

CORAUX, CHANGEMENT CLIMATIQUE ET PERTURBATEURS LOCAUX

Marc Métian, David Lecchini & Laetitia Hédouin

NOTIONS

Cet article aborde les notions suivantes :

- Biodiversité
- Acidification
- Réchauffement climatique
- Plastique
- Perte de la symbiose
- Impact de l'être humain sur l'environnement

Voir aussi les articles

- UN RÉCIF CORALLIEN, C'EST QUOI ?
- BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DU CORAIL

Ces notions peuvent être utilisées :

- en Cycle 4 (actions de l'humain sur les ressources)
- au Lycée (biodiversité)

1/ GÉNÉRALITÉS SUR L'EFFET DES PERTURBATEURS LOCAUX ET GLOBAUX SUR LES CORAUX

Les coraux sont des animaux qui fixent le calcium de l'eau de mer sous forme de carbonate de calcium pour fabriquer leur exosquelette. Ils ont aussi dans leurs tissus des algues endosymbiotiques (zooxanthelles) qui leur apportent l'énergie pour vivre. Ces deux caractéristiques, construction d'un squelette calcaire et symbiose, sont deux points faibles des coraux face à des stress locaux (eaux usées, pollution plastique, etc.) et globaux (acidification, augmentation de la température, etc.).

Le changement/dérèglement climatique, provoqué par les actions humaines depuis le début du 20^{ème} siècle, entraîne des modifications majeures de tous les écosystèmes, bien que ces effets soient variables dans l'espace et dans le temps (rapports du GIEC : <https://www.ecologie.gouv.fr/publication-du-6e-rapport-synthese-du-giec>). Comme tous les écosystèmes, les récifs coralliens sont aussi menacés par des stress locaux et mondiaux. Les coraux, donc les récifs coralliens, sont susceptibles de disparaître, comme nous les connaissons actuellement, d'ici la fin du siècle, si les objectifs de réduction des émissions de gaz de l'Accord de Paris* ne sont pas atteints.

Parmi tous les perturbateurs affectant les coraux, nous en présentons trois dans ce chapitre : le réchauffement climatique, l'acidification des océans et la pollution en plastiques.

↗ RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE DES OCÉANS

Les activités humaines, telles que la combustion d'énergies fossiles, la production de ciment et la déforestation, ont augmenté les concentrations de gaz à effet de serre dans notre atmosphère. L'accumulation de dioxyde de carbone (CO₂), et d'autres gaz piégeant la chaleur, a entraîné une augmentation de la température atmosphérique, réchauffant la Terre de ~ 0.9 °C depuis 1880 et projetant de la réchauffer davantage entre 2 et 4°C du fait des activités humaines qui ne diminuent pas (Fig. 1).

L'océan subit aussi les effets du réchauffement mondial. Principal puit de carbone* de la planète, l'océan absorbe la chaleur et l'énergie supplémentaires qui se dégagent des émissions de gaz à effet de serre piégés dans le système terrestre. Jusqu'à présent, l'océan a absorbé 90% de la chaleur générée par la hausse des émissions. En 2021, près de 60% de la surface des océans ont connu au moins une période de vagues de chaleur océaniques*.

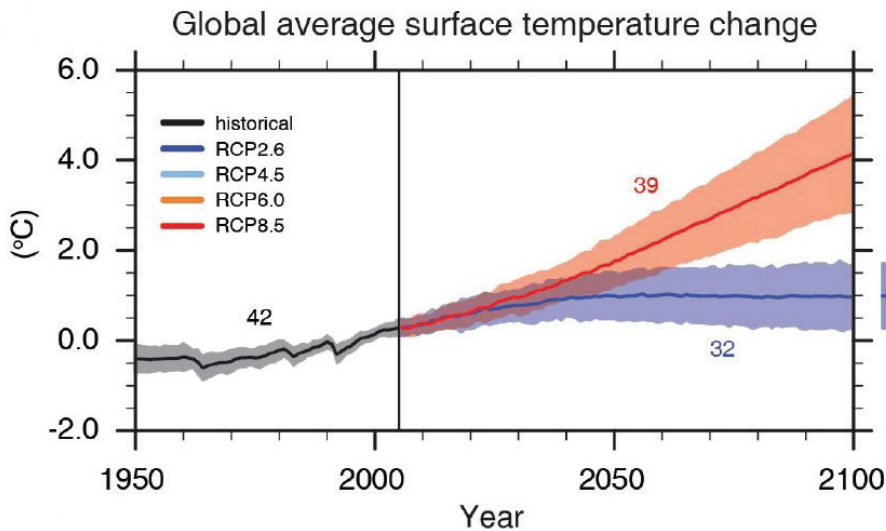


Figure 1 : Variation moyenne globale de la température de surface de 1950 à 2100. La mesure de l'incertitude (ombrage) et les projections sont présentées pour les scénarios RCP2.6 (bleu) et RCP8.5 (rouge) (source : IPCC 2013)

Le blanchissement des coraux se produit lorsque les récifs, en situation de stress, perdent les algues microscopiques (zooxanthelles) symbiotiques qui sont essentielles à leur survie. Les coraux tolèrent une gamme étroite de conditions environnementales et peuvent vivre près de la limite supérieure de leur tolérance thermique (aux alentours de 29-30°C), comme c'est le cas en Polynésie française. Les coraux sont donc très sensibles aux changements de température de la mer. Des températures du lagon anormalement élevées (> 1-2°C supérieure à la moyenne) provoquent le blanchissement des coraux (Fig. 2). Toutes les espèces de coraux ne sont pas sensibles de la même façon à cette élévation de température.

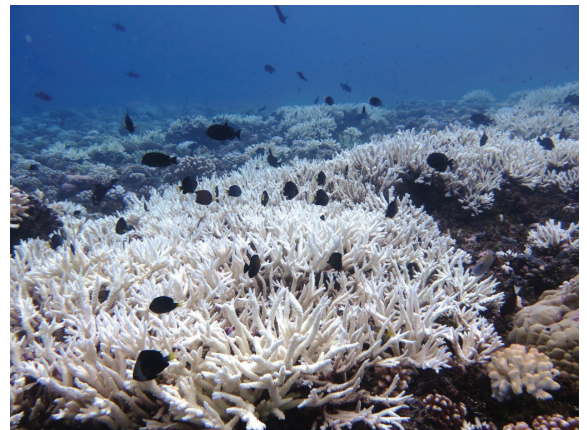


Figure 2 : Blanchissement corallien à Tikehau (Atoll des Tuamotu) en 2016 (© C. Berthe)

On parle de "blanchissement" des coraux, car ils perdent leur couleur déterminée par les zooxanthelles. Le polype est transparent. L'élévation de température provoque le retrait des zooxanthelles hors du corail. Le blanc que nous voyons est donc le squelette calcaire. Pendant cette période de blanchissement, le polype continue de se nourrir via ses tentacules, mais cela ne lui apporte que 30% de son apport nutritionnel quotidien. Les 70% restant sont apportés par la symbiose avec les zooxanthelles. Le blanchissement n'est donc pas la mort du corail. Si le stress thermique diminue, les coraux peuvent se rétablir avec le retour des zooxanthelles. Mais, si le stress est maintenu, le corail ne peut survivre trop longtemps avec seulement 30% de son apport nutritionnel. Un corail mort sera alors vite colonisé par des algues.

↗ ACIDIFICATION DES OCÉANS

Le réchauffement climatique provoque aussi l'acidification des océans, définie comme une diminution du pH de l'océan. La concentration de gaz carbonique (CO₂, aussi appelé dioxyde de carbone) dans l'atmosphère a considérablement augmenté depuis la révolution industrielle*, passant d'environ 280 parties par million (ppm) de CO₂ à l'époque préindustrielle à 419 ppm de CO₂ en 2021. Cette augmentation de CO₂ est absorbée par l'océan et entraîne des modifications de la chimie des carbonates de l'océan, communément appelée "acidification des océans".

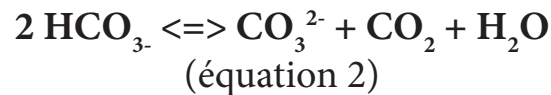
L'acidification des océans est donc une diminution du pH. De 1950 à 2021, le pH des eaux superficielles des océans est passé de 8,15 à 8,05. L'eau de mer est toujours basique (pH > 7). Mais, on parle d'acidification des océans dès lors que le pH devient moins basique. Ainsi, les rejets de CO₂ dans l'atmosphère y accroissent l'effet de serre*, entraînant un réchauffement du climat global de la planète. Dans l'océan, qui absorbe environ un tiers de ces rejets, l'ajout de CO₂ a un double effet selon la chimie des carbonates de l'océan (équations 1 et 2 ci-dessous).

Effet n°1 : Le CO₂ combiné à l'eau donne de l'acide carbonique H₂CO₃ qui se dissocie en ions H⁺ et en bicarbonates HCO₃⁻.



D'avantage d'ions H⁺ signifie que le pH de l'eau de mer diminue. Les océans deviennent plus acides. Les organismes photosynthétiques (algues et cyanobactéries) utilisent le CO₂ et l'énergie lumineuse pour fabriquer leurs constituants. Dans un océan plus riche en CO₂, ces organismes dépenseront moins d'énergie pour mobiliser le CO₂ dont elles ont besoin pour la photosynthèse. Les zooxanthelles présentes dans les coraux pourraient donc être favorisées par l'acidification des océans.

Effet n°2 : L'équation 2 explique comment un océan plus acide affecte négativement les organismes biocalcifiant.



Lorsque du CO₂ pénètre dans l'océan (équation 1), l'équilibre de l'équation 2 se déplace vers la gauche : d'avantage d'ions carbonate CO₃²⁻ sont utilisés pour former des ions bicarbonate HCO₃⁻. La réduction des ions carbonate CO₃²⁻ disponibles est un problème pour les organismes marins biocalcifiant, tels que les coraux, les crustacés et les mollusques, qui en ont besoin pour construire leurs coquilles ou leurs squelettes.

Une étude sur les coraux aux Bermudes révèle que les taux de calcification ont diminué de 25% au cours des 50 dernières années à cause de l'acidification des océans. Une autre étude a modélisé la croissance du squelette d'un corail, *Porites*. La croissance du squelette des coraux consiste en deux processus distincts : l'extension (croissance vers le haut) et la densification (épaississement latéral). L'acidification des océans affecte négativement une composante du processus de croissance (densité), mais pas l'autre (extension linéaire). L'étude conclue que la densité du squelette des coraux *Porites* pourrait diminuer de 20% au cours du 21^{ème} siècle en raison de l'acidification des océans.

Cependant, des travaux récents (après les années 2020) montrent aussi une forte résilience et adaptation des coraux face à l'acidification, grâce une plasticité phénotypique (ajustements physiologiques, minéralogiques, structurels et moléculaires), une plasticité transgénérationnelle et une disponibilité accrue de nourriture. Les impacts de l'acidification des océans sur les organismes biocalcifiants seraient moins délétères qu'on ne le pensait initialement, car leur capacité d'adaptation a été sous-estimée.

➔ POLLUTION EN PLASTIQUES

Les plastiques sont durables, peu coûteux, légers et possèdent des propriétés d'isolation et de résistance qui offrent de nombreux avantages médicaux, sociétaux et technologiques. Pour ces raisons, la production mondiale de plastiques est passée de 2 millions de tonnes (Mt) en 1950 à près de 350 Mt en 2017, et devrait atteindre 1 800 Mt en 2050. Chaque année, 8 Mt de plastiques finissent dans nos océans. Une fois dans l'eau, le plastique se décompose en très petits morceaux, les fameux microplastiques qui contaminent l'air que nous respirons, les aliments que nous mangeons et l'eau que nous buvons. Un être humain pourrait ainsi ingérer environ 5 grammes de plastique chaque semaine, soit l'équivalent de la quantité de microplastiques contenue dans une carte de crédit. Des milliers d'oiseaux et d'animaux marins les confondent également avec de la nourriture, et s'étranglent ou s'empoisonnent avec.

Dans les récifs coralliens, ces microplastiques affectent aussi bien les coraux que les poissons et les tortues, soit en étant ingérés, soit en étouffant les individus. Par exemple, les fonctions comportementales, sensorielles et neuromusculaires des poissons sont fortement influencées par l'ingestion de microplastiques. Les poissons



Figure 3 : Débris plastique coincé dans les branches d'un corail *Pocillopora*
(© C. Berthe)

contaminés se nourrissent souvent moins, sont souvent plus audacieux envers un compétiteur, et ont une activité de nage et une vision plus faible.

Concernant les coraux, les débris plastiques (macroplastiques, Fig. 3) auraient un effet sur le développement des maladies en provoquant des lésions physiques sur les tissus coralliens. En servant de support aux agents pathogènes au sein d'un récif, ils favoriseraient leur propagation et augmenteraient les risques d'infection des coraux. Ces macroplastiques peuvent aussi produire un effet barrière limitant l'accessibilité à la nourriture et contraignant le corail à augmenter l'activité de ses tentacules pour la capture de proies. De plus, ces macroplastiques peuvent limiter la pénétration de la lumière, nécessaire à la photosynthèse des zooxanthelles.

2/SPÉCIFICITÉS DE LA RÉSILIENCE DU LAGON DE BORA BORA

Bora Bora, comme tous les écosystèmes de la planète, est affecté par ces perturbateurs locaux et globaux. Cependant, grâce à des actions locales, les coraux de Bora Bora n'ont pas subi de mortalité significative entre 2006 et 2018. Le programme de surveillance « Reef Check » montre que la couverture corallienne vivante est stable à l'échelle du lagon (% de corail vivant : $28 \pm 6\%$ en 2006 et $30 \pm 8\%$ en 2018). De 2006 à 2018, les colonies coralliennes à l'intérieur du lagon de Bora Bora ne semblent pas avoir été significativement impactées par des événements liés au changement climatique ou par des épidémies d'étoiles de mer à couronne d'épines (*Taramea*, *Acanthaster planci*).

Les trois derniers événements hypoxiques* et de hautes températures enregistrées à Bora Bora ont eu lieu en 1984, 2001 et 2020. Ces perturbations majeures ont entraîné une mortalité massive de poissons et de macro-invertébrés et un blanchissement massif des coraux (toutes espèces sauf *Porites*), mais uniquement dans la partie sud de l'île (Matira).

Les stress locaux ont également eu un impact minimal grâce à une gestion proactive de l'environnement. Par exemple, un réseau collectif d'eaux usées et deux stations d'épuration ont été construits depuis 1993 pour gérer l'assainissement des eaux usées, ce qui permet de rejeter dans le lagon des eaux traitées. De plus, la qualité de l'eau de mer est réglementée par des normes européennes, ce qui a permis à Bora Bora d'être certifiée "Pavillon bleu" depuis 1999. Par conséquent, les seuls stress locaux qui pourraient tuer les coraux seraient la sédimentation ou le ruissellement terrestre dû à la construction d'hôtels ou à l'agriculture intensive autour des bassins versants de Bora Bora. Cependant, l'altitude la plus élevée atteinte par l'île est de 727 m, ce qui limite le ruissellement terrestre dans le lagon. De plus, les activités agricoles sont principalement limitées aux îlots de basse altitude. Par conséquent, il y a peu de ruissellement terrestre provenant de l'agriculture dans le lagon. Enfin, les hôtels de Bora Bora ont principalement affecté les motu avec le creusement de lagunes artificielles et la construction de plusieurs chambres sur pilotis. Cependant, seuls deux de ces hôtels de luxe ont été construits entre 2006 et 2008.

Le manque de données de surveillance plus anciennes (avant 2006) signifie que tout impact de la construction d'hôtels sur la survie et la croissance des coraux, entre les années 1980 et le lancement du programme de surveillance « Reef Check » en 2006, reste inconnu. De plus, depuis 2018, un hôtel est en construction en 2023 sur le récif frangeant de la baie de Povai (Bloody Mary's) et de nombreux terrassements se font tout autour de l'île, augmentant le ruissellement des eaux dans le lagon. Espérons que les récifs coralliens survivent à ces nouveaux stressseurs.

QUESTION

En t'appuyant sur le schéma ci-dessous de la NOAA (Fig. 4), explique pourquoi le blanchissement peut être dû au réchauffement des océans, mais aussi à un apport terrigène, un sur-ensoleillement et une marée trop basse ?

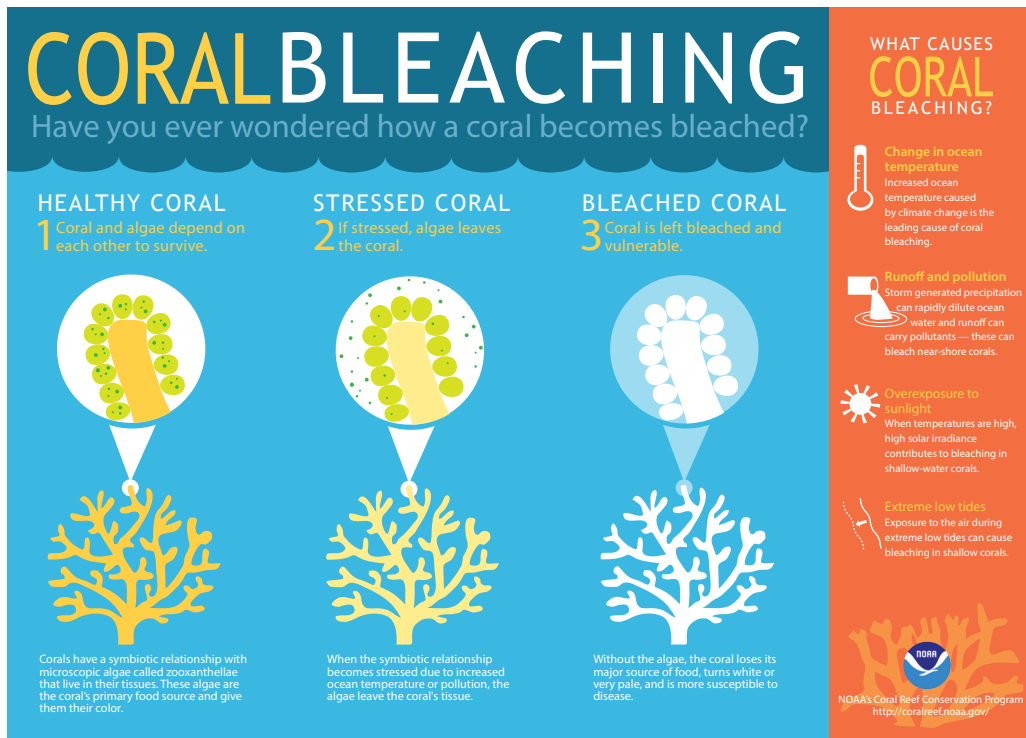


Figure 4 : Représentation de la NOAA sur le blanchissement des coraux. En complément de ce schéma, on peut souligner que tous les épisodes de blanchissement ne sont pas dus à des eaux chaudes. En janvier 2010, les températures froides de l'eau dans les Keys de Floride (USA) ont provoqué un épisode de blanchissement du corail qui a entraîné la mort de certains d'entre eux. Les températures de l'eau ont chuté de -6°C , par rapport aux températures habituelles observées à cette période de l'année.
(source : NOAA)

GLOSSAIRE

ACCORD DE PARIS : traité international juridiquement contraignant sur les changements climatiques. Il a été adopté par 196 Parties lors de la COP 21 en 2015.

EFFET DE SERRE : processus naturel résultant de l'influence de l'atmosphère sur les différents flux thermiques contribuant aux températures au sol d'un objet céleste.

HYPOXIE : diminution de la quantité d'oxygène que le sang distribue aux tissus.

PUITS DE CARBONE : système (forêt, océan, etc.) qui absorbe naturellement une partie du CO_2 émis dans l'atmosphère.

RÉVOLUTION INDUSTRIELLE : processus historique du XIX^e siècle qui fait basculer les sociétés occidentales à dominante agraires et artisanales vers des sociétés commerciales et industrielles.

VAGUE DE CHALEUR OCÉANIQUE (OU CANICULE MARINE) : épisode inhabituel de réchauffement des températures de surface de la mer et des couches superficielles de vastes zones marines.

MES NOTES

Cette page est à toi. Pour noter ou dessiner :

- les réponses aux questions
- de nouvelles questions à voir avec tes professeurs
- des idées
