

## PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Formulaire demande de financement : ARED - ISblue - ETABLISSEMENTS - ...

pour dépôt sur le serveur <https://theses.u-bretagne.fr/sml> au format PDF

NB : ce dossier ne vous dispense pas de déposer en parallèle votre dossier à la Région

## Identification du projet

Acronyme du projet (8 caractères maximum) : CACAO

Intitulé du projet en langue française : Des CorAux et des oiseaux : Comment l'Azote dérivé des Oiseaux marins influence le cycle de l'azote des récifs coralliens au cours du temps.

Intitulé du projet en langue anglaise :

Corals and seabirds : How do seabird-derived nitrogen influence the nitrogen cycle of coral reefs through time.

## Présentation de l'établissement porteur (bénéficiaire de l'aide régionale)

Établissement porteur du projet : UBO

Ecole Doctorale : EDSML  SPI ou MATHSTIC pour les projets ISblue 

## Identification du responsable du projet (futur directeur de thèse)

Nom du laboratoire d'accueil : Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR)

Code du laboratoire (U/UMR/USR/EA/JE/...) : UMR 6539 LEMAR

Directeur<sup>1</sup> du Laboratoire : Géraldine Sarthou

Nom de l'équipe de recherche : DISCOVERY

Nombre HDR dans le laboratoire : 51 Nombre de thèses en cours : 61 Nombre de post-docs en cours : 8

Nom et prénom du directeur\* de thèse (HDR), porteur du projet : Anne Lorrain (HDR)

- e-mail : anne.lorrain@ird.fr

- Téléphone : 02 90 91 55 75

- Publications récentes du directeur de thèse (nb total et 5 références max au cours des 5 dernières années) :

Ntotal = 71, Hindex=29

Thibault, M., Houlbrèque, F., Duprey, N., Choisnard, N., Gillikin, D., Meunier, V., Benzoni, F., **Lorrain, A.** 2022. Seabird-derived nutrients supply modulates the trophic strategies of mixotrophic corals. *Frontiers in Marine Science*. 8:790408. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.790408>

Médiéu, A., Point, D., Takaaki, I., Angot, H., Buchanan, P., Allain, V., Fuller, L., Griffiths, S., Gillikin, D.P., Sonke, J., Heimbürger-Boavida L.-E., Desgranges M.-M., Menkes, C.E., Madigan, D., Brosset, P., Gauthier, O., Tagliabue, A., Bopp, L., Verheyden A., **Lorrain, A.** 2022. Evidence that Pacific tuna mercury levels are driven by marine methylmercury production and anthropogenic inputs. *PNAS* 119 (2) e2113032119; <https://doi.org/10.1073/pnas.2113032119>

**Lorrain, A.**, Pethybridge, H., Cassar, N., Receveur, A., Allain, V., Bodin, N., Bopp, L., Choy, C.A., Duffy, L., Fry, B., Goñi, N., Graham, B.S., Hobday, A.J., Logan, J.M., Ménard, F., Menkes C., Olson, R.J., Point, D., Reville, A.T., Somes, C.J., Young J.W. 2020. Trends in tuna carbon isotopes reflect global changes in pelagic phytoplankton communities. *Global Change Biology* 26. 458-470. <https://doi.org/10.1111/gcb.14858>

Thibault, M., Houlbrèque, F., **Lorrain, A.**, Vidal, E. 2019, Seabirds: Sentinels beyond the Oceans. *Science*, 366 (6467), 813. <https://doi.org/10.1126/science.aaz7665>

**Lorrain, A.**, Houlbrèque, F., Benzoni, F., Barjon, L., Tremblay-Boyer L., Menkes, C.E., Gillikin, D.P., Payri, C., Jourdan,

<sup>1</sup> Ce formulaire est rédigé en style épïcène

H., *Boussarie, G.*, Verheyden A., and Vidal E. **2017**. Seabirds supply nitrogen to reef-building building corals on remote Pacific islets. *Nature Scientific Reports*, 7, 3721. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03781-y> Cite

**- Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours)**

(nom des doctorants dirigés et en cours et antérieurement, sur les 6 années passées : sujet, financement, date de soutenance, et situation professionnelle actuelle si connue)

1. Patrick Houssard (Nouvelle-Calédonie). Thèse de doctorat de l'Université de la Nouvelle-Calédonie (2014-2017). **Soutenue le 13 avril 2017**. Sujet : Variations des concentrations en mercure dans les réseaux trophiques marins de l'océan Pacifique Sud : état des lieux, caractérisation des sources et relations avec la dynamique trophique et physique du milieu." Directeur de thèse : Anne Lorrain, co directeur Y. Le Tourneur (Univ. Nouvelle Calédonie). Financement du Gouvernement de Nouvelle-Calédonie. Responsable qualité QHSE (mercure) à Pescana, Nouvelle Calédonie.
2. Anais Médiéu (France). Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale, démarrée en octobre 2018, **soutenance en avril 2022** (6 mois de prolongation en raison de la crise COVID), sujet : Origine, déterminants et modélisation statistique des concentrations en méthylmercure dans les thons. Directeur de thèse : Anne Lorrain, co encadrants : David Point (GET) et Olivier Gauthier (UBO). Financement ARED et EDSM. Post-doctorat septembre 2022 assuré avec La Communauté du Pacifique.

**Co-directeur de thèse (HDR ou équivalent étranger) éventuel : Alfredo Martinez-Garcia**

**Laboratoire de recherche :** (nom + code U/UMR/USR/EA/JE/...) **Max Planck Institute for Chemistry**

- e-mail : [a.martinez-garcia@mpic.de](mailto:a.martinez-garcia@mpic.de)

- Téléphone : +4961313056717

**- Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours)**

(nom des doctorants dirigés et en cours et antérieurement, sur les 6 années passées : sujet, financement, date de soutenance, et situation professionnelle actuelle si connue)

1 - Tanja Wald (Allemagne). Thèse de doctorat de l'ETH Zurich, Suisse – 2019 - **en cours**. Sujet: The Nitrogen Cycle in the Mediterranean Sea. Encadrement: Haug, Gerald H.; **Martínez-García, Alfredo**. Financement : ETH Zurich.

2 – Simone Moretti (Allemagne). Thèse de doctorat de l'ETH Zurich, Suisse – 2017-2021. **Soutenance: 16.06.2021**. Sujet: Application of fossil-bound nitrogen isotopes to the reconstruction of the marine nitrogen cycle dynamics during warming and cooling phases in Earth's Cenozoic history. Encadrement : Haug, Gerald H.; **Martínez-García, Alfredo**, Sigman, Daniel M.; Nicolas Gruber, James C. Zachos. Financement : ETH Zurich. Post-doc Max Planck Institute, Allemagne

3 – Alexandra Auderset (Allemagne). Thèse de doctorat de l'ETH Zurich, Suisse – 2016 - 2020. **Soutenance: 02.06.2020**. Sujet: Nutrient cycling in the oligotrophic ocean over the past 65 million years. Soutenance Mars 2020. Encadrement : Haug, Gerald H.; **Martínez-García, Alfredo**; Eglinton, Timothy I.; Sigman, Daniel M.; Charles, Christopher D. Financement : ETH Zurich. Post-doc Max Planck Institute, Allemagne & Princeton University, USA.

4 – Adam Hasenfratz (Allemagne). Thèse de doctorat de l'ETH Zurich, Suisse – 2012 – 2017. Sujet : **Soutenance: 30.08.2017**. Sujet: Paleoceanographic Evolution of the Antarctic Southern Ocean since the Mid-Pleistocene Transition. Encadrement : Haug, Gerald ; Jaccard, Samuel L. ; **Martínez-García, Alfredo** ; Hodell, David A. ; Charles, Christopher D. Financement : ETH Zurich. Postdoc Universität Bern, Suisse.

**Et/ou co-encadrant-e scientifique : Jill Sutton**

**Laboratoire de recherche co-encadrant** (nom + code U/UMR/USR/EA/JE/...) **UMR 6539 LEMAR**

- e-mail : [jill.sutton@univ-brest.fr](mailto:jill.sutton@univ-brest.fr)

- Téléphone : 02 98 49 86 43

**- Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours)**

(nom des doctorants dirigés et en cours et antérieurement, sur les 6 années passées : sujet, financement, date de soutenance, et situation professionnelle actuelle si connue)

1. Dongdong ZHU. Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale et Ocean University of China, **en cours**, (2019-2023, thèse de 4 ans). Sujet : *Redefining the Burial Flux of Biogenic Silica and its Role in the Global Marine Silicon Cycle*. Directrice de thèse : Aude Leyneart co-encadrante : Jill Sutton (UBO). Financement du Gouvernement de Chine (50%), la Région Bretagne (37,5%) et ANR (12,5 %).
2. Clément TANVET. Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale, **en cours, démarrée en octobre 2019** (2019-2023, 6 mois de prolongement en raison de la crise COVID). Sujet : Acclimatation des coraux aux changements globaux : utilisation des signatures isotopiques pour évaluer l'impact de l'acidification des océans sur la calcification. Directeur de thèse : Gérard Thouzeau, co-encadrante : Jill Sutton, co-encadrant : Riccardo Rodolfo-Metalpa. Financement UBO.

Le cas échéant, autres collaborations (co-encadrant et laboratoire concerné) :

Nicolas Duprey (MPIC, Allemagne) participera également à l'encadrement de la thèse. Des collaborations fortes auront lieu avec Jean-François Maguer (LEMAR), F. Houlbrèque et Eric Vidal (Entropie, Nouvelle-Calédonie). Dans le cadre du projet de l'Université de Lancaster financé par la Fondation Bertarelli « Implications of nutrient flow and feedbacks across the seabird-island-reef system », des collaborations auront également lieu avec Mayalen Zubia (Univ. Polynésie française) et Nick Graham (Univ Lancaster) pour des comparaisons à large échelle (méta-analyse).

### Financement du projet de thèse

En cas de financement à 50 %, le cofinancement est-il déjà identifié (oui/non) : **NON**

Si oui, préciser la nature du cofinancement (ANR, partenaire privé, Ademe, etc.) :

Si le cofinancement n'est pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinancier :

En cas de non-obtention du cofinancement demandé, une autre source de cofinancement est-elle identifiée (oui/non) : **oui**

Si oui, laquelle : **ARED**

Sollicitez-vous un co-financement Is-Blue ( y compris ARED Is-Blue) (oui/non) ? **oui**

**Important : Veillez à bien compléter les différents co financements sollicités sur le serveur Thèses en Bretagne Loire lors du dépôt de votre dossier.**

### Projet de thèse en cotutelle internationale

S'agit-il d'un projet de thèse en cotutelle internationale dans le cadre d'une convention (oui/non) : **NON**

Si oui, préciser l'établissement pressenti (et le pays de rattachement) :

Ce projet de thèse fera-t-il l'objet d'un cofinancement international (oui/non) : **OUI pour le fonctionnement de la thèse (par le Max Planck Institute for Chemistry, Allemagne)**

(Rémunération du doctorant par l'établissement implanté sur le territoire régional (18 mois sur 36 mois), et l'établissement étranger, qui s'engage également à rémunérer le doctorant dans le cadre de son séjour à l'étranger, soit durant 18 mois -a minima-)

En cas de cofinancement international, préciser -si vous en avez connaissance- l'organisation du calendrier des périodes de séjour :

Préciser quel est le stade du projet international (joindre une lettre d'engagement du partenaire)

Cette thèse fait l'objet d'une co-direction internationale (A. Martinez Garcia, Max Planck Institute for Chemistry, Allemagne) avec 3 séjours de 6 mois pendant la thèse au MPIC à Mayence (voir lettre d'engagement du partenaire avec apport financier pour le fonctionnement des analyses chimiques de la thèse et engagement pour la co-direction)

Mainz, December 16<sup>th</sup>, 2021

**Subject:** Support letter for the PhD research project CACAO and co-supervision of the PhD candidate

To whom it may concern,

I would like to confirm my support to the PhD research project developed between Anne Lorrain (*Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin - LEMAR / Institut de Recherche pour le Développement - IRD, Plouzané, France*) and my research group based in the Max Planck Institute for Chemistry in Mainz, Germany. The proposed project CACAO (*Des CorAUX et des oiseaux : Comment l'Azote dérivé des Oiseaux marins influence le cycle de l'azote des récifs coralliens au cours du temps*) aims at understanding the nitrogen cycling in oligotrophic tropical coral reef ecosystems with a particular focus on the role of seabird nesting islands as natural nutrient hotspots and bioreactors for N-species. The anthropogenic influence on these systems will also be the focus of the proposed PhD research project by looking at the influence of rat introduction and removal on these seabird-nesting islands. I will co-supervise the PhD candidate with Anne Lorrain from LEMAR throughout the duration of the thesis work, with the help of my postdoc Nicolas Duprey. My research group will be contributing financially to the research work by covering the costs for stable nitrogen analyses on coral skeleton and nitrate samples to be analyzed at the Max Planck Institute by the PhD candidate. My group and my laboratory will also cover the costs of the field equipment required for the proposed project. The PhD candidate will be entitled to stay at the Max Planck Institute for several stays of no less than 6 months at a time to learn the analytical method and analyze his/her samples (18 month total). The PhD candidate will be provided temporary housing at the guest house during the 3 first months of his/her stay at the institute.

Should you have any questions please contact me using the information in the signature below,

Best regards,



Alfredo Martinez-Garcia

+4961313056717 - [a.martinez-garcia@mpic.de](mailto:a.martinez-garcia@mpic.de) - [www.theamglab.com](http://www.theamglab.com)

Max Planck Institute for Chemistry (Otto Hahn Institute) - Hahn-Meitner-Weg 1 - 55128 Mainz,  
Germany

**Résumé du projet (4000 caractères maxi espaces compris) :**

Le projet de thèse s'intéresse au rôle du guano excrété par les oiseaux marins se nourrissant en mer mais nichant à terre sur le cycle de l'azote et plus généralement la chimie des eaux côtières proches des récifs coralliens éloignés, à la fois dans l'actuel mais aussi dans le passé, par des analyses rétrospectives dans les carottes de corail pour reconstruire les fluctuations des populations d'oiseaux. Les oiseaux de mer transfèrent les nutriments de l'océan à leur site de nidification, façonnant la productivité locale et la physiologie des coraux constructeurs de récifs adjacents dans le cas des îlots tropicaux éloignés, comme ceux du Pacifique Sud-Ouest.

Les processus en jeu dans le transfert de cet azote vers le récif sont cependant flous, ainsi que le lien entre biomasse des oiseaux marins et azote disponible pour les coraux. Ici, nous proposons de retracer sur les 50 dernières années le devenir et la dynamique des apports en azote (N) dérivé des oiseaux marins dans plusieurs atolls du Pacifique ayant des histoires différentes en terme de populations d'oiseaux liées à la morphologie des îlots mais également à la présence ou l'absence de rongeurs. Les rongeurs comme les rats ont en effet un impact fort sur les populations d'oiseaux marins, que ce soit par prédation directe ou par modification de leur habitat ; leur présence entraîne ainsi une diminution de leur population et des apports de guano vers les récifs adjacents. L'étude des mécanismes d'enrichissement en nutriments ainsi que des échelles de temps du retour de ces nutriments suivant une éradication et à quelle vitesse les écosystèmes adjacents en bénéficient est donc centrale pour définir des mesures de conservation efficaces. Pour ce faire, nous mesurerons la composition isotopique en azote ( $\delta^{15}\text{N}$ ) des nitrates de l'eau de mer, de l'eau souterraine sous les îlots, et de la matière organique liée au squelette du corail massif *Porites* (CS- $\delta^{15}\text{N}$ ) sur plusieurs sites (îlots/atolls) contrastés en terme de morphologie, nombre d'oiseaux marins et histoire de présence de rongeurs. Des résultats préliminaires suggèrent en effet que la lentille d'eau saumâtre située sous les îlots agirait comme un puissant bioréacteur, et serait le mécanisme clé d'enrichissement du récif en nitrates. Les premiers enregistrements CS- $\delta^{15}\text{N}$  sur seulement quelques années ont également révélé que les apports d'azote dérivé du guano sur le platier récifal étaient assimilés par le corail tout au long de l'année et de sa vie, démontrant le potentiel des enregistrements CS- $\delta^{15}\text{N}$  pour reconstruire l'approvisionnement en azote par les oiseaux marins sur des échelles de temps historiques, fournissant un outil précieux pour la gestion des récifs et les futures études de conservation.

**Présentation détaillée du projet :**

**1 - Hypothèse et questions posées, état de l'art, identification des points de blocages scientifiques (4000 caractères maxi espaces compris)**

Les oiseaux marins, se nourrissant exclusivement en mer et se reproduisant sur les îlots, jouent un rôle écologique important de transfert de nutriments entre les écosystèmes terrestres et marins (Fig. 1). Plusieurs études au large de la Nouvelle-Calédonie <sup>(1,2)</sup> ont permis de démontrer un enrichissement significatif en azote des eaux côtières d'îlots abritant de larges colonies d'oiseaux marins et une assimilation de cet azote par le corail. Benkwitt et al. (2021) viennent d'autre part de publier une étude suggérant que l'éradication des rats dans l'Océan Indien boosterait la biomasse des oiseaux et ainsi l'enrichissement des eaux côtières par le guano. Ils proposent d'éradiquer les rats pour augmenter la productivité et la santé des écosystèmes coralliens. Cette étude n'a cependant pas évalué **les mécanismes d'enrichissement** des eaux côtières en nutriments via le guano ni **la variation temporelle de ces apports au même site**, étapes indispensables pour proposer des mesures de conservation.

Ainsi, si depuis 2017, des études se sont succédées pour confirmer le rôle des nutriments issus du guano sur les écosystèmes coralliens <sup>1,3-5</sup>, il apparaît désormais primordial de savoir (i) comment ces nutriments sont relargués dans le milieu marin, et (ii) de remonter dans le temps pour retracer les fluctuations de populations d'oiseaux marins sur un même site et donc des quantités de nutriments dérivées du guano. Compte tenu de la variabilité spatiale et temporelle des conditions climatiques, de la géologie des sites insulaires et de la topographie des colonies, l'identification des voies d'entrée et des transformations de l'azote dérivé des oiseaux marins est un défi. L'une des voies permettant de progresser dans la clarification de ces mécanismes est l'utilisation des isotopes stables de l'azote. Du fait de la position trophique élevée des oiseaux marins et en raison de la volatilisation préférentielle du  $^{14}\text{N}$  du guano, le guano des oiseaux marins est enrichi en  $^{15}\text{N}$  par rapport au  $^{14}\text{N}$  et présente des valeurs élevées (de 7 à 18‰) distinctes des autres sources d'azote dans les atolls éloignés (1 à 5‰, <sup>2</sup>). Il est donc possible de suivre les apports de guano dans un écosystème, avec des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  élevées constituant un traceur pour l'azote dérivé des oiseaux

marins<sup>1,3</sup>. En plus de son utilité en tant que traceur des processus modernes du cycle de l'azote, le  $\delta^{15}\text{N}$  peut également être utilisé pour la reconstruction historique du cycle de l'azote à travers un écosystème. Dans les coraux scléactiniaires, l'azote est présent dans la matrice organique étroitement liée au carbonate de calcium, et peut être conservé pendant des millions d'années<sup>(6)</sup>. Cette matière organique liée au squelette corallien (CS) est directement synthétisée par le corail au moment de la calcification. Les mesures de  $\delta^{15}\text{N}$  de cette matrice organique peuvent ainsi être utilisées pour produire des études à haute résolution sur les changements dans l'évolution des sources d'azote des récifs coralliens au fil du temps<sup>(7,8)</sup>.

L'objectif de ce travail de thèse sera donc d'identifier et de comprendre la variabilité spatio-temporelle des apports d'azote dérivé du guano dans les écosystèmes coralliens en lien avec les fluctuations des populations d'oiseaux et de rats par des approches isotopiques innovantes. Ce projet étudiera des îles contrastées en terme d'histoire et d'abondance de populations d'oiseaux (et de guano déversé) avec des îles avec présence de rats, des îles qui n'ont jamais eu de rats, et des îles où les rats ont été éradiqués. Le projet de thèse CACAO vise ainsi à apporter des informations dans l'actuel et le passé sur le rôle encore peu exploré des oiseaux marins sur le fonctionnement des récifs coralliens dans un contexte où à la fois les populations d'oiseaux et les récifs coralliens, sont menacés à l'échelle planétaire.

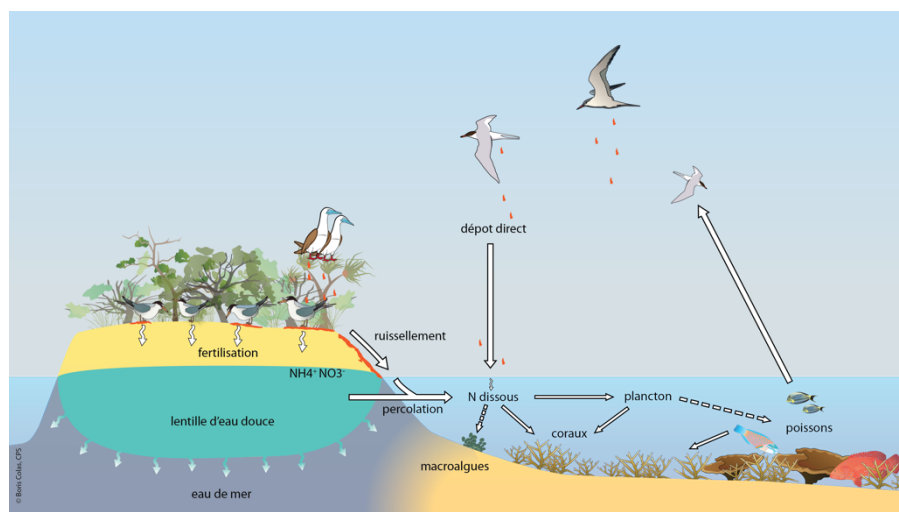


Figure 1. Diagramme schématique de l'entrée d'azote provenant du guano dans l'écosystème corallien. Modifié d'après Lorrain et al. 2017.

## 2 - Approche méthodologique et techniques envisagées : (4000 caractères maxi espaces compris)

Afin de tracer le devenir et la dynamique des apports azotés dérivés des oiseaux marins dans les récifs du Pacifique, deux objectifs clés sont définis :

(1) **Comment et par quels mécanismes le guano modifie-t-il la chimie des eaux environnantes aux îlots abritant des colonies d'oiseaux marins ?** quel est son devenir, sa dégradation et son impact sur la biogéochimie côtière en milieu oligotrophe. Il s'agira d'évaluer comment l'azote issu du guano est relargué dans l'écosystème corallien, en se focalisant sur le rôle de la lentille d'eau douce présente sous les îlots et sur les eaux du large (les deux sources potentielles d'enrichissement). Des forages seront réalisés sur l'îlot avec une tarière à main pour atteindre la lentille (méthodologie validée à l'îlot Surprise par notre groupe). Des prélèvements d'eau de mer seront ensuite réalisés à différentes distances de l'îlot (25, 50, 100 et 200m) et également au large où un profil CTD sera établi sur 400m de profondeur. Les valeurs isotopiques des nitrates de l'eau de mer  $\delta^{15}\text{N-NO}_3$  sur le transect île-large seront comparées à celles des autres sources (eau du large et lentille) pour tracer les différentes sources d'azote sur le récif au moment du prélèvement et leur étendue spatiale.

(2) **Comment évolue l'abondance du guano et des oiseaux marins au cours du temps ?** Nous proposons une approche originale et innovante qui consiste à mesurer la composition isotopique de l'azote dans la matière organique du squelette corallien (CS- $\delta^{15}\text{N}$ ) sur environ 50 à 100 ans. Les coraux massifs de type *Porites* seront ciblés car ils ont une croissance relativement rapide (jusqu'à 2 cm/an), produisant des bandes de croissance annuelle, permettant d'appréhender les variations isotopiques à haute résolution (une dizaine de points par an). Des analyses préliminaires sur les coraux massifs de Surprise ont révélé des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  plus élevées au site guano par rapport au site témoin (13 vs. 6‰) démontrant la possibilité de tracer les sources azotées au cours du temps mais également leurs variations saisonnières. L'étudiant/e utilisera la méthode du dénitrificateur<sup>(9)</sup> pour analyser le CS- $\delta^{15}\text{N}$  à Mayence au MPIC.

Plusieurs îlots avec des situations contrastées en terme d'abondance d'oiseaux et de rats seront ciblés.

- L'îlot Surprise, récif isolé à 250 km de la Nouvelle-Calédonie, est loin de tout apport anthropique et abrite une large population d'oiseaux marins (>30 000 individus) avec une dératisation ayant eu lieu en 2005. Cet atoll est suivi depuis de nombreuses années en terme de populations d'oiseaux et de rats et a également fait l'objet d'une campagne en 2019 qui a permis de récolter des échantillons d'eau (lentille, eau de mer) et des carottes de corail.
- L'îlot M'ba, dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie abrite la plus grosse colonie de puffins (> 80 000 individus) avec absence de rats. Cet îlot est facile d'accès car proche de Nouméa (~20 km) permettant un suivi saisonnier des populations d'oiseaux marins et des paramètres environnementaux. Des forages ont été réalisés par le passé<sup>10,11</sup> et sont toujours opérationnels, facilitant l'analyse chimique de la lentille présente sous l'îlot et l'étude de l'enrichissement des eaux côtières. Les missions sur ce site se feront dans le cadre du programme Fear Factor déjà financé via les navires locaux de l'IRD.
- Quelques îlots du grand lagon sud avec des situations contrastées (présence/absence de rats) seront également étudiés car ils vont permettre une meta-analyse de paramètres clés sur un grand nombre d'îlots (valeurs isotopiques dans l'eau et les tissus coralliens). Plusieurs campagnes sont en effet déjà programmées pour 2022 avec un suivi des populations d'oiseaux marins et des prélèvements biologiques sur ces sites.

Enfin une demande de campagne est en cours via la commission flotte côtière pour garantir des prélèvements supplémentaires (lentille et carottes de corail) sur un ou deux îlots du grand lagon sud.

### **3 - Positionnement et environnement scientifique dans le contexte régional, national et international :**

La thématique de la thèse sur le rôle des nutriments dérivés des oiseaux marins sur les écosystèmes oligotrophes et le lien avec les espèces invasives et la dératisation est au cœur des questionnements de la communauté scientifique comme en témoignent les récents articles à fort impact depuis 2017 dont deux par notre groupe (Nature, Frontiers in Marine Science, Current Biology etc..). La thématique a été soutenue par le LABEX MER et CORAIL par le passé et par LEFE CYBER et EC2CO avec une campagne dédiée au projet sur le NO ALIS en 2019.

Le LABEX CORAIL finance également cette thématique via son projet structurant METAREEF piloté par l'UMR ENTROPIE et dont le LEMAR est partenaire (PI E. VIDAL, début en 2022).

Concernant les espèces invasives et le lien rats/oiseaux, de nombreux projets sont en cours (E. VIDAL, projet Fear Factor financé par l'IRD et le SPREP) qui vont permettre de faire un état des lieux des différents îlots autour de la Nouvelle-Calédonie et de financer le suivi saisonnier sur l'îlot M'Ba ainsi que les différentes campagnes sur les îlots du grand sud.

Au niveau international, nous avons débuté une collaboration avec l'équipe de N. Graham (Univ. Lancatsers) qui porte un projet financé par la fondation Bertarelli sur « les implications du flux de nutriments et des rétroactions à travers le système oiseaux marins-îles-récifs » focalisé sur l'Océan Indien mais sans les composantes mécanistes et reconstructions temporelles que nous proposons. Ces équipes sont fortement intéressées par l'approche proposée dans la thèse et des possibilités de partage d'échantillons sont étudiées si le déroulement de la thèse le permet.

Enfin, via la co-direction avec le MPIC (Allemagne), l'étudiant/e bénéficiera d'un environnement adapté pour toutes les analyses isotopiques et d'un soutien financier (cf. lettre d'engagement du partenaire).

### **4 - Contexte scientifique et partenarial : éléments généraux (ERC, CPER, FEDER, Breizhcop ...) (4000 caractères maxi espaces compris)**

Cette thèse sera réalisée au Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR) avec Anne Lorrain (DR IRD) comme directrice de thèse qui apportera son expertise en isotopie stable et sur la thématiques oiseaux/guano coraux et Jill Sutton (MCF UBO) co-encadrante spécialisée en biogéochimie et chimie isotopique en particulier sur les coraux. Jean-François Maguer (MCF, UBO) spécialiste des analyses isotopiques sur les coraux depuis de nombreuses années apportera aussi son expertise. Anne Lorrain a dirigé deux projets de recherche sur cette thématique et été chef de mission de la campagne IGUANE en 2019 à Surprise (Nouvelle-Calédonie). L'étudiant/e passera la moitié de son temps (3 séjours de 6 mois) au Max Planck Institute For Chemistry à Mayence (Allemagne) sous la direction d'Alfredo Martinez Garcia, ([www.theamglab.com](http://www.theamglab.com)) spécialiste de l'utilisation des isotopes stables de l'azote pour tracer le cycle de l'azote. A Martinez Garcia possède un laboratoire permettant l'analyse le  $\delta^{15}\text{N}$  de la matrice organique des coraux, ainsi que sur la molécule de Nitrate, grâce à une technique innovante maîtrisée par très peu de laboratoires dans le monde (<sup>7,8,12</sup>). Lors de ses séjours l'étudiant/e devra analyser l'ensemble des échantillons récoltés et notamment analyser le  $\delta^{15}\text{N}$  de la matrice organique des coraux et du nitrate sur les échantillons d'eau. Lors de ces séjours, Nicolas Duprey, apportera son expertise sur les aspects analytiques dans les coraux et le nitrate, mais aussi pour aider à

l'interprétation des résultats. L'étudiant bénéficiera également d'une collaboration étroite avec l'équipe ENTROPIE basée à Nouméa spécialisée dans l'étude des oiseaux marins, espèces invasives et physiologie des coraux (F. Houlbrèque et Eric Vidal).

Ce travail de thèse bénéficie d'autre part des avancées scientifiques réalisées par l'équipe depuis 2015 sur la thématique et d'échantillons de coraux récoltés dans le cadre de la mission ALIS de 2019 permettant de commencer rapidement les analyses rétrospectives et ainsi de prendre un main un gros volet de la thèse (analyses des 50 dernières années à Surprise ayant subi une dératification en 2005 et ainsi de fortes fluctuations d'abondance des populations d'oiseaux marins). Le contexte partenarial en Nouvelle Calédonie ainsi que les nombreux projets financés sur les espèces invasives et oiseaux marins ayant commencés et devant se poursuivre en 2022 et 2023 (Fonds d'amorçage IRD Fear Factor, projet LABEX CORAIL METAREEF) permettront de i) pérenniser le suivi saisonnier d'un îlot proche de Nouméa (Ilot M'Ba) que ce soit au niveau suivi des populations d'oiseaux marins mais aussi prélèvements de la lentille et de coraux sur un gradient cote large, et de ii) cartographier les différents îlots du grand lagon sud pour choisir les sites les plus pertinents pour la thèse en terme d'analyses de carottes et de futures campagnes en mer.

L'approche interdisciplinaire écologie/biogéochimie proposée pour ce sujet de thèse repose sur la forte expertise des différents encadrant(e)s et collaborateur(ice)s et leurs domaines de recherche complémentaires: écologie terrestre, espèces invasives, physiologie des coraux, biogéochimie isotopique, écologie marine, cycle de l'azote.

## Références

- Lorrain, A. *et al.* Seabirds supply nitrogen to reef-building corals on remote Pacific islets. *Sci. Rep.* **7**, 3721 (2017).
- Thibault, M. *et al.* Seabird-derived nutrients supply modulates the trophic strategies of mixotrophic corals. *Front. Mar. Sci.* **8**:790408. doi: 10.3389/fmars.2021.790408 (2022).
- Graham, N. A. J. *et al.* Seabirds enhance coral reef productivity and functioning in the absence of invasive rats. *Nature* **559**, 250–253 (2018).
- Benkwitt, C. E., Wilson, S. K. & Graham, N. A. J. Seabird nutrient subsidies alter patterns of algal abundance and fish biomass on coral reefs following a bleaching event. *Glob. Change Biol.* **25**, 2619–2632 (2019).
- Benkwitt, C. E., Gunn, R. L., Le Corre, M., Carr, P. & Graham, N. A. J. Rat eradication restores nutrient subsidies from seabirds across terrestrial and marine ecosystems. *Curr. Biol.* **31**, 2704–2711.e4 (2021).
- Wang, X. T. *et al.* Influence of open ocean nitrogen supply on the skeletal  $\delta^{15}\text{N}$  of modern shallow-water scleractinian corals. *Earth Planet. Sci. Lett.* **441**, 125–132 (2016).
- Duprey, N. N. *et al.* Life and death of a sewage treatment plant recorded in a coral skeleton  $\delta^{15}\text{N}$  record. *Mar. Pollut. Bull.* (2017) doi:10.1016/j.marpolbul.2017.04.023.
- Duprey, N. N. *et al.* Megacity development and the demise of coastal coral communities: Evidence from coral skeleton  $\delta^{15}\text{N}$  records in the Pearl River estuary. *Glob. Change Biol.* **26**, 1338–1353 (2020).
- Wang, X. T. *et al.* Isotopic composition of skeleton-bound organic nitrogen in reef-building symbiotic corals: A new method and proxy evaluation at Bermuda. *Geochim. Cosmochim. Acta* **C**, 179–190 (2015).
- Comte, J.-C., Banton, O., Join, J.-L. & Cabioch, G. Evaluation of effective groundwater recharge of freshwater lens in small islands by the combined modeling of geoelectrical data and water heads. *Water Resour. Res.* **46**, 06601 (2010).
- Yamano, H., Cabioch, G., Chevillon, C. & Join, J.-L. Late Holocene sea-level change and reef-island evolution in New Caledonia. *Geomorphology* **222**, 39–45 (2014).
- Gillikin, D. P. *et al.* High-resolution nitrogen stable isotope sclerochronology of bivalve shell carbonate-bound organics. *Geochim. Cosmochim. Acta* **200**, 55–66 (2017).

**Vous sollicitez un financement ISblue, ou une ARED ISblue :**

**Précisez le lien du sujet avec les thèmes ISblue**

Thème ISblue	Thème principal	Thème secondaire (si nécessaire)	Autre (si nécessaire)
la régulation du climat par l'océan	X		
les interactions entre la Terre et l'océan			X
la durabilité des systèmes côtiers			
l'océan vivant et les services écosystémiques		X	
les systèmes d'observation à long terme			



La thématique développée dans ce sujet de thèse (impacts des nutriments issus du guano, de l'éradication des rongeurs sur le cycle de l'azote et son assimilation par les coraux) est clairement identifiée dans les prospectives ISBlue des thèmes 1, 2 et 4 sur les conséquences des facteurs de changement (changement climatique et cycles biogéochimiques, espèces envahissantes, et pollution) sur le fonctionnement, la dynamique et la santé des écosystèmes marins.

**Expliquez/précisez en quelques lignes dans quelle mesure votre demande correspond à l'un ou plusieurs des critères ISblue ci-dessous :**

**1- Originalité, impact potentiel du projet** (4 lignes maxi)

Cette thèse permettra i) la mise au point d'un outil innovant de reconstruction des fluctuations d'azote à partir du  $\delta^{15}\text{N}$  des carottes de corail permettant des approches temporelles sans précédent, et ii) caractériser pour la première fois les mécanismes de cet enrichissement azoté. L'étude des flux d'azote en lien avec l'abondance des oiseaux marins et des rats apportera de nombreuses bases pour la gestion durable de ces écosystèmes éloignés.

**2- Positionnement international du sujet, cotutelle ou co-encadrement international** (4 lignes maxi)

La thèse bénéficiera d'un co-encadrement international avec le Max Planck Institute for Chemistry (Allemagne) avec la moitié du temps passé à Mayence. Cette thèse participe à l'effort international sur la thématique des flux de nutriments en lien avec les populations d'oiseaux marins et bénéficiera des collaborations en place avec Lancaster (N. Graham) permettant de diversifier les sites d'étude et les méthodologies.

**3- Effet intégrateur entre unités de recherche et / ou interdisciplinarités** (4 lignes maxi)

Cette thèse réunit plusieurs communautés scientifiques (chimistes, biologistes, ornithologues) à la fois dans le domaine marin et terrestre avec des encadrants et collaborateurs de différentes unités de recherche et instituts spécialisés en espèces envahissantes, oiseaux marins et écologie des coraux (IRD ENTROPIE), isotopie des coraux et cycle de l'azote (MPIC ; LEMAR) et isotopes stables (LEMAR, MPIC).

**4- Potentiel d'insertion à un haut niveau dans la communauté académique ou non académique du docteur** (4 lignes maxi)

La thématique de la thèse est à la fois au cœur des questionnements de la communauté scientifique comme en témoigne les nombreux articles à fort impact depuis 2017 (Nature etc..) et très en lien avec les gestionnaires des espaces insulaires. Enfin, l'acquisition d'une méthodologie innovante ( $\delta^{15}\text{N}$  contenu dans la matrice organique des carottes de corail) est un atout clé pour l'insertion future du doctorant dans le milieu académique.

## **Le candidat**

**Profil souhaité du candidat (spécialité/discipline principale, compétences scientifiques et techniques requises) :**

Ce sujet s'adresse à un(e) candidat(e) motivé(e), titulaire d'un master en chimie ou océanographie (chimie, biologie).

Le candidat devra avoir des bases solides en chimie, chimie analytique et travail de laboratoire (c'est-à-dire familier avec la manipulation de pipettes et la préparation de solutions, travailler dans un laboratoire propre). Des compétences en écologie et isotopie stable seraient également appréciées. La moitié de la thèse se déroulera à Mayence (Mainz), en Allemagne, dans le laboratoire ultramoderne du groupe de recherche Martinez-Garcia de l'Institut Max Planck de Chimie (MPIC), ainsi la maîtrise de l'anglais est indispensable (l'allemand n'est pas nécessaire, bien qu'utile). Une attention particulière sera portée à la mobilité géographique du candidat au cours de son cursus ainsi qu'à sa maturité/motivation à postuler sur ce sujet de thèse.

### **ATTENTION :**

**Tout dossier non déposé sur le serveur dans les délais indiqués, ne pourra être pris en compte notamment par les instances ISblue, conseil de l'EDSML.**