

**ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT
D'ILE DE FRANCE N° 129
Proposition de sujet de thèse pour la rentrée 2019**

Nom du Laboratoire d'accueil : LOCEAN-IPSL N° UMR : 7159
Nom du Directeur du laboratoire : Jean-Benoit Charrassin
Adresse complète du laboratoire : Sorbonne Université, 4 pl. Jussieu, 75252 Paris cedex 05
Nom de l'équipe d'accueil : CYBIOM
Thèmes transverses du laboratoire : 'Forçages abiotiques sur les écosystèmes marins',
'Changement climatique et impacts', 'Cycles biogéochimiques'
Lien avec d'autres équipes : VARCLIM (développement méthodologique basé sur l'Intelligence Artificielle, -IA-, et analyses statistiques)
Plateformes GEORG et ALYSES

Nom de la Directrice de thèse : **Aline TRIBOLLET, HDR** (juin 2018)
Mail : aline.tribollet@locean-ipsl.upmc.fr,
aline.tribollet@ird.fr

Noms des co-encadrants : **Julien BRAJARD** (VARCLIM) non-HDR, et **Nicolas CHEVALIER** (CYBIOM) non-HDR
Mail : julien.brajard@locean-ipsl.upmc.fr,
nicolas.chevalier@locean-ipsl.upmc.fr

Titre de la thèse :	« Effets des changements globaux sur les communautés microperforantes de coraux massifs au cours des dernières décennies (Océan Indien Ouest) »
----------------------------	--

Mots clés :

Réchauffement, acidification et pollutions des récifs de l'Océan Indien Ouest, bioérosion récifale, microflore perforantes, dissolution des carbonates, indicateurs du milieu

RESUME DU PROJET (1^{ère} soumission)

A l'échelle mondiale, les récifs coralliens abritent 25% de la biodiversité marine et permettent la subsistance d'1/15 de la population mondiale. La France est le seul pays à posséder des récifs dans les trois océans dont la valeur économique est estimée à 1,3 Milliards d'euros par an (Pascal 2019). Or ces écosystèmes marins tropicaux sont particulièrement vulnérables du fait de leur position côtière. Ils doivent faire face au développement croissant des activités anthropiques sur le littoral, notamment dans les Pays en développement. A cela s'ajoute les effets du réchauffement et de l'acidification des océans. Depuis les dernières décennies, on estime que plus de 20% des récifs coralliens ont disparu, 20% sont menacés de manière imminente, et environ 75% sont menacés de dégradation ou le sont déjà. La protection et la conservation de ces écosystèmes est donc un enjeu majeur (Objectifs du Développement Durable : 13, 14 et 17).

Jusqu'à présent, la plupart des études s'est concentrée sur les effets des changements globaux sur les coraux, principaux constructeurs de récifs. Toutefois, le maintien et le fonctionnement des récifs coralliens reposent sur le délicat équilibre entre la croissance récifale et la bioérosion récifale. Cette dernière est moins connue mais a gagné un intérêt croissant au cours des 10 dernières années du fait de la mise en évidence des effets positifs de l'acidification et de l'eutrophisation de l'eau sur la dissolution des carbonates récifaux par les microflore et les éponges perforantes (Tribollet et al. 2009 ; Schönberg et al. 2017 ; Tribollet et al. 2019). Tribollet et al. (2019) suggèrent d'ailleurs que la dissolution des

carbonates par les microflores perforantes est l'un des principaux processus de dissolution des carbonates récifaux. Mais ces résultats ont été obtenus à partir d'expériences menées *in situ* et *ex situ* à plus ou moins court terme (de la journée à 3 ans). Afin de faire évoluer les modèles développés pour prédire l'avenir des récifs coralliens d'ici 2100 (bilan des carbonates ; Eyre et al. 2018), il est impératif de mieux comprendre la dynamique spatio-temporelle des communautés microperforantes à long terme. L'un des moyens pour y arriver est l'étude de carottes coralliennes prélevées dans des coraux massifs du genre *Porites*, collectés dans des récifs aux conditions environnementales contrastées. Les microflores perforantes, principalement dominées par des microorganismes photosynthétiques (cyanobactéries et microalgues), colonisent en effet les coraux dès leur premier stade de vie (Massé et al. 2018) et suivent leur croissance pour bénéficier de suffisamment de lumière pour leur activité photosynthétique. Ainsi elles forment des bandes vertes juste sous la surface des tissus vivants de leur hôte corallien (Le Campion-Alsumard et al. 1995). Les coraux massifs sont connus pour être de formidables archives biocarbonatées enregistrant au cours de leur croissance les conditions environnementales (température, pH, métaux traces, etc... ; ex : Wu et al. 2018). Lorsque les conditions sont défavorables au corail comme par exemple en cas de blanchissement du fait d'une élévation importante de la température de l'eau, la croissance corallienne est ralentie et les microflores perforantes se développent formant des bandes vertes denses et épaisses (Fine et al. 2005).

Dans ce contexte, les objectifs du projet de thèse sont de :

1/ cartographier la variabilité de l'abondance des microperforants le long de carottes coralliennes collectées dans des récifs contrastés grâce à la mise au point d'une nouvelle méthode d'analyse d'images (prises au microscope électronique à balayage ; voir Massé et al. 2018 par ex) et basée sur des méthodes liées à l'intelligence artificielle.

2/ étudier la variabilité des signatures et de la teneur en biomarqueurs lipidiques des microflores perforantes le long de ces mêmes carottes via des analyses géochimiques organiques moléculaires et vérifier la correspondance de cette variabilité à celle de l'abondance des microperforants étudiés par microscopie (point 1/). S'il y a correspondance, alors cette approche innovante permettra d'étudier plus rapidement et facilement la microflore perforante dans divers coraux (espèces, morphotypes) et à plus large échelle spatiale.

3/ déterminer les effets de la variabilité climatique (température) et de l'acidification des océans (pH), combinés ou non aux perturbations anthropiques locales (métaux traces et polluants organiques), sur les microflores perforantes (diversité, abondance, distribution) au cours des dernières décennies au niveau de récifs non-anthropisés à fortement anthropisés dans le Canal du Mozambique. La variabilité de la température, du pH et des divers polluants dans l'actuel sera étudiée via des observations et mesures discrètes tant dis que la variabilité passée de ces paramètres sera étudiée dans les mêmes carottes via des approches géochimiques et isotopiques. Un sujet de thèse est d'ailleurs déposé à l'ED227 à cet effet par C.E. Lazareth et F. Le Cornec (BOREA/LOCEAN).

La thèse proposée repose sur trois projets financés (2018-2020) portant sur les récifs de l'Océan Indien Ouest : Kenya, Mayotte, Iles Eparses (récifs non anthropisés) situées dans le Canal du Mozambique. Ces trois projets sont CORKE (INSU, PI : N. Chevalier, Kenya), CARBODISS (INSU, PI : A. Tribollet, Mayotte) et CLIM-EPARSE (TAAF-Fondation Albert II de Monaco, PI : A. Tribollet, Iles Eparses). D'autres projets sont actuellement en attente de réponse (Mayotte/Iles Eparses, PI : A. Tribollet, FEDER Mayotte et Belmont Forum).

METHODOLOGIES ENVISAGEES

Microscopie électronique à balayage, microscopie photonique, géochimie organique moléculaire (biomarqueurs lipidiques en chromatographie gazeuse), analyses d'images optimisées grâce à des approches développées pour l'IA et analyses statistiques multivariées.

INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

1/ Toutes les carottes à analyser seront disponibles au LOCEAN dès le début de la thèse (sept 2019) : mission effectuée à Mayotte en octobre 2018, et missions planifiées dans les Iles Eparses et au Kenya entre avril et juillet 2019.

2/ Il est possible que le/la candidat.e. ait la possibilité d'aller en campagne soit à Mayotte, soit dans les Iles Eparses durant sa thèse en fonction des financements demandés pour des campagnes (demandes Flotte côtière pour 2020 et Flotte hauturière pour 2021).

3/ Autre financement que ED129 : N/A

4/ Aucun encadrement en cours pour A. Tribollet (HDR).

5/ Profil recherché :

- Candidat.e. avec cursus en biologie-écologie marine, biogéochimie marine et biostatistiques

- Motivation pour les approches microscopiques, analyses d'images et géochimiques

- Bagage solide en traitements statistiques sous R et en anglais

PROJECT ABSTRACT

Coral reefs are tropical ecosystems of high importance as they shelter 25% of the marine biodiversity and allow the survival of 1/15 of the world population. Due to their coastal position, they are significantly threatened by local anthropogenic activities. At the same time, they are heavily impacted by global warming and ocean acidification. At least 20% of coral reefs have already disappeared, while more than 75% are being degraded. It is thus urgent to better understand their functioning under various environmental conditions to improve protection plans and to sustain ecosystemic resources.

Coral reef maintenance results from the equilibrium between calcification, mainly by corals, and bioerosion. Coral calcification has received a lot of attention, especially in the context of global changes. In contrast, it is only recently that bioerosion got an increasing interest, since a few studies showed that ocean acidification and eutrophication stimulate the process of carbonate dissolution by boring microflora and sponges (Tribollet et al. 2009; Schönberg et al. 2017). Tribollet et al. (2019) also suggested that boring microflora comprising cyanobacteria, microalgae and fungi, are one of the main agents of coral reef dissolution and bioerosion. But results of these studies are based on *in situ* and *ex situ* experiments, which were carried out during relative short periods (day to up to 3 years). Very rare studies also highlighted the potential effects of rising temperature on microborers. Research on the dynamics of microboring communities and associated rates of carbonate dissolution on the long term under contrasted environmental conditions remains needed to improve biogeochemical models aiming at predicting future reef carbonate balance. To address this issue, we propose to study the variability of microborer abundance along coral cores collected under various conditions as corals are great archives recording environmental conditions during their growth (ex: Wu et al. 2018). Microboring flora are able to colonize coral skeleton since their 1st stage of development (Massé et al. 2018) and then, develop in order to keep up with coral growth to get enough light for their photosynthesis. They thus form green bands underneath coral tissues in massive slow growing corals (Le Campaion-Alsumard et al. 1995). Under a thermal stress, coral growth slows down allowing microboring flora to bloom and form dense and thick green bands (Fine et al. 2005). In this context, the objectives of the PhD project are:

1/ to map variability of microborer abundance along coral cores collected in massive colonies of *Porites* sp. from contrasted coral reefs, using specific image analysis techniques based on AI tools.

2/ to determine variability of the lipid signature and quantity of microborers along the same coral cores and to try to correlate results (with 1/). If data are correlated, the new lipid approach could be used as a new tool (indicator) to study microborers in diverse coral species and morphs, and under various conditions as it may be less time consuming than the image analysis approach.

3/ to identify the effects of ocean warming and acidification as well as pollutions on microboring flora under current conditions and in the past. Coral skeleton geochemistry will be studied by our team (other PhD project submitted to ED227) in each core to reconstruct SST, pH, pollution pulse variability over the last decades. Observations and discrete samples will allow characterizing the environmental conditions of studied reefs which comprise reefs from Kenya, Mayotte and Iles Eparses.

Fine et al. (2005) J. Exp. Biol., Le Campaion-Alsumard et al. (1995) MEPS, Massé et al. (2018) Scientific Reports, Pascal (2019) Documentation Ifreco, <http://www.ifreco-doc.fr/items/show/1653>, Schönberg et al. (2017) ICES journal, Tribollet et al. (2009) Global Biogeochem. Cycles, Tribollet et al. (2019) FACIES, Wu et al. (2018) Nature Comm.