

QDD.

Question de
développement

Synthèse des études
et recherches de
l'AFD

MARS 2025
N° 86

Canicules marines et blanchissement des coraux : quelles sont les opportunités et défis pour la recherche et les politiques publiques ?

Depuis le début de l'ère industrielle, le dérèglement climatique a entraîné un réchauffement global de l'océan de surface, accompagné d'épisodes extrêmes de vagues de chaleur marine, également appelées canicules marines. Ces événements ponctuels, de plus en plus fréquents et intenses, provoquent le blanchissement des coraux et leur déclin à grande échelle. En avril dernier, l'Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique (NOAA) et l'Initiative internationale pour les récifs coralliens (ICRI) ont signalé le quatrième épisode mondial de blanchissement des coraux,

le second en une décennie, s'étendant de février 2023 à avril 2024. Ces phénomènes posent de sérieux défis écologiques et socio-économiques majeurs. Cette étude examine les impacts des canicules marines sur les coraux et explore les opportunités et les défis pour orienter la recherche et les politiques publiques.

Des vagues de chaleur marines de plus en plus fréquentes et intenses

Depuis la période préindustrielle, les émissions de gaz à effet de serre dues aux activités anthropiques ont drastiquement augmenté et se sont traduites par une élévation de la température moyenne atmosphérique d'1,1°C (GIEC, 2021). Ce réchauffement planétaire a induit une augmentation significative de la température de l'océan de surface au cours des dernières décennies

dans la plupart des régions du globe. Dans ce contexte, les études récentes s'accordent sur le fait que des épisodes de chaleurs océaniques extrêmes, aussi appelés canicules marines, sont de plus en plus intenses et fréquents avec le changement climatique (Oliver *et al.*, 2018). Une vague de chaleur marine (*Marine Heat Waves* ou MHWs, en anglais) se définit comme une période prolongée, allant de plusieurs jours à plusieurs mois, durant laquelle la température de l'eau de surface est anormalement élevée (généralement + 1 à 5 °C par rapport à une valeur de référence) et dont l'étendue spatiale peut atteindre plusieurs kilomètres. Bien que leurs causes soient encore aujourd'hui mal connues, les canicules marines seraient favorisées lorsque les couches de mélange sont peu profondes et stratifiées, les vents anormalement faibles (i.e. une réduction des pertes de chaleur océanique) et suite à l'atteinte de maximum de températures atmosphériques (Sen Gupta *et al.*, 2020). D'autres événements climatiques régionaux ou globaux, tels que les oscillations australes El Niño (ENSO), décennales Pacifique (PDO) ou encore multi décennales Atlantique (MAO), peuvent également déclencher des canicules marines (Oliver *et al.*, 2018).

Grâce à la compilation de jeux de données de température *in situ* et satellitaires, les chercheurs ont constaté que la fréquence et la durée moyennes des vagues de chaleur marine ont augmenté respectivement de 34 % et de 17 %, entre 1925 et 2016 (Oliver *et al.*, 2018). Cela se traduit par une augmentation de 54 % du nombre annuel de jours de vagues de chaleur marine à l'échelle mondiale, sur cette même période, avec une accélération marquée depuis les années 80. En d'autres termes, ces enregistrements montrent que l'augmentation de la fréquence et de la durée du phénomène équivaut en moyenne à 30 jours supplémentaires par an de canicules marines en 35 ans.

Ces épisodes de chaleur intense ont des conséquences néfastes sur les écosystèmes marins : réduction de la productivité océanique, disparition des forêts de varech, mortalité d'invertébrés marins, migration de certaines espèces ou encore modification de la structure des communautés. Ces conséquences ont d'inévitables répercussions écologiques, sociales et économiques (e.g. la modification des quotas de pêche) et se traduisent parfois par des tensions économiques ou géopolitiques entre les nations (Oliver *et al.*, 2018). Ces tendances s'expliquent principalement par le réchauffement global de l'océan de surface et cela suggère donc que l'occurrence de ces événements océaniques extrêmes pourraient s'intensifier au cours des prochaines décennies.

Les cycles naturels en action : comprendre les dynamiques océaniques et climatiques

Divers phénomènes naturels influencent les régimes météorologiques et les variations climatiques tant à l'échelle régionale que globale. Parmi eux, l'oscillation australe El Niño (ENSO) désigne des variations périodiques de la température de surface de l'océan Pacifique équatorial, alternant entre des phases de réchauffement (El Niño) et de refroidissement (La Niña). Ces cycles, qui durent de 2 à 7 ans, affectent les températures mondiales, les précipitations et l'activité cyclonique. Dans l'océan Pacifique Nord, l'oscillation décennale du Pacifique (PDO) correspond à une alternance de phases chaudes et froides à plus long terme, avec des cycles s'étendant sur 20 à 30 ans, influençant principalement le climat nord-américain et le secteur de la pêche. Dans l'océan Atlantique Nord, l'oscillation multi-décennale de l'Atlantique (AMO), qui se manifeste sur des périodes de 40 à 80 ans, affecte les températures en Europe, ainsi que les sécheresses et les ouragans en Afrique. Ces oscillations modulent les variations climatiques globales à différentes échelles temporelles et, dans certains cas, exacerbent les impacts du changement climatique.

Le blanchissement des coraux – des conséquences parfois irréversibles

Parmi les organismes marins, les coraux constructeurs de récifs, dits scléactiniaires, qui vivent dans les eaux de surface, sont particulièrement vulnérables aux canicules marines. En effet, ces animaux marins au squelette de calcaire, vivent en symbiose avec des algues unicellulaires, les zooxanthelles, qu'ils hébergent dans leurs tissus. Cette cohabitation entre algue et corail profite à chacun : le corail (i.e. l'hôte) héberge, abrite et protège les zooxanthelles (i.e. les symbiotes), tandis qu'elles fournissent de l'énergie au corail *via* la photosynthèse. Lorsque l'eau de mer se réchauffe anormalement, les coraux soumis au stress thermique, expulsent leurs symbiotes. Les tissus des coraux sont alors dépourvus de leurs algues symbiotiques et perdent leur couleur initiale pour devenir blancs, c'est le phénomène de blanchissement des coraux.

Des travaux de recherche ont permis de créer une base de données mondiale (GCBD) à partir de 34 846 enregistrements provenant de 14 405 sites dans 93 pays, fournissant des informations essentielles sur la présence ou l'absence de blanchissement de coraux, pour la période 1980-2020 (van Woesik & Kratochwill, 2022). Au cours des dernières décennies, les événements de stress thermique tels que les canicules marines ont augmenté en fréquence et en intensité, entraînant un blanchissement généralisé des coraux à travers le monde. Dans la plupart des cas, ce phénomène est réversible et dès lors qu'elles ne sont plus sous stress, les colonies coralliennes peuvent de nouveau accueillir de nouveaux symbiotes. D'après certains scientifiques, ce processus serait une forme de résilience des coraux face au changement climatique, en favorisant les avantages à long terme (leur survie) plutôt que ceux du court-terme (alimentation/protection). D'autres, optent pour l'hypothèse du « blanchissement adaptatif », une opportunité pour eux d'acquérir de nouveaux symbiotes mieux adaptés aux conditions environnementales actuelles.

De nombreuses initiatives de conservation innovantes

La prise de conscience de la disparition quasi-totale des coraux d'ici 2050 sous un climat à + 2 °C (GIEC, 2021), a permis la mise en œuvre de nombreuses initiatives pour enrayer cette dynamique et assurer la conservation des récifs, en France et à travers le monde.

Face à cette urgence, la France s'est, par exemple, engagée à protéger l'intégralité de ses récifs coralliens d'ici 2030. À cet égard, France Relance et l'Office français de la biodiversité ont financé en 2024 le projet *Future Maore Reefs*, porté par l'Institut de recherche pour le développement, afin de tester des solutions bas-carbone fondées sur la nature pour restaurer durablement les récifs coralliens de Mayotte, La Réunion et Madagascar.

Dans cette même optique, la banque mondiale et ses partenaires ont mis en place un instrument innovant permettant de lever des fonds pour aider le gouvernement indonésien à améliorer l'efficacité de la gestion de plus de 5 millions d'hectares d'AMP et ainsi préserver les récifs coralliens. Ce concept, appelé « *Indonesia Coral Bond* » (Obligation corallienne indonésienne), repose sur l'atteinte d'objectifs basés sur des indicateurs de réussite pertinents qui mettent en avant les bénéfices environnementaux et sociaux dérivés de la mise en place d'AMP pour la conservation des récifs. L'un des atouts de ce type d'outil est qu'il rémunère la performance, ce qui le rend attractif pour les bailleurs de fonds. En complément, la *Coral Triangle Initiative* (CTI-CFF) soutient, dans cette région, la gestion durable des récifs coralliens, des pêcheries et de la sécurité alimentaire, tout en renforçant la coopération régionale pour la protection des écosystèmes marins et la résilience des communautés côtières.

Sur le plan international, la coalition « *The Coral Reef Breakthrough* », lancée lors de la 37^{ème} réunion générale de l'ICRI en 2023, vise à garantir l'avenir de plus de 12,5 millions d'hectares de récifs coralliens tropicaux afin de soutenir la résilience de plus d'un demi-milliard de personnes dans le monde d'ici 2030.

En parallèle, le développement d'outils innovants pour l'écologie est incontournable pour la recherche, car il permet, d'une part, de contribuer à la collecte et à l'accès aux données et, d'autre part, d'améliorer et accélérer le suivi de l'état des récifs, permettant ainsi d'évaluer les plans de conservation mis en œuvre. C'est, par exemple, le cas du *challenge IA-Biodiv*, cofinancé par Meta, l'Agence nationale de la recherche et l'AFD depuis 2022, qui vise à la fois à accroître les ressources, favoriser l'accès aux données et contribuer aux avancées technologiques pour répondre aux enjeux de la biodiversité marine en s'appuyant sur l'intelligence artificielle.

Dans les cas de canicules intenses et prolongées, ce phénomène peut s'avérer irréversible, causant la mort du corail et entraînant ainsi la disparition des récifs coralliens. En 2016, par exemple, la Grande Barrière de Corail australienne, la plus grande construction biominérale au monde et visible depuis l'espace, a subi un événement El Niño sévère ayant causé la mort de 30 % des coraux suite à un blanchissement. La perte de tels écosystèmes a des implications écologiques et socio-économiques considérables. Puisqu'ils abritent 25 % de la biodiversité marine, leur disparition entraîne une perte de l'habitat pour un grand nombre d'espèces marines pouvant provoquer une extinction locale, voire régionale, de la biodiversité. Par ailleurs, les coraux apportent d'importants services écosystémiques (source de nourriture, protection du littoral, attractivité

touristique) dont plusieurs millions de personnes dépendent. Leur disparition peut alors provoquer de graves répercussions notamment dans les secteurs de l'industrie de la pêche et du tourisme. Par exemple, une étude économétrique a été menée en Asie du Sud Est pour évaluer les implications économiques du blanchissement massif des coraux, survenu en 2010, en particulier dans le secteur de la plongée sous-marine (Doshi *et al.*, 2012). Cette enquête, réalisée sur 11 sites de plongée répartis en Indonésie, Malaisie et Thaïlande, a estimé la perte de valeur économique non marchande (en termes de surplus du consommateur) liée à cet événement entre 49 et 74 millions de dollars, selon la durée et l'ampleur du blanchissement dans cette région. Ces dommages, directement liés au blanchissement des coraux, sont substantiels pour les communautés locales.

Des politiques publiques et des stratégies locales et internationales plus ciblées

Ces dérèglements climatiques sont déjà bien avancés et risquent de s'accroître au cours des prochaines décennies, augmentant ainsi le risque de bouleversements socio-économiques mondiaux. Face aux menaces croissantes pesant sur les récifs coralliens, il est urgent d'intensifier l'effort collectif engagé et d'adopter des gouvernances performantes et adaptées. Pour renforcer l'efficacité des actions publiques en faveur des récifs coralliens, il paraît essentiel d'instaurer un dialogue plus étroit entre la science et la politique, afin de mieux intégrer les connaissances scientifiques dans la prise de décision.

En parallèle, une approche inclusive intégrant pleinement les acteurs locaux (gestionnaires, collectivités, société civile) dans les débats publics permet de concevoir des politiques et stratégies mieux adaptées aux réalités écologiques et sociales de chaque territoire. À plus grande échelle, une coopération internationale accrue, fondée sur le partage des connaissances et des ressources, ouvre la voie à des actions concertées et durables pour la préservation des récifs.

Si agir sur le changement climatique et les canicules reste complexe à l'échelle locale, il est en revanche possible de renforcer la résilience des récifs en limitant d'autres formes de pressions. Ainsi, le développement d'outils financiers innovants et attractifs semble indispensable pour encourager les bailleurs à investir pour la conservation des récifs et la gestion de zones protégées. Aux côtés de financements publics classiques, des instruments plus innovants, tels que les crédits carbone pour les écosystèmes marins (« carbone bleu »), les obligations non souveraines ou les crédits biodiversités (encore émergents), cherchent à mobiliser la finance privée. D'autres modèles, comme les frais d'accès ou les taxes sur les activités touristiques, permettent, eux, d'alimenter directement le budget des gestionnaires d'aires marines protégées. Des exemples réussis, tels que le parc marin de Bunaken (Indonésie) ou le site du patrimoine mondial de Tubbataha (Philippines), démontrent l'efficacité de ces approches (Doshi *et al.*, 2012).

Enfin, l'éducation et la contribution locale dans les stratégies de conservation des récifs coralliens est une clé pour assurer une protection durable des récifs. Les aires marines éducatives (AME) en sont un exemple, impliquant les élèves et les communautés dans la gestion de leur environnement marin. En sensibilisant les jeunes et en les engageant dans des actions concrètes, elles renforcent l'appropriation locale des mesures de conservation et la résilience des écosystèmes. Ainsi, les AME démontrent l'importance de politiques combinant éducation et gouvernance participative pour une préservation efficace des récifs à long terme.

De telles mesures de conservation des écosystèmes récifaux ne suffiront cependant pas à enrayer leur déclin, ni celui des populations qui en dépendent. Sans une réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre jusqu'à un niveau net zéro, les vagues de chaleur continueront de s'intensifier, menaçant irrémédiablement la survie des récifs coralliens d'ici 2050.

Bibliographie

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat/GIEC (2021), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, <https://doi.org/10.1017/9781009157896>

Oliver E. C. J. et al. (2018), « Longer and more frequent marine heatwaves over the past century », *Nat Commun*, n°9, 1324, <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03732-9>

Sen Gupta A. et al. (2020), « Drivers and impacts of the most extreme marine heatwave events », *Sci Rep*, n°10, 19359, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75445-3>

van Woessik R. et al. (2022), « Coral-bleaching responses to climate change across biological scales », *Global Change Biology*, vol. 28, n°14, pp. 4229–4250, <https://doi.org/10.1111/gcb.16192>

Doshi A. et al. (2012), « Loss of economic value from coral bleaching in SE Asia », 12^{ème} Symposium International sur le récif de corail, Cairns, Australie, 9–13 juillet, https://www.academia.edu/12494037/Loss_of_economic_value_from_coral_bleaching_in_SE_Asia

Fezzi C., Ford D. J. et Oleson K. L.L. (2023), « The economic value of coral reefs: Climate change impacts and spatial targeting of restoration measures », *Ecological Economics*, vol. 203, 107628, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107628>

Agence française de développement (AFD)
5, rue Roland Barthes | 75012 Paris | France
Directeur de la publication Rémy Rioux
Directeur de la rédaction Thomas Mélonio
Création graphique MeMo, Juliegilles, D. Cazeils
Conception et réalisation eDeo-design.com

Dépôt légal 1^{er} trimestre 2025 | ISSN 2271-7404
Crédits et autorisations
Licence Creative Commons CC-BY-NC-ND
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
Imprimé par le service de reprographie de l'AFD.

Les analyses et conclusions de ce document sont formulées sous la responsabilité de ses auteurs. Elles ne reflètent pas nécessairement le point de vue de l'AFD ou de ses institutions partenaires.

