles zooxanthelles, mieux adaptées au nouvel environnement. Il est vrai que la plupart des polypes du corail meurent, mais ceux qui survivent sont désormais plus résistants. En quelques mois, voire quelques années après le blanchiment, le corail a complètement récupéré car

les polypes résistants se sont multipliés. Comme mentionné [dans un article précédent](#), la théorie du blanchissement adaptatif a été très récemment confirmée par une étude génétique réalisée en 2016.

Mais quel recul avons-nous au sujet du blanchissement des coraux? Il faut savoir qu'avant 1979, très peu de choses étaient connues au sujet de la fréquence de blanchissement. Ceci est facile à comprendre : pour pouvoir se déplacer sous l'eau et constater que les coraux blanchissent, il aura fallu attendre l'invention du scaphandre autonome et le développement de la plongée sous-marine libre de type SCUBA. Comme l'élaboration du prototype du premier détendeur moderne n'a été faite qu'en décembre 1942, lorsque le français Jacques-Yves Cousteau rencontra l'ingénieur Émile Gagnan, il n'est pas étonnant que notre recul concernant les épisodes de blanchissement des coraux n'est pas très grand.

Les deux chercheurs anglais mentionnés en début d'article ont donc essayé de voir si le phénomène de blanchissement pouvait être observé dans le passé. Pour cela ils ont réalisé des carottages dans des coraux massifs de type *Porites spp* (Figure 1) vivant au niveau de la Grande Barrière de corail en Australie.



Figure 1. Massif de corail du genre *Porites*.

Les coraux durs et massifs du genre *Porites* (Figure 1) sont trouvés dans les récifs du monde entier. Au moins 7 espèces dominantes de *Porites* ont été identifiées (*P. lobata*, *P. solida*, *P. lutea*, *P. australiensis*, *P. mayeri*, *P. murrayensis*, et *P. anae*) et il a été estimé que les plus vieux *Porites* ont au moins 700 ans[7]. En d'autres mots, ces coraux n'ont pas été éliminés par les nombreuses périodes du passé où la température ou la salinité ont varié. La vitesse de croissance de ces coraux peut être

déterminée en examinant les anneaux de croissance annuels dans le squelette en employant des rayons X (Knutson et al. 1972)^[8]. Il a ainsi été déterminé que ces coraux peuvent croître à une vitesse d'environ 10 mm par an. Les *Porites* sont donc des enregistreurs précis des environnements marins du passé, du moins pour la zone de surface des océans. Par exemple, la composition en isotopes de l'oxygène du squelette d'aragonite de ces coraux peut donner des informations sur la température de surface de l'eau de mer ainsi que sur sa composition isotopique, qui est ensuite utilisée pour reconstituer la température des océans du passé^[9].

Pour quantifier la fréquence et la prévalence des événements de blanchissement du passé en employant des carottes de *Porites*, Kamenos et Hennige ont analysé la **vitesse d'extension linéaire** de ce corail. En effet, lorsque le corail blanchit, son squelette carbonaté en garde la trace car le dépôt d'aragonite est ralenti. Mais il est important de se rappeler que de multiples facteurs peuvent influencer la vitesse d'extension linéaire, comme la baisse de salinité à l'embouchure d'un fleuve, la turbidité (tempêtes), les changements de concentration en nutriments, etc. Il est donc important de considérer plusieurs coraux de la même espèce à des endroits différents.

Les chercheurs ont analysé 44 carottes de corail et ont commencé par analyser le **haut des carottes** (la partie la plus récente). Pour cette partie haute, les stries de croissances ont d'abord été confrontées aux données de température de l'eau de mer (données ERSST fournies par la NOAA depuis 1854). Grâce à ces données de température de la NOAA, il est facile d'identifier les mois de l'année où la température locale moyenne était de 1°C supérieure à la moyenne habituelle. On sait que le blanchissement débute à ce moment. C'est ce qui est appelé une DHM $\geq 1^\circ\text{C}$ (DHM, Degree Heating Month). Entre 1854 et 2001, c'est-à-dire la période couverte par les données ERSST, il y eut plusieurs DHM $\geq 1^\circ\text{C}$. Les chercheurs ont donc simplement mesuré la hauteur des stries du corail (i.e., la vitesse d'extension linéaire) au moment de ces épisodes DHM $\geq 1^\circ\text{C}$. Ils ont ainsi **calibré** leur outil.

Après cette calibration, les chercheurs ont regardé le **bas des carottes de corail** pour lesquelles aucune donnée de température ERSST n'était disponible, tout simplement parce que la NOAA n'existait pas avant 1854... Et ils virent que certaines stries de croissance avaient la même taille que celles se formant durant un épisode DHM $\geq 1^\circ\text{C}$. La procédure complète d'analyse est présentée en Figure 2.

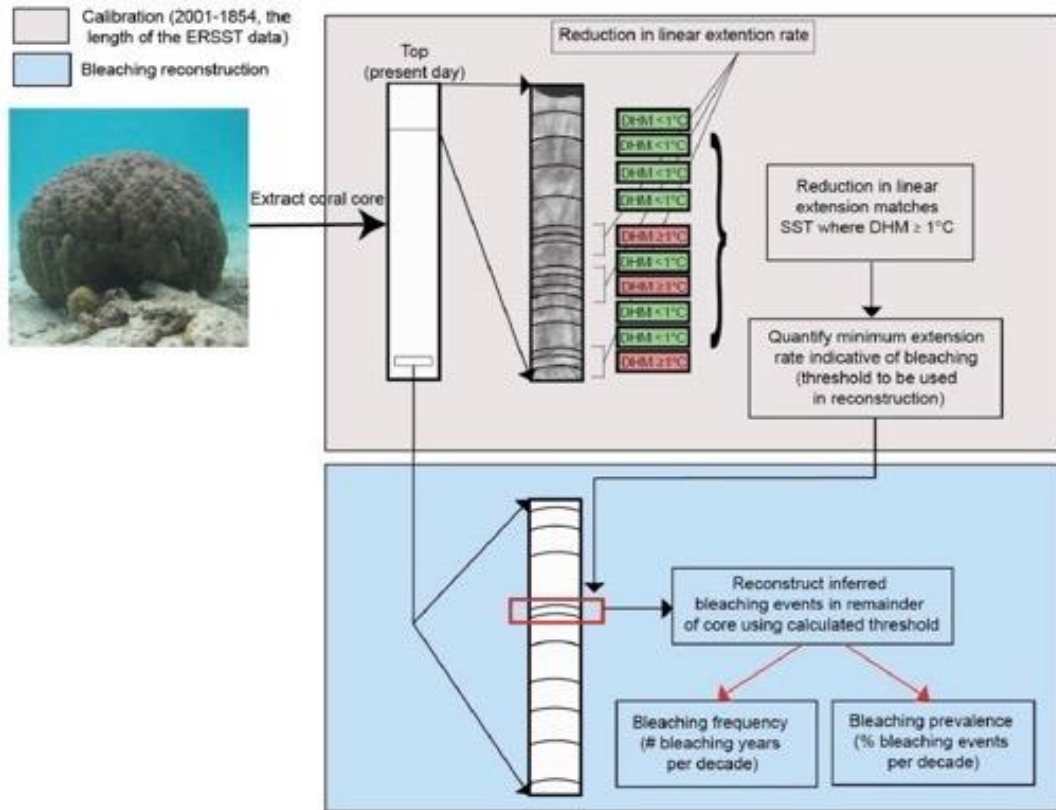
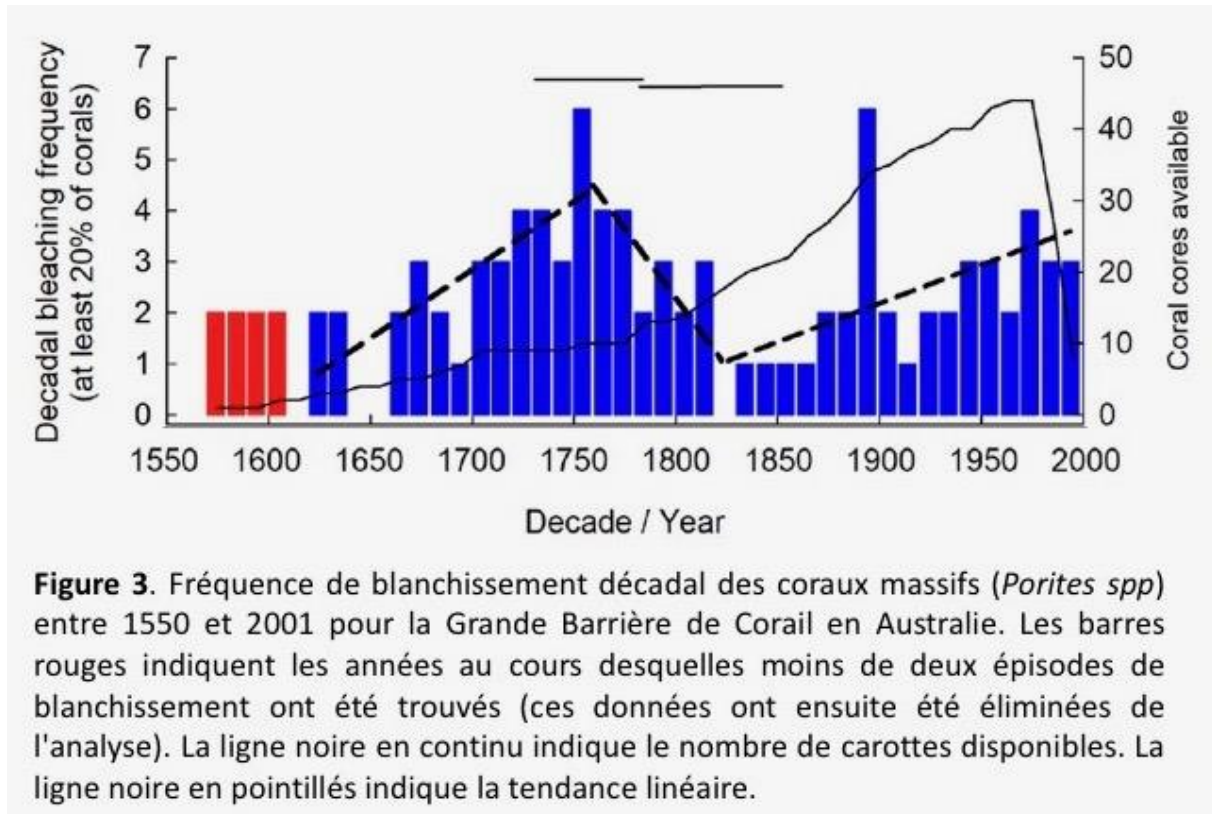


Figure 2. Méthode de calibration des carottes de *Porites* avec les données de température de surface des océans (ERSST de la NOAA). En gris, calibration avec le haut des carottes. En bleu, identification des évènements de blanchissement du passé en utilisant la calibration réalisée (Kamenos NA et Hennige SJ, 2018).

En analysant les *Porites* massifs, Kamenos et Hennige sont ainsi remontés **jusque 1620**, un peu avant la Guerre de Trente Ans. C'est la première fois que l'on réussit à remonter si loin dans le temps. Bien entendu, pas de voitures et pas d'industrie pétrolière à cette époque, pas de pesticides et pas de surpêche, et donc si des épisodes de blanchissement sont détectés, ceux-ci doivent *ipso facto* être imputés à d'autres causes qu'à l'effet de l'homme. Rappelons qu'en 1620 les européens étaient à peine arrivés en Australie. Le Néerlandais Willem Jansz était le premier arrivé, en 1606. Son bateau, le *Duyfken*, jeta l'ancre devant cap York. Dans un récit postérieur, un Néerlandais décrit le territoire qu'il voit « comme non cultivé, et peuplé par de sauvages barbares noirs et cruels, qui ont massacré certains de nos marins » [10]. Les premiers explorateurs britanniques, William Dampier et James Cook, n'arrivent que plus tard entre 1688 et 1770.

Voici maintenant les résultats de Kamenos et Hennige : ils démontrent clairement que **le blanchissement n'est pas un phénomène moderne. Les coraux blanchissaient en 1620 et la fréquence de blanchissement (le nombre d'années de blanchissement par décennie) a même augmenté entre 1620 et 1753**, pour ensuite diminuer de 1754 à 1820. A partir de 1820 jusque 2001, la fréquence augmente à nouveau, **et ce à une vitesse comparable à la période croissante précédente** (Figure 3).



Conclusions

- Le blanchissement des coraux existait avant l'ère industrielle et est apparu déjà en 1620.
- La fréquence de blanchissement peut augmenter ou diminuer en fonction du temps.
- L'augmentation actuelle de la fréquence de blanchissement n'est pas exceptionnelle.
- L'effet de l'homme sur la fréquence de blanchissement semble limité, du moins pour les coraux du genre *Porites*.

Références

[1] Kamenos NA and Hennige SJ (2018) Reconstructing Four Centuries of Temperature-Induced Coral Bleaching on the Great Barrier Reef. *Front. Mar. Sci.* 5:283. doi: 10.3389/fmars.2018.00283.

[2] Saxby T, Dennison WC, Hoegh-Guldberg O (2003). « Photosynthetic responses of the coral *Montipora digitata* to cold temperature stress ». *Marine Ecology Progress Series.* 248: 85–97.

[3] Hoegh-Guldberg O, Smith G (1989). « The effect of sudden changes in temperature, light and salinity on the population density and export of zooxanthellae from the reef corals *Stylophora pistillata* Esper and *Seriatopora hystrix* Dana ». *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 129 (3): 279–303.

[4] Jones RJ, Muller J, Haynes D, Schreiber U (2003). « Effects of herbicides diuron and atrazine on corals of the Great Barrier Reef, Australia ». *Marine Ecology Progress Series.* 251: 153–167.

[5] Kushmaro A, Rosenberg E, Fine M, Loya Y (1997). « Bleaching of the coral *Oculina patagonica* by *Vibrio* AK-1 ». *Marine Ecology Progress Series.* 147: 159–65.

[6] Graham NA, Jennings S, MacNeil MA, Mouillot D, Wilson SK (February 2015). « Predicting climate-driven regime shifts versus rebound potential in coral reefs ». *Nature*. 518 (7537): 94–7.

[7] Potts, D.C.; Done, T.J.; Isdale, P.J.; Fisk, D.A. (1985). « Dominance of a Coral Community in the Genus *Porites* Scleractinia ». *Marine Ecology Progress Series*. 23 (1): 79–84.

[8] Knutson, D. W., Buddemeier, R. W., and Smith, S. V. (1972). Coral chronometers: seasonal growth bands in reef corals. *Science* 177, 270–272. doi: 10.1126/science.177.4045.270.

[9] Thompson, D. M. « Comparison of observed and simulated tropical climate trends using a forward model of coral $\delta^{18}O$ ». *Geophysical Research Letters*. 38.

[10] Flannery, Tim; *The Explorers*; Text Publishing; Melbourne; 1998.

9. La Grande Barrière de Corail en 2022

Mis en ligne SCE : 19.08.2022

La rapport annuel officiel 2021/2022 (Australian Government et Australian Institute of Marine Science) sur l'état des récifs coralliens vient de paraître et se veut rassurant.

Ce rapport fait suite à de nombreux articles alarmistes faisant les gros titres des médias depuis longtemps.

Pour rappel la Grande Barrière Récifale ou Barrière de Corail, au large de la côte du Queensland au nord-est de l'Australie, est le plus grand écosystème sur Terre, elle s'étend sur près de 350 000 km² et représente un peu moins de 0,1% de la surface océanique.

Elle renferme des milliers de récifs (près de 3000) et des centaines d'îles (près de 900) constituées de plus de 600 types de coraux durs (des [scléactiniaires](#) principalement) et mous (des [alcyonaires](#) principalement). Elle fut initiée il y a un peu plus de 500 000 ans, et son évolution récente est liée aux changements environnementaux ayant cours depuis 30 000 ans ([Webster et al., 2018](#)). La dynamique récifale actuelle s'est mise en place il y environ 10 000 ans au cours de l'interglaciaire holocène. Certaines colonies de coraux sont vieilles de plus de 4000 ans ([Kaplan, 2009](#)).



Grand Barrière Récifale, Jennifer Marohasy, 2022

De nombreux scientifiques étudient depuis longtemps la Grande Barrière de Corail. Parmi eux, [le Dr Peter Ridd](#), géophysicien et océanographe physique est un des plus reconnus. Ses travaux sur la Grande Barrière de Corail ont débuté en 1984, et depuis il a rédigé plus de 100 publications scientifiques. [Il a été renvoyé en 2018](#) de son poste d'enseignant à l'Université australienne James Cook après avoir critiqué les exagérations concernant les dommages causés au récif. Aujourd'hui il est membre associé de l'Institute of Public Affairs et également membre de la Coalition CO₂ d'Arlington, en Virginie. L'article ci-dessous, basé sur le rapport officiel (2022) du gouvernement australien confirme les critiques du Dr Ridd face à l'alarmisme relayé sans cesse dans les médias.

9.1 Quelles sont les principales conclusions du rapport ?

Le rapport officiel reprend les fluctuations de la couverture récifale solide due à la précipitation de carbonate de calcium. Il rappelle cependant qu'un récif est complexe : *"A coral reef consists of more than just hard coral and contains a diverse array of other corals, sponges, algae, sand, rock and invertebrates. It is relatively rare for GBR reefs to have 75% to 100% hard coral cover and AIMS defines >30% – 50% hard coral cover as a high value, based on historical surveys across the GBR"*.

La Grande Barrière Récifale (GBR), longue de 2300 km (Australie) avec environ 3000 récifs sur la côte Est de l'Australie, se reconstitue depuis deux ans après une importante destruction (30%) de sa couverture corallienne en 2016 liée à un épisode de [blanchiment](#) ([Hughes et al. 2018](#)) (également in [SCE](#)). Elle enregistre en mai 2022 les niveaux les plus élevés de couverture corallienne jamais observés dans les régions du Nord et du Centre au cours des 36 dernières années de surveillance.

En effet selon le très officiel Institut Australien des Sciences Marines ([AIMS](#)) le développement des coraux va sans cesse croissant depuis 2020. **La dernière campagne d'observation 2022 rapporte un taux moyen d'occupation récifale de 34 %, soit le double de celui de 2012.** Il est important de noter que les tendances de la couverture corallienne sont assez variables dans la GBR, ce qui n'est pas surprenant vu son étendue géographique exceptionnelle : la plupart des récifs comporte une partie solide ([scléactiniaires hermatypiques](#) pour l'essentiel) comprise entre 10% et 50%. Ce taux de 34% (33,9% ± 4%) semble faible en valeur absolue, ce n'est pourtant pas le cas, il ne faut pas perdre de

vue qu'un récif est un ensemble d'écosystèmes (c'est valable pour presque toute bioconstruction actuelle ou à l'échelle géologique) qui représente à tout moment un équilibre entre production et destruction par les agents biologiques et physiques (parfois chimiques). Dans le cas de la GBR, les récifs qui s'étaient édifiés jusqu'à 50 à 100 m au-dessus du niveau marin actuel lors du [Pléistocène](#) ont subi d'importants dégâts suite aux baisses répétées du niveau marin avec recolonisations lors des remontées de ce niveau. Malgré ces changements naturels ou déséquilibres drastiques, liés aux fluctuations absolues du niveau marin ([glacio-eustatisme](#)) depuis 30 000 ans ([University of Sydney, 2018](#), [Webster et al., 2018](#)), la GBR se porte bien aujourd'hui et ce n'est probablement pas la légère augmentation de température de près de 1°C sur un siècle qui va la menacer, d'autant plus que la plupart des coraux croissent plus rapidement dans des eaux plus chaudes (voir [ici](#) dans SCE).

Rappelons quelques faits majeurs concernant l'évolution récente de la GBR. D'abord, en 2018, une épidémie ou invasion par des étoiles de mer (notamment [Acanthaster planci](#), la grande 'tueuse' ou prédatrice de coraux), a surtout affecté les récifs de [Swain](#) (au large du Queensland, à l'extrême Sud et Est de la GBR) ce qui a mené à une légère diminution locale de la couverture corallienne, sans que cela n'ait affecté les nombreux récifs du Sud de la GBR (la couverture passe de 38% en 2021 à 34% en 2022 dans cette partie). Ensuite des températures de l'eau supérieures à la moyenne ont entraîné dans la GBR un blanchiment massif avec destruction importante des coraux en 2021/2022. Cet épisode est le quatrième depuis 2016 (et le sixième depuis 1998), et le premier au cours d'une année [La Niña](#), lorsque les conditions sont généralement plus fraîches. Le pic de ce quatrième événement de blanchiment a eu lieu en mars 2021, et le stress thermique accumulé, mesuré en [degrés de chaleur accumulés par semaine](#), a atteint les niveaux attendus pour entraîner un blanchiment généralisé mais pas une mortalité importante. Les surveillances en mer et aériennes ont bien enregistré un blanchiment généralisé dans l'ensemble de la GBR. **Sachant que les récifs coralliens mettent de 5 à 10 ans pour se reconstruire après un événement de destruction importante, on peut s'étonner de ce rétablissement récent datant de deux ans seulement.** Certains auteurs estiment que ce dernier épisode de destruction 'massive' a été fortement exagéré afin d'accentuer les effets du réchauffement. A suivre... !

9.2. Taux de récupération de la couverture corallienne

Ce taux de récupération rapide serait une caractéristique de la dynamique récifale : la plus grande hécatombe corallienne est le fait du Cyclone Hamish en 2009 avec plus de 50% de perte récifale de la partie Sud de la GBR. La récupération fut effective et totale en 2016 (Figure 1). Ces événements marins (cyclones, blanchiments), qui se produisent depuis des millénaires, sont comparables à des feux de brousse terrestres dont la terre se remet rapidement. Citons P. Ridd : *'cependant, des institutions scientifiques indignes de confiance et d'autres alarmistes climatiques les utilisent pour alimenter l'hystérie à propos d'un climat qui oscille entre le chaud et le froid depuis des millions et des millions d'années'* (traduit depuis [Ridd, 2022](#)). Cette recolonisation rapide traduit l'importance de la résilience du système corallien.

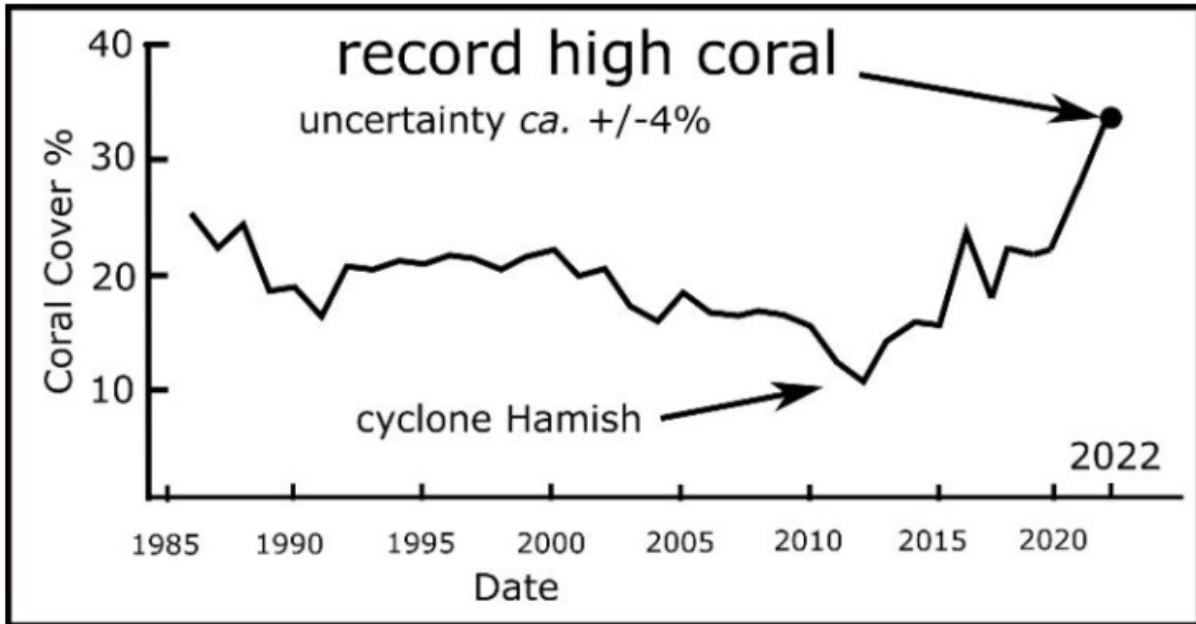


Figure 1 : Taux de récupération des récifs coralliens après le passage du Cyclone Hamish en 2009. La récupération, suite au cyclone, est effective en 2016. Egalement taux de récupération actuelle (mai 2022) après 4 années de déséquilibres dans la GBR (Ridd, 2022).

La recolonisation est notamment assurée par les *Acropora*, à croissance rapide, en colonies arborescentes particulièrement sensibles aux destructions vu leurs formes dressées dans la colonne d'eau.

La situation actuelle de reconquête récifale sur près des deux tiers de la surface de la GBR (partie droite de la Figure 1) est d'autant plus exceptionnelle qu'elle est observée au même moment et partout (càd dans les deux principales zones, Nord et Centrale, elles-mêmes découpées en secteurs (Figure 2), ce qui fut rarement le cas par le passé récent. Cette situation témoigne ainsi d'une GBR en 'bonne santé'. Citons à nouveau P. Ridd (2022) : *'Ceux qui voudraient minimiser les nouvelles concernant la santé exceptionnelle des récifs devraient considérer les dommages émotionnels inutiles infligés aux enfants inquiets pour leur avenir. Des élèves d'écoles primaires américaines parlent de leur disparition prématurée à cause d'une fausse urgence climatique. Une enquête australienne de 2019 rapporte qu'environ la moitié des résidents, des touristes et des opérateurs touristiques interrogés, et près d'un quart des pêcheurs, font état d'un important chagrin lié aux récifs'*.

Sector	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
Cape Grenville	23.8	26.4	29.2	34.6	47
PCB	20.4	20.5	16.3	26.9	41
Cooktown lizard	9	10.2	12.8	21.4	25.3
Cairns	14.6	13.1	13.5	22.9	29.5
Innisfail	10.4	12.3	10.2	13.3	15.6
Townsville	19.4	18.8	19.6	26.6	34.7
Cape Upstart	24.2	24.2	24.2	25.8	30
Whitsunday	29.6	24.4	24.4	29.3	37.4
Pompey	20.2	18.5	25.1	33.4	31.8
Swains	29.7	20.4	24.2	25.4	21.8
Cap Bunker	39.4	49.1	44.5	52.6	58.6
GBR Average assuming equal weight by sector	21.9	21.6	22.2	28.4	33.9
Northern Region Grenville, PCB, Cooktown/Lizard	17.7	19.0	19.4	27.6	37.8
Central Region Cairns to Whitsunday	19.6	18.6	18.4	23.6	29.4
Southern Region Pompey Swains Cap Bunker	29.8	29.3	31.3	37.1	37.4

Figure 2: Evolution de la couverture récifale suivant différents secteurs de la GBR depuis 2017/2018 (AIMS). La marge d'erreur est de 5 à 10 % (in [Ridd, 2022](#)). Pour les autres secteurs se reporter au rapport officiel.

Pour les auteurs du rapport, la GBR reste exposée aux effets du changement climatique, notamment aux vagues de chaleur marines, aux cyclones tropicaux ainsi qu'à l'action destructrice de l'étoile de mer invasive *Acanthaster*. Selon [Ridd](#) (2021) les cyclones auraient plus d'impacts négatifs sur les récifs que les blanchiments. Toujours selon le rapport, ces perturbations, si leurs fréquences ou amplitudes se modifient, pourraient inverser le bon rétablissement actuel de la GBR. Notons que les cyclones tropicaux sont en diminution à l'heure actuelle (voir ici in [SCE](#)).

9.3. Synthèse de la situation actuelle de la GBR

Les éléments les plus significatifs traduisant cette recolonisation récente sont les suivants, établis par l'AIMS avec 87 récifs suivis d'août 2021 à mai 2022 :

- Au cours des dernières 35 années (36 années avec 2022) de surveillance par l'AIMS, les récifs de la GBR ont montré une capacité à se rétablir après des perturbations sur près de deux-tiers de la GBR et un quasi statu-quo dans le tiers restant ;

- La recolonisation est maximale dans le Nord et le Centre de la GBR, en grande partie en raison de l'augmentation des coraux *Acropora* à croissance rapide, qui sont le groupe dominant de coraux sur la GBR ;
- Les récifs ont connu de faibles niveaux d'autres stress aigus au cours des 12 derniers mois, et aucun cyclone grave n'a eu d'impact sur le parc marin. Le nombre d'épidémies d'étoiles de mer sur les récifs étudiés a généralement diminué ; toutefois, des épidémies persistent sur certains récifs (récifs de Swain) du Sud de la GBR ;
- La combinaison de faible de stress aigus et d'un stress thermique cumulé plus faible en 2020 et 2022 par rapport à 2016 et 2017 a entraîné une faible mortalité corallienne et a permis à la couverture corallienne de continuer à augmenter dans les parties Nord et Centrale ;
- Globalement près de la moitié des récifs surveillés (39 sur 87) présentent une couverture de corail solide comprise entre 10% et 30%, et un tiers (28 sur 87) une couverture solide de 30% à 50% ;
- Dans la région Centrale et Nord de la GBR la couverture est de 33% et 36% respectivement, ce qui représente le plus haut taux depuis 36 ans de monitoring ;
- Dans la région Sud de la GBR, la couverture est passée en 2022 à 34% venant de 38% en 2021, suite à l'invasion par *Acanthaster planci*. Hors cette zone d'invasion (récifs de Swain), la couverture atteint 39% ;
- En 2020, la plupart des récifs étudiés ont subi une accumulation de stress thermique qui a entraîné un blanchiment généralisé des coraux, mais en dessous des seuils où une mortalité généralisée est attendue. Dans le même ordre d'idées, les études réalisées en 2021 ont enregistré une faible mortalité des coraux suite au blanchissement de 2020 ;
- Dans les périodes exemptes de perturbations aiguës intenses, la plupart des récifs coralliens de la GBR font preuve de résilience en étant capables de rétablissement rapide comme montré aujourd'hui. Cependant, comme mentionné ci-dessus, les récifs de la GBR peuvent toujours être exposés à des facteurs de stress cumulatifs surtout aux vagues de chaleur marine, aux cyclones tropicaux et aux étoiles de mer invasives.

Notons que [127 récifs](#) avaient fait l'objet d'une surveillance entre août 2020 et avril 2021 et montraient déjà le bon rétablissement de la GBR : *'Hard coral cover increased across all three regions (Northern, Central and Southern) of the GBR since last year, indicating widespread recovery was underway'*.

9.4. Que nous dit le dernier rapport du GIEC (AR6) ?

Les récifs coralliens des eaux chaudes sont examinés par le GIEC dans le Chapitre 3 du WGII de l'AR6 (Cooley et al. 2022). Ce travail, qui ne se limite pas à la GBR australienne, s'étend sur 5 pages, de la page 410 à la page 414 (point 3.4.2.1 Warm-Water Coral Reefs) et cite **89 références allant de 1999 à 2021** (remarquons que Peter Ridd n'est pas cité une seule fois dans ce rapport).

Le GIEC commence par nous dire qu'**il est difficile d'étudier l'évolution des écosystèmes aussi complexes que les récifs coralliens car de nombreux paramètres affectent les coraux en même**

temps (voir la Box 3.1, page 410, intitulée « Challenges for Multiple-Driver Research in Ecology and Evolution »). Par exemple, si on mesure un taux de blanchissement qui varie, quel(s) paramètre(s) ont causé cette variation? En effet, les coraux sont sensibles à la température de l'eau, mais aussi à l'ensoleillement, au pH de l'eau, aux nutriments, aux polluants, et aux facteurs biologiques (virus, bactéries, protozoaires, poissons, étoiles de mer, etc.). Le GIEC nous dit aussi que les expériences en mésocosmes (coraux placés dans des aquariums) sont difficiles à réaliser, ne permettent pas de suivre tous les paramètres, et qu'elles ne correspondent pas exactement avec la situation de terrain. **Voici donc des avertissements qui relativisent bien des prédictions et que l'on ne retrouvera pas dans le résumé pour décideurs (SPM) !**

Ensuite, le GIEC nous dit avec raison qu'il y a de nombreuses façons d'évaluer la santé d'un récif corallien. La couverture corallienne ou le taux de blanchiment, souvent évoqués, ne sont pas les seuls paramètres. Un récif avec un faible taux de couverture corallienne pourra néanmoins comporter de nombreuses espèces. En plus du nombre d'espèces nous pouvons mesurer divers indices de biodiversité, le nombre de coraux affectés par des maladies, le nombre d'espèces à croissance lente, le taux de recrutement, la quantité de nutriments, la production carbonatée, la densité squelettique, la synchronie reproductive, les assemblages de poissons corallivores, etc. La plupart des études ne se focalisent que sur un ou deux paramètres.

Nous n'allons pas ici détailler les 5 pages rédigées par le GIEC. Reprenons-en simplement les conclusions générales concernant les coraux d'eau chaude : « En résumé, des preuves supplémentaires depuis le SROCC (voir Notes) et le SR15 (voir Notes) (tableau 3.3 in AR6) montrent que la croissance des coraux vivants et des récifs diminue en raison du réchauffement et des MHW (Marine Heat Waves) (confiance très élevée). Les récifs coralliens sont menacés de transition vers une érosion nette avec > 1,5 °C de réchauffement climatique (confiance élevée), les impacts devant se produire plus rapidement dans l'océan Atlantique. L'efficacité des efforts de conservation pour maintenir la zone de corail vivant, la diversité des coraux et la croissance des récifs est limitée pour la majorité des récifs du monde avec un réchauffement climatique > 1,5 °C (confiance élevée) (Section 3.6.3.3.2 ; Hoegh-Guldberg et al., 2018b ; Bruno et al., 2019 ; Darling et al., 2019). » (pour les références, consultez le rapport du GIEC).

Face à cette complexité en vue de caractériser l'état des récifs, certaines spécialistes estiment que l'AIMS n'a pas pris assez de précautions dans son étude et que le taux de couverture pourrait être plus élevé que ce qui est annoncé.

9.5. Conclusion

Le suivi à long terme des conditions de développement des coraux de la Grande Barrière Récifale montre que la situation actuelle est bonne et que les coraux sont capables d'une forte résilience. Peut-on invoquer une action humaine précise qui aboutit à ce résultat ? A priori non, car ce sont bien les vagues de chaleur et les cyclones (et plus localement *Acanthaster*, l'étoile de mer invasive) qui semblent les paramètres fondamentaux affectant la GBR. Ces paramètres semblent avoir été moins présents lors de ces dernières années, malgré le réchauffement et malgré l'augmentation continue du CO₂ atmosphérique tant invoquée. C'est un constat, en partie mentionné dans le rapport officiel. De même il n'est nulle part question dans le rapport d'acidification de l'océan, sujet déjà abordé à SCE. Alors 'la Science est-elle dite ?'

A l'échelle géologique (non abordée ici) un équivalent de la Grande Barrière de Corail a existé au Dévonien (419-359 millions d'années). Elle était également dominée par les coraux, algues et des équivalents des éponges actuelles (= Stromatoporoïdes), et s'est maintenue pendant plusieurs

dizaines de millions d'années. **C'est la plus grande barrière récifale de tous les temps géologiques. Cet épisode récifal majeur s'est développé et maintenu avec un taux de CO₂ atmosphérique élevé (2000 ppm, soit 4 à 5 fois la teneur actuelle ou subactuelle), contrairement à aujourd'hui (Bridge et al., 2022 in Nature).** D'autres barrières moins étendues ont existé pendant des millions d'années, par exemple au Jurassique.

Notons enfin que malgré l'ambiance alarmiste qui règle désormais nos vies, certains médias (exemple [ici](#)) ont eu l'honnêteté de rapporter que la Grande Barrière de Corail se porte bien, en ajoutant bien entendu : *la prudence reste de mise*

NOTES

SROCC : Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate

SR15 : Special Report on Global Warming of 1.5°C

SCE a déjà publié trois articles concernant les coraux :

- [Berth \(2018\)](#) Réflexions sur les coraux.
- [Berth \(2018\)](#) Les coraux blanchissent depuis très longtemps.
- [Berth \(2019\)](#) Des coraux qui s'adaptent aux températures plus élevées.