



HAL
open science

La microflore perforante et son impact sur les récifs coralliens

Aline Tribollet, Julie Suzanne Grange, Chloé Brahmi

► **To cite this version:**

Aline Tribollet, Julie Suzanne Grange, Chloé Brahmi. La microflore perforante et son impact sur les récifs coralliens. *Eclairages sur notre futur commun*, 2015, 22. hal-01444021

HAL Id: hal-01444021

<https://hal.science/hal-01444021>

Submitted on 6 Feb 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

éclairages | 22

sur notre futur commun

septembre 2015

La microflore perforante et son impact sur les récifs coralliens

Aline Tribollet, Julie Grange et Chloé Brahmi

II UMR IPSL-Locean, Centre IRD France Nord

Contexte général

Depuis les dernières décennies et sous l'effet du changement climatique et du développement des activités humaines en milieu côtier tropical, 20 % des écosystèmes coralliens ont disparu. En outre, 15 % sont menacés de disparition imminente et environ 75 % sont en voie de dégradation. Ces écosystèmes extrêmement fragiles, sont des lieux majeurs de biodiversité, permettent la subsistance d'1/15ème de la population mondiale, protègent les côtes et les îles des catastrophes telles que les cyclones et les tsunamis, et sont une source de biomolécules encore peu explorée. **Il est donc impératif de mieux comprendre leur fonctionnement dans le contexte du changement global afin de mieux les préserver et de pérenniser les ressources écosystémiques qu'ils fournissent.**

Le maintien de ces écosystèmes constitués entièrement de carbonate de calcium (CaCO_3), résulte de la délicate balance entre les processus de calcification récifale – force constructive

due essentiellement à la croissance des coraux et des algues calcaires encroûtantes –, et de bioérosion récifale – force destructrice majeure, principalement due à l'action érosive et/ou chimique de poissons perroquets, oursins, bivalves, éponges et micro-organismes perforants dans les carbonates¹. Or jusqu'à présent, la plupart des études portant sur les récifs coralliens a concerné la croissance récifale.

Beaucoup moins d'attention a été donnée à la bioérosion récifale et à ses agents, et en particulier à la microflore perforante composée de cyanobactéries, d'algues et de champignons. Cette flore est l'un des agents majeurs de la dissolution des substrats carbonatés en milieu récifal¹, appelée « dissolution biogénique ». Elle joue aussi, du fait de son activité photosynthétique, un rôle important en tant que producteur primaire. Elle est ainsi une source de nourriture majeure pour de >>>

1. Tribollet & Golubic (2011), Book chapter in *Coral Reefs: An Ecosystem in transition*, Springer-Verlag.

nombreux animaux comme les oursins et les poissons perroquets. C'est d'ailleurs du fait de la synergie entre ces différents organismes que le processus de bioérosion récifale est très efficace et important (entre 1 et 20 kg de carbonate de calcium sont érodés et/ou dissous par m² de récif et par an)². La microflore perforante semble en outre, jouer un rôle non négligeable dans l'état de santé des coraux³. Elle colonise en effet aussi bien les substrats carbonatés morts (ex. : coquilles de mollusques, grains de sable, squelettes de coraux morts, etc.) que les substrats vivants (squelettes de coraux vivants, algues calcaires, etc.). Dans les coraux vivants, son rôle reste à préciser car du fait de son métabolisme (photosynthèse-respiration, dissolution du CaCO₃), elle peut impacter positivement son hôte en lui apportant des éléments nutritifs (symbiose) ou négativement en le parasitant. Enfin, l'emprunte qu'elle laisse dans les squelettes coralliens vivants (galeries de perforation), archives très utilisées en paléoclimatologie, peut être utilisée comme traceur de l'environnement pour reconstruire les climats et les environnements passés⁴.

Récemment il a été mis en évidence en conditions contrôlées, que l'enrichissement du milieu par des nutriments (azote, phosphore) et l'acidification de l'eau de mer du fait de l'augmentation des émissions de CO₂ dans l'atmosphère (diminution du pH), stimulent la croissance des microalgues perforantes, en particulier de l'algue verte *Ostreobium* sp., et augmentent ainsi les taux de dissolution biogénique des substrats carbonatés récifaux⁵. **Les résultats de ces études suggèrent qu'avant la fin du siècle, la dissolution biogénique des carbonates due à la flore perforante, ajoutée à la dissolution due à l'activité des éponges perforantes et des bactéries, surpassera la calcification récifale.** Ainsi de plus en

plus de récifs coralliens risquent d'être fortement dégradés, voire de disparaître plus rapidement que prévu si rien n'est fait pour limiter par exemple, le réchauffement global, l'acidification des océans et la pollution en milieu littoral. **Toutefois, la dynamique du processus de dissolution biogénique en milieu naturel, à différentes échelles temporelles, reste peu connue. Il en va de même pour sa capacité d'indicateur biologique des conditions environnementales puisque son impact géochimique dans les archives coralliennes a été peu étudié. Il est donc indispensable de connaître cette dynamique et l'impact géochimique de la flore perforante dans les squelettes coralliens, si l'on veut mieux prédire l'impact des facteurs climatiques et anthropiques sur les récifs, et améliorer les modèles de prédiction.**

C'est dans ce contexte que le programme Bioreef Response soutenu par la région Ile-de-France (DIM R2DS) a été développé en complémentarité du programme Acidic² soutenu par l'INSU (CNRS), le GOPS (Grand observatoire de l'environnement et de la diversité terrestre et marine de Nouvelle-Calédonie) et l'IRD (Institut de recherche pour le développement). L'objectif du programme était de répondre au mieux aux questions suivantes :

- Quand sont recrutés les différentes espèces microperforantes et comment se succèdent-elles dans le temps ?
- Quel est l'influence de la composition spécifique des communautés perforantes sur la dissolution biogénique au cours du temps ?
- Quels stress climatiques et anthropiques contrôlent cette dissolution biogénique en milieu naturel ?
- Enfin, peut-on mettre en évidence l'emprunte géochimique de la microflore perforante dans les squelettes coralliens afin de mieux reconstituer les

climats et environnements tropicaux passés et prédire l'impact du climat sur les récifs dans un futur proche ?

Expérience menée en Nouvelle-Calédonie

Pour répondre aux questions susmentionnées, une expérience a été menée entre 2009 et 2013 à l'Ile aux Canards, dans le lagon sud de la Nouvelle-Calédonie (Océan Pacifique Sud-Ouest). Des sets de 60 blocs de corail mort ont été installés tous les 6 mois sur le récif de l'Ile aux Canards, entre 3 et 5 mètres de profondeur, pour être colonisés au maximum 12 mois par la microflore perforante. Tous les mois, des blocs ont été collectés pour étudier cette flore et son activité érosive à différentes échelles de temps (mois, saison, année). En parallèle, d'autres blocs ont été collectés pour déterminer l'emprunte géochimique de la microflore perforante dans les squelettes de corail mort.

Le site d'étude a été choisi en Nouvelle-Calédonie car c'est un « chantier historique » pour les chercheurs IRDiens de l'UMR LOCEAN basés au Centre IRD France-Nord (Bondy). En outre, plus de 60 % des récifs calédoniens sont inscrits au patrimoine mondial de l'humanité depuis 2008 et font l'objet d'une surveillance particulière pour maintenir leur bon état de santé. Il était donc pertinent de s'intéresser aux processus de bioérosion dans cette région.

Bien que la partie expérimentale en milieu naturel ait été menée à plus de 20 000 km de Paris, toutes les analyses microscopiques et géochimiques ont été réalisées sur la plateforme pari-

2. Tribollet & Golubic (2005), *Coral Reefs*.
3. Tribollet (2008), Review in *Current Developments in Bioerosion*, Springer-Verlag.
4. Chazottes et al. (2009), *Palaeo3*.
5. Tribollet et al. (2009), *GBC*.



sienne Alizés (cofinancée par l'IDE, l'UPMC et l'IRD) hébergée au Centre IRD France-Nord.

Dynamique des communautés microperforantes

Sur les six séries d'un an étudiées, les premiers résultats obtenus à ce jour⁶ montrent que les communautés microperforantes observées dans des blocs exposés un à trois mois, sont dites immatures car dominées par des cyanobactéries et des algues vertes pionnières telles que *Phaeophila* sp.

Le recrutement de l'algue verte perforante jouant un rôle principal dans le processus de dissolution des squelettes coralliens, *Ostreobium* sp. (Tribollet 2008), intervient lui au bout du troisième mois d'exposition lorsque les blocs ont été fixés sur le récif étudié en période estivale (décembre), et au bout de 5 mois lorsque les blocs ont été fixés en période hivernale (juillet). Une fois cette algue recrutée, elle tend à dominer rapidement les communautés. Celles-ci sont alors dites « matures ». Plus le temps passe et plus la pénétration des microperforants, et en particulier d'*Ostreobium*, augmente jusqu'à ce qu'elle atteigne un maximum (ou profondeur de compensation, c.a.d. profondeur à laquelle la

photosynthèse = respiration). Ainsi les communautés immatures colonisent uniquement la surface des substrats (centaines de micromètres) alors que les communautés matures pénètrent les premiers millimètres (> 4 mm). En termes de dissolution des carbonates, les taux augmentent au cours du temps, tout d'abord lentement (les premiers mois) puis exponentiellement (phase de transition d'1 ou 2 mois) pour atteindre un plateau après 6-7 mois d'exposition, confirmant l'action majeure d'*Ostreobium* dans le processus de dissolution des carbonates récifaux. Au-delà de 6 mois d'exposition, les taux sont fortement corrélés négativement au processus de broutage (facteur biotique). Étant donné les différences significatives entre les séries étudiées en été et en hiver, il semble y avoir un effet « saison » sur le recrutement des espèces microperforantes, les successions de communautés, et donc sur les taux de dissolution biogénique, sans doute du fait de la température de l'eau de mer qui varie de 23°C l'hiver à plus de 27°C l'été, de l'intensité lumineuse (plus faible l'hiver) mais aussi de la salinité et de la turbidité de l'eau en lien avec les pluies et les tempêtes qui sont plus abondantes l'hiver que l'été. Les analyses statistiques multivariées en cours permettront de mettre en évidence les principaux facteurs environnementaux contrôlant les successions de communautés et les taux associés.

À ce jour, il semble que la dissolution des carbonates par la microflore perforante soit plus efficace l'été que l'hiver. Le réchauffement des océans, combiné à l'acidification et l'enrichissement en nutriments de l'eau dans les zones côtières, pourrait ainsi amplifier le phénomène en permettant un recrutement plus précoce d'*Ostreobium*, agent majeur de la dissolution des carbonates récifaux, et en stimulant sa croissance.

Emprunte géochimique de la microflore perforante dans les squelettes de coraux morts

L'étude géochimique de blocs de 2 mois, 8 mois et 12 mois, c.a.d. de blocs plus ou moins colonisés par la microflore perforante, n'a pas révélé d'impact majeur de cette flore sur la composition géochimique des squelettes de corail mort étudiés. Quelques variations dans les rapports Mg/Ca (magnésium vs calcium) ont toutefois été observées mais ne peuvent pas être expliquées par la seule présence de la microflore perforante. Il a alors été émis les hypothèses suivantes pour expliquer ces résultats :

- L'approche mise en œuvre dans l'étude n'a pas permis de mettre en évidence l'effet de la flore perforante sur les squelettes de corail mort étudiés. Il est possible qu'il y ait eu perte de signal durant les manipulations en laboratoire ou que la résolution de la méthode employée (analyse à l'échelle micrométrique sur ICP-MS laser) n'ait pas été suffisante. Une étude réalisée à l'échelle nanométrique a pu mettre en évidence une variation importante du signal géochimique dans les >>>

6. Grange et al. (2015), *Environmental Science and Pollution Research*.

squelettes coralliens colonisés par la flore perforante (données non publiées).

■ Le modèle étudié n'était pas approprié (corail mort) pour observer l'emprunte « géochimique » de la flore perforante. Il a été démontré que de la calcite (carbonate) peut se former dans les galeries de microperforants présents dans le squelette de coraux vivants sous certaines conditions⁷. La calcite étant un carbonate de composition géochimique légèrement différente de celle de l'aragonite, carbonate précipité par les coraux, il est possible de la détecter en analyses géochimiques. Ainsi nous pensons que la précipitation de calcite dans les galeries de microperforants n'a pas pu avoir lieu dans les coraux morts étudiés car la flore était encore vivante et donc présente dans les galeries. Nous émettons l'hypothèse que la précipitation de carbonates secondaires tels que la calcite a lieu post-mortem et uniquement dans des coraux vivants car les conditions à l'intérieur des squelettes sont particulières. La microflore perforante colonisant les coraux vivants vit dans un micro-environnement presque clos alors que celle vivant dans les substrats morts est en contact avec le milieu extérieur.

étudier plus en détail la microflore perforante dans les coraux vivants. Ce n'est qu'avec des observations à plus ou moins long terme que l'on peut réellement mettre en évidence les changements globaux et leurs impacts sur les écosystèmes. Toutefois, sur la base des premiers résultats obtenus à l'Île aux Canards sur une période de plus de 5 ans, un premier modèle de la dynamique du processus de dissolution biogénique va pouvoir être développé. Il devrait permettre de faire évoluer les modèles biogéochimiques développés en milieu récifal pour mieux prédire le devenir de la balance des carbonates (construction *vs* érosion).

Enfin, un nouveau projet a démarré mi-2015 (financement Labex IPSL) afin d'étudier la microflore perforante dans une carotte de corail massif de plus de 350 ans. Nous espérons ainsi corrélérer les espèces microperforantes et leur abondance à différents paramètres environnementaux du passé et de l'actuel (reconstructions sur la base d'analyses géochimiques) pour mieux comprendre l'impact du changement climatique récent (réchauffement/acidification depuis l'ère industrielle) sur les coraux et ces micro-organismes. ■

■ **R2DS Ile-de-France** est un réseau de recherche sur le développement soutenable. Il a été créé en 2006 comme GIS CNRS à l'initiative du Conseil régional de l'Ile-de-France dans le but de favoriser la recherche sur le développement soutenable. Il réunit aujourd'hui 19 universités, grandes écoles et établissements publics de recherche. <http://www.r2ds-ile-de-france.com>

■ **L'UMR 7159, Laboratoire d'océanographie et du climat : expérimentations et approches numériques (LOCEAN)** est une unité mixte de recherche en partenariat avec l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC – tutelle principale), le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN). Il est localisé sur trois sites : le campus Jussieu à l'UPMC, le MNHN à Paris et le campus IRD France Nord à Bondy, et il comporte de nombreuses implantations au Sud grâce au réseau de collaborations et de laboratoires mixtes internationaux de l'IRD (SW Pacifique, Inde, Afrique, Amérique du Sud). <https://www.locean-ipsl.upmc.fr/>

Coordination : Catherine Boemare
Conception graphique : Hélène Gay
Imprimé par XL-Print & mailing

Conclusions et perspectives

Pour confirmer ou infirmer l'hypothèse que le réchauffement, l'acidification et l'eutrophisation de l'eau de mer auront un effet positif sur la dissolution biogénique des carbonates en milieu récifal d'ici la fin du siècle, il faudrait d'une part, poursuivre l'étude menée en Nouvelle-Calédonie durant au moins une dizaine d'année et d'autre part,

7. Nothdurft & Webb (2009), *Facies*.

Pour en savoir plus

Grange J., Rybarczyk H., Tribollet A. (2015), *The three steps of the carbonate biogenic dissolution process by microborers in coral reefs (New Caledonia)*. *Environm. Sci. Pollut. Res. Special issue « Microbial Ecology of the Continental and Coastal Environments »*. DOI: 10.1007/s11356-014-4069-z

Tribollet A., Brahm C. (2014), *Dynamique des micro-organismes bioérodeurs des récifs coralliens et influence sur les proxies géochimiques : des indicateurs permettant d'améliorer les prévisions climatiques et la protection des ressources des populations locales (Programme Bioreef Response)*, *Scientific report R2DS (Ile-de-France, DIM)*, p. 1-18.

Contacts auteurs

> Aline Tribollet : aline.tribollet@ird.fr