



ACIDIFICATION DES OCÉANS

Fiche résultat

ACID-REEFS

L'acidification des océans : l'autre problème des récifs coralliens

Porteur du projet : Laetitia HEDOUIN (CNRS-CRIOBE)

Début et fin du projet : 2017-2020

Le futur des récifs coralliens dans l'ère de l'Anthropocène est aujourd'hui menacé en raison principalement de la vitesse et l'ampleur jusqu'alors inégalées des changements globaux auxquels les récifs coralliens sont soumis. Plus de 440 milliards de tonnes de dioxyde de carbone ont été émises dans l'atmosphère. Or, si un tiers des émissions de CO₂ liées aux activités anthropiques est absorbé par les océans, ce stockage massif de CO₂ dans l'océan a entraîné un bouleversement de la chimie de l'eau de mer : l'acidification des océans (AO). L'AO a des conséquences néfastes sur les processus de calcification, notamment en fragilisant le squelette calcaire des coraux bioconstructeurs. L'objectif global d'ACID-REEFS est de mieux appréhender la réponse des récifs coralliens face à l'AO au travers d'une approche intégrée, allant de la réponse de l'organisme à la prédiction des conséquences écologiques et socio-économiques sur les récifs coralliens.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Un système expérimental avec neuf aquariums contrôlés en pH et température a été construit au sein du CRIOBE à Moorea (Figure 1) et des expériences ont été réalisées sur les coraux, les algues et les poissons.



Figure 1. Salle Acid-Reefs construite au Criebe à Moorea (A), mesure de la respiration des coraux (B, C)

Liste des objectifs du projet :

Objectif 2 : Réponse de l'écosystème corallien à l'acidification des océans ;

Objectif 3 : Effets sur les processus écologiques et interactions chimiques ;

Objectif 4 : Évaluation socio-économique des impacts de l'acidification des océans sur les récifs coralliens et services écosystémiques.

Étude 1. Étude de la vulnérabilité des récifs à l'AO (mars -sept 2018)

Aux objectifs de recherche cités dans le cadre d'Acid-Reefs viennent se combiner les travaux menés par l'équipe du Dr V. Parravicini et du doctorant J. Carlot pour développer un modèle de protection côtière pour l'île de Moorea, dont un des paramètres clés est la calcification des coraux.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Une synthèse bibliographique sur les effets de l'AO sur les coraux scléactiniaires (compilation de 119 publications) a été menée pour identifier nos lacunes portant sur l'AO sur les coraux. Cette étude révèle que l'Australie et les États-Unis sont les principaux acteurs sur l'AO, Acid-Reefs joue donc un rôle critique aujourd'hui pour venir combler ces lacunes dans les territoires français d'outre-mer et montrer l'implication de la France sur cette thématique (Figure 2).

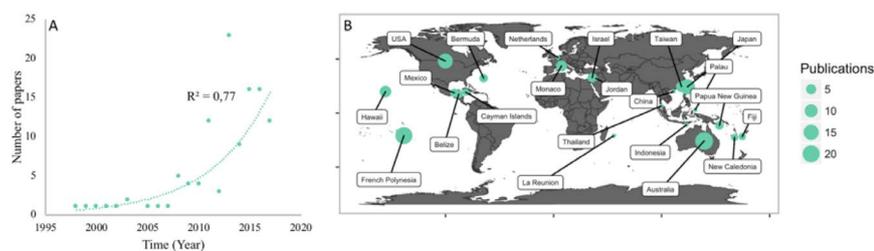


Figure 2. Nombre de papiers sur le thème corail et AO (A) et Pays impliqués dans la thématique (B)

Plusieurs réunions se sont tenues entre les différents partenaires et au sein des objectifs pour la réalisation du projet. Le Dr S. Dupont est venu à Moorea (nov 2018) pour travailler sur le projet, et le Dr Gazeau a apporté son aide pour la mise en place du système expérimental.

Objectif 2 : Réponse de l'écosystème corallien à l'acidification des océans

La première expérience menée sur l'AO sur une communauté corallienne (fragments de 6 espèces de coraux) a révélé que l'AO n'affecte pas la photophysologie des zooxanthelles mais altère la croissance des coraux dans certaines conditions. À pH plus faible (7.2), seule l'espèce *P. verrucosa* maintient ses capacités de croissance, comme dans des conditions normales de pH. *P. verrucosa* étant le genre dominant en Polynésie française, sa forte résistance à l'AO est encourageante pour le futur des récifs coralliens de la Polynésie française face aux modifications futures.

Les résultats de la seconde expérience révèlent que l'AO n'affecte ni la croissance ni la calcification d'*A. hyacinthus* pour des pH de 8 à 7.6 (45 jours d'exposition). Aucun effet de taille n'a été observé, ni d'effet temporel. Ces résultats corroborent d'autres travaux scientifiques qui montrent que l'AO n'altère pas la calcification des coraux pour des scénarios de pH de 8 à 7.6. En raison de ces résultats, le projet va se poursuivre via l'étude des « tipping points » sur *P. verrucosa* et *A. hyacinthus* c'est-à-dire d'identifier le pH de cassure à partir duquel les mécanismes biologiques sont altérés (exposition à une gamme de pH de 8, 7.8, 7.6, 7.4, 7.2 et 7.0).

De plus, lors de la saison chaude de février à mai 2019, un fort blanchissement corallien a été observé à Moorea. Une forte influence de l'état de santé des coraux (blanchis vs non-blanchis) sur leur capacité à calcifier a été observée. L'AO et le réchauffement climatique étant deux menaces concomitantes, des mesures de calcification sur des coraux blanchis et non blanchis face à l'AO sont en cours de réalisation sur d'autres espèces.

Objectif 3 : Effets sur les processus écologiques et interactions chimiques

Les expériences menées ont étudié comment l'AO affecte les premières étapes de l'implantation des larves de coraux, depuis leur comportement d'exploration et de nage jusqu'à la recherche d'un substrat d'implantation approprié. Les résultats montrent que l'AO entraîne des changements majeurs dans le comportement de nage des larves coralliennes avec une préférence à nager majoritairement vers la surface de la colonne d'eau (pH 7.6) au lieu d'explorer le fond pour trouver un substrat d'implantation approprié. Les résultats des autres expériences sont en cours d'analyse, mais les extractions d'ADN pour l'étude du microbiome des CCA sont terminées ainsi que les extractions pour le métabolisme.

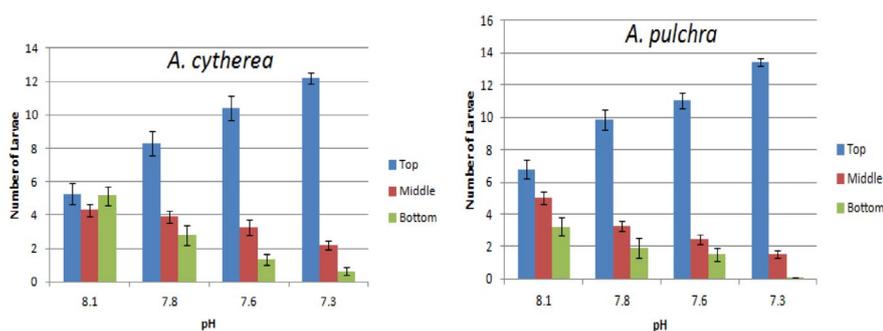


Figure 3. Le comportement de nage des larves coralliennes à différents pH :
a) *Acropora cytherea* b) *Acropora pulchra*

Concernant les travaux sur les larves de poissons (manini) et la pression herbivore face à l'AO, l'expérience 4 est en cours d'analyse et des expériences complémentaires sont prévues en juillet 2019.

Objectif 4 : Évaluation socio-économique des impacts de l'acidification des océans sur les récifs coralliens et services écosystémiques

La vulnérabilité d'un système est généralement étudiée à un instant t . Or, il y a souvent une superposition de deux temporalités : le présent et le futur. La question posée dans ce cas est alors la capacité présente (mesurée par des indicateurs sociaux et écologiques de résilience, de sensibilité, capacité d'adaptation, etc.) à faire face à des menaces futures (obtenues par projections climatiques). Pour répondre à cette question, nous proposons une évaluation en deux étapes. La première, une mesure des tendances passées de vulnérabilité pour mieux interpréter la vulnérabilité présente en répondant aux questions suivantes : i) le SSE (système socio-économique) est-il sur une pente croissante ou décroissante de vulnérabilité ? ii) peut-on expliquer les évolutions passées de la vulnérabilité par l'héritage d'événements passés et son hétérogénéité spatiale ? La seconde étape, croiser ces conclusions à différents outils : modèles climatiques (van Hooijdonk *et al.* 2016), modèles multiagents (Wabnitz *et al.* 2017), scénarios socio-économiques (Carlsen *et al.* 2016; Maury *et al.* 2017). L'objectif est d'obtenir des scénarios d'évolution de la vulnérabilité, en fonction de facteurs naturels et anthropiques. La figure 4 schématise ces dynamiques de vulnérabilité et la façon dont on peut les prédire, et en rendre compte.

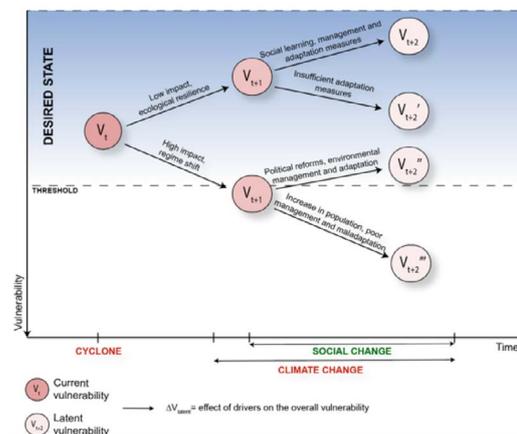


Figure 4. Dynamiques de vulnérabilité multifactorielle pour un SSE côtier hypothétique.

Cette première étude sur la vulnérabilité des écosystèmes est essentielle car l'AO ne va pas agir seul sur les services écosystémiques des récifs coralliens et il convient de bien d'appréhender le contexte temporel dans lequel l'AO va venir altérer les récifs coralliens pour évaluer les pertes possibles.

Atteintes des objectifs et difficultés rencontrées

La mise en place d'une salle expérimentale sur l'AO au milieu du Pacifique a requis plus de temps que prévu initialement, et les aléas liés à l'expérimental et à l'utilisation de matériel biologique ont modifié dans certains cas le planning des expériences. Néanmoins, le système est aujourd'hui fonctionnel et utilisé en routine par les différents partenaires du projet (étude sur les larves de coraux, de poissons, coraux adultes, algues encrustantes).

La seule contrainte actuelle est le développement du modèle de protection côtière pour l'île de Moorea, qui constitue l'un des axes de la thèse de Jérémy Carlot. Le modèle devrait être terminé pour fin décembre 2019, et les données obtenues sur la calcification des coraux en fonction d'une gamme de pH pourront dès lors être incorporées, ainsi que ceux d'une anomalie de température naturelle (blanchissement 2019).

En termes de communication, un évènement de communication à la fin du projet sera planifier pour diffuser largement les résultats du projet auprès des décideurs, gestionnaires et aussi société civile.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations effectuées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes

La question de la protection côtière des récifs face à l'AO est au cœur du projet Acid-Reefs. Nos premiers résultats révèlent une très faible perte de croissance et de calcification des coraux dans les scénarios futurs de pH 7.6 attendus pour 2100. Néanmoins nos travaux montrent que des coraux blanchis (naturellement en raison d'une anomalie thermique) ont une calcification fortement diminuée, et que la concomitance de l'AO et du réchauffement climatique pourrait altérer la protection côtière. Acid-Reefs dévoile aussi l'influence de l'AO sur les interactions entre les organismes récifaux. Si l'AO a un faible impact sur la calcification des coraux, un effet prononcé sur le comportement des larves coralliennes est observé, qui pourrait à terme altérer la capacité des récifs à se repeupler naturellement.

Si la perception des effets de l'AO par la société civile est assez disparate, Acid-Reefs se veut de sensibiliser sur ce risque de protection côtière pour les populations insulaires et nous pensons que la sensibilisation menée autour de ce thème peut accroître la sensibilité de la société civile et promouvoir l'engagement de la société civile à lutter contre le changement climatique.

Les résultats du projet Acid-Reefs ont été présentés auprès du grand public lors de la "Journée des Océans" le 9 juin en Polynésie française. Lors de cette journée, la Newsletter #1 d'Acid-Reefs a été distribuée et les portraits des animaux exposés. Une série de photographies de squelettes coralliens acidifiés a aussi été montrée pour expliquer l'enjeu pour la protection côtière des îles récifales.

Ces photos seront prochainement disponibles sur le site web de Kahi Kai, dont un onglet sera dédié au programme Acid-Reefs.

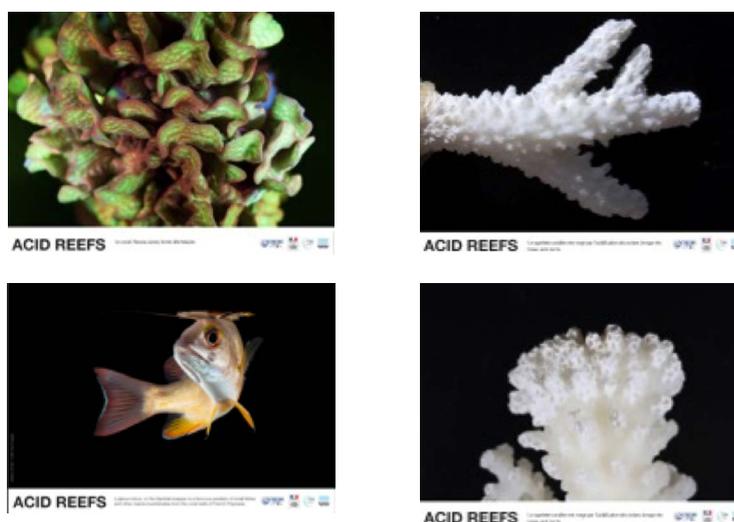


Figure 5. Portraits d'animaux (A) Portraits de squelettes acidifiés

Valorisations prévues :

Trois publications sont en cours d'écriture :

(a) Ocean acidification research on tropical scleractinian corals: overview, meta-analysis and perspectives. Godefroid M, Arcuby R, Dupont S, Gazeau F, Jacob H, Lacube Y, Metian M, Hédouin L

(b) Effects of extreme pH scenarios on a range of scleractinian corals of Moorea island. Godefroid M, Arcuby R, Gazeau F, Lacube Y, Hédouin L

(c) Latent vulnerability scenarios can foster future resilience of social-ecological systems. Brun V, Claudet J, Brugère C.

Les analyses des autres expériences sont actuellement en cours de traitement mais seront finalisées d'ici la fin de l'année. Deux autres publications (deux sur les algues corallines encrustantes et les larves coralliennes et une sur les larves de poissons) sont attendues *a minima*.

En termes de communication auprès de la société, le projet Acid-Reefs est présenté sur le site du Criobe, mais aussi sur le site de Kahi Kai <https://new.kahikai.org/science/acid-reefs/> où la prochaine newsletter sera prochainement disponible. Une série de photographies montrant l'influence du pH sur la colonie corallienne sera réalisée.

De plus un nouveau partenariat a été initié avec le dessinateur de presse Mykaïa, <http://mykaia.fr>.

Une série de 3 dessins humoristiques ont été réalisés sur le thème de l'AO et des récifs coralliens, et présentés lors du colloque du 28 mars 2019.

Enfin, pour mieux communiquer sur l'AO, une étude est lancée pour estimer la perception de la société civile sur les récifs coralliens, au niveau des menaces qui les touchent, et évaluer leur volonté de changer de comportement pour atténuer les effets. L'objectif de cette étude est de mieux comprendre les types/messages de communications qui peuvent émouvoir la société civile afin de promouvoir ce type de communication dans le futur.