

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

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

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

Identification du projet

Acronyme du projet (8 caractères *maximum*) : ACLICOST

Intitulé du projet en langue française : ACcLImatation des Récifs COralliens aux changements globaux : utilisation des Signatures isoTopiques pour mieux comprendre le mécanisme de calcification des coraux.

Intitulé du projet en langue anglaise : Acclimation of coral reefs to global changes: using isotopic signatures to better understand coral calcification.

Domaine d'innovation stratégique (DIS) du projet

Cocher le DIS prioritaire au sein duquel le projet de thèse s'intègre.

- DIS 1 : Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative
- DIS 2 : Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité
- DIS 3 : Activités maritimes pour une croissance bleue
- DIS 4 : Technologies pour la société numérique
- DIS 5 : Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie
- DIS 6 : Technologies de pointe pour les applications industrielles
- DIS 7 : Observation et ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

Si aucun DIS ne correspond, cocher « Projet Blanc ».

« Projet Blanc »

Préciser le sous-domaine correspondant :

7A- Observation, surveillance et gestion de l'environnement et des écosystèmes et de leurs interactions

DIS secondaire si nécessaire :

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

Établissement porteur du projet : Université de Bretagne Occidentale

Ecole Doctorale : Ecole Doctorale des Sciences de la Mer

Identification du-de la responsable du projet (futur-e directeur-trice 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

Directeur du Laboratoire : Luis Tito de Morais

Nom de l'équipe de recherche : DISCOVERY

Nombre HDR dans le laboratoire : 48 HDR

Nombre de thèses en cours : 47

Nombre de post-docs en cours : 12

Nom et prénom du directeur de thèse (HDR), porteur du projet : THOUZEAU Gérard, DR CNRS

- e-mail : gerard.thouzeau@univ-brest.fr

- Téléphone : 02 98 49 86 39 / 06 86 88 38 44

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

81 publications / Nombre total de citations : 1578 / H index : 26 (ISI Web of Science, 05/12/18)

ORCID : 0000-0001-5103-8840 / ResearcherID : J-9034-2017 / SCOPUS : 56000045100 / DINA: 107873

Aschenbroich A., Michaud E., Stieglitz T., Fromard F., Gardel A., Tavares M., **Thouzeau** G., 2016. Brachyuran crab community structure and associated sediment reworking activities in pioneer and young mangroves of French Guiana, South America. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **182**, p. 60-71.

Aschenbroich A., Michaud E., Gilbert F., Fromard F., Alt A., Le Garrec V., Bihannic I., De Coninck A., **Thouzeau** G., 2017. Bioturbation functional roles according to mangrove development in French Guiana, South America. *Hydrobiologia* **794** (1), p. 179-202.

Aguirre-Velarde A., Jean F., **Thouzeau** G., Flye Sainte-Marie J., 2018. Feeding behaviour and growth of the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) under daily cyclic hypoxia conditions. *Journal of Sea Research* **131** (2018), p. 85-94.

Ray R., Michaud E., Aller R. C., Vantrepotte V., Gleixner G., Walcker R., Dévesa J., Le Goff M., Morvan S., **Thouzeau** G., 2018. The sources and distribution of carbon (DOC, POC, DIC) in a mangrove dominated estuary (French Guiana, South America). *Biogeochemistry* **138** (3), May 2018, 297-321.

Aguirre-Velarde A., Pecquerie L., Jean F., **Thouzeau** G., Flye Sainte-Marie J., 2019. Predicting the energy budget of the scallop *Argopecten purpuratus* in an oxygen-limiting environment. *Journal of Sea Research* **143**, p. 254-261.

* *Noms des doctorants ou post-doctorant encadrés soulignés.*

- 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. **Aschenbroich Adélaïde**, 2013-2016. Biodiversité et fonctionnement des communautés benthiques de la mangrove de Guyane française. Bourse doctorale du président de l'UBO. Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale, spécialité Océanologie Biologique (co-direction E. Michaud, UMR 6539, et F. Fromard, UMR 5245-ECOLAB). *Thèse soutenue le 15 septembre 2016* (<https://www.theses.fr/2016BRES0054>). Actuellement ATER à l'université de Polynésie française.

2. **Aguirre Velarde Arturo**, 2013-2016. Bioénergétique du pétoncle péruvien *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) dans un contexte aquacole soumis à la variabilité climatique ENSO ; la modélisation comme un outil de gestion. Bourse doctorale de l'IRD dans le cadre du LMI DISCOH. Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale, spécialité Océanologie Biologique (co-direction F. Jean, co-encadrement J. Flye Sainte-Marie, UMR 6539 CNRS). *Thèse soutenue le 15 décembre 2016* (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01542077>). Recruté comme permanent chercheur à l'IMARPE (Lima, Pérou).
3. **Cueto Vega Rosa**, 2018-en cours. Effets de multiples stress environnementaux sur la physiologie du pétoncle péruvien *Argopecten purpuratus* (L. 1819). Bourse de l'Ecole Doctorale Franco-Péruvienne en Sciences de la Vie. Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale (Brest), spécialité Océanologie Biologique (co-direction F. Jean et P. Gil-Kodaka, IMARPE ; co-encadrement J. Flye Sainte-Marie, UMR 6539 CNRS). *Thèse débutée le 1^{er} mars 2017* (<https://www.theses.fr/s167727>).

Co-directrice de thèse : Anne LORRAIN (CR IRD), HDR

- **Laboratoire de recherche :** LEMAR – UMR 6539

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

- **Téléphone :** 02 90 91 55 75

- **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. **Rabehagasoa N.**, 2007-2013. Traits de vie et écologie trophique de deux populations de requins (le requin peau bleu, *Prionace glauca* et le requin soyeux, *Carcharhinus falciformis*) de la région Sud-Ouest de l'Océan Indien (Directeur de thèse, He. Bruggemann. Co encadrement avec P. Bach). Bourse doctorale de l'IRD. *Thèse soutenue le 11 décembre 2013* à l'Université de la Réunion. Reprise d'études en informatique.
2. **Espinoza P.**, 2010-2014. Dynamique trophique du nord du Système du Courant de Humboldt : apport des isotopes stables et des contenus stomacaux (co-directeur de thèse : A Bertrand, UMR EME, Sète). Bourse doctorale de l'IRD. *Thèse soutenue le 14 mai 2014* à Brest (UBO). En poste à l'IMARPE au Pérou.
3. **Houssard P.**, 2014-2017. 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. Bourse de thèse et financement du Gouvernement de Nouvelle-Calédonie. Directrice de thèse (Co-direction Y. Letourneur, Univ. Nouvelle-Calédonie). *Thèse soutenue le 14 avril 2017* à l'Université de la Nouvelle-Calédonie. En recherche d'emploi en Nouvelle Calédonie.
4. **Médieu A.**, 2018- en cours. Origine, déterminants et modélisation statistique des concentrations en méthylmercure dans les thons à l'échelle globale. Directrice de thèse. Financement 50% Région, 50%EDSM. Thèse EDSM UBO.

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

Co-encadrant scientifique : Riccardo RODOLFO-METALPA, CR IRD (riccardo.rodolfo-metalpa@ird.fr)

- **Laboratoire de recherche co-encadrant :** UMR ENTROPIE (Écologie marine tropicale des océans Pacifique et Indien), UR IRD 250, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

Présentation du projet (en langue française ou anglaise, 2 à 3 pages)

Résumé du projet (4000 caractères maxi espaces compris) :

Les écosystèmes coralliens, présents généralement dans les eaux chaudes du globe et à faible profondeur, font l'objet d'une inquiétude grandissante quant à leur devenir. Ces écosystèmes aquatiques, parmi les plus diversifiés et les plus étendus de la planète, sont particulièrement impactés par l'anthropisation croissante depuis deux siècles. Les conséquences écologiques traduisent la dégradation de leur état de santé avec le blanchiment des coraux dû aux températures en hausse, et la régression de la croissance voire l'atrophie du squelette carbonaté des coraux en raison de l'acidification des océans. Depuis la révolution industrielle, le doublement de la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère (NOAA, IPCC 2015) a entraîné une hausse du niveau de la mer et de la température moyenne des océans (+0,7°C). Les changements induits dans la chimie des océans (près de 30% du CO₂ atmosphérique y sont stockés) dérèglent le système des carbonates et entraînent l'acidification croissante des océans. Cette dernière régule la quantité de carbone inorganique dissous (CID) nécessaire à la construction du squelette calcaire des coraux (Ries et al. 2009, Allemand et al. 2011, Kroeker et al. 2010). Bien que la majorité des études réalisées sur ce sujet montre le dérèglement du système des carbonates, certains coraux seraient capables de s'acclimater à l'acidification des océans (Paganini et al. 2015, EPOCA WHOI, 2010).

C'est dans ce contexte que l'objectif premier du projet ACLICOST est d'identifier les mécanismes physiologiques mis en œuvre par les coraux pour faire face au changement global. A cet égard, des études récentes (ANR CARIOCA) ont permis de découvrir trois sites naturels en Papouasie-Nouvelle-Guinée et Nouvelle-Calédonie (zones de résurgences naturelles de CO₂) présentant des conditions extrêmes de pH/CO₂ (proches des valeurs prédites par les scénarios d'évolution des modèles de l'IPCC à l'horizon 2100) et hébergeant des récifs coralliens en bonne santé apparente. Ces sites sont donc d'un intérêt majeur pour étudier l'acclimatation éventuelle des coraux aux forçages anthropiques. De manière générale, l'acclimatation à l'acidification des océans et au réchauffement climatique reste encore peu étudiée et les projections modernes ne prennent pas en compte la capacité des espèces à s'acclimater (Godbold & Calosi 2013, Munday et al. 2013, Sunday et al. 2014). Aujourd'hui, malgré toutes les connaissances acquises sur la biologie et l'écologie des récifs coralliens, il manque encore un modèle d'étude prédictif de leur évolution future, ainsi que les outils analytiques permettant de mieux comprendre la dynamique de cette acclimatation éventuelle. Cette dernière sera étudiée par une approche géochimique utilisant les signatures isotopiques du fluide interne de calcification, afin de tracer les différents mécanismes physiologiques régulant le taux de biominéralisation des coraux et de mieux prédire leur devenir.

Le projet ACLICOST associe les compétences du LEMAR en écophysiologie des invertébrés marins et en analyses géochimiques (isotopie, analyses élémentaires) et celles d'équipes françaises et internationales travaillant sur la géochimie et les mécanismes de régulation de la biominéralisation des coraux tropicaux (UMRs ENTROPIE et LSCE Gif-sur-Yvette, University of Western Australia - Crawley, Texas A&M University et ISMAR-CNR Venise). L'approche qui sera développée au cours de cette thèse allie études *in situ* (populations impactées et populations témoins non impactées situées à proximité), expérimentations en milieu contrôlé, et analyses géochimiques de pointe, dans un contexte d'évolution à long terme des modèles biologiques ciblés (coraux tropicaux). Ce projet s'inscrit dans les objectifs de développement durable de la Région Bretagne (« Réseau mondial pour un développement durable », « Réseau sur le changement climatique » et « Réseau sur la sécurité alimentaire » au regard de l'importance des récifs pour la pêche).

Présentation détaillée du projet :

1 - Hypothèse et questions posées, identification des points de blocages scientifiques

Certaines espèces calcifiantes connaissent des réponses divergentes en termes d'évolution du taux de calcification en fonction de l'augmentation du CO₂ atmosphérique (Ries *et al.* 2009). La biominéralisation utilise les formes de carbone inorganique dissous de façon interne et/ou externe à l'organisme (Simkiss *et al.* 1989). Les coraux, de par leur symbiose autotrophe/hétérotrophe, ont une biominéralisation externe (CID de l'environnement) et interne (respiration autotrophe). Il semble qu'il existe une régulation de l'activité enzymatique permettant la biominéralisation via l'anhydrase carbonique (Ventura *et al.* 2016). De plus, un autre phénomène permettant la régulation du taux de biominéralisation a été mis en évidence : la « pompe à protons », qui permet la régulation du pH dans le fluide de calcification (Ries *et al.* 2009, Ries *et al.* 2011, McCulloch *et al.* 2012). L'étude de la physiologie des coraux est donc un élément essentiel à la compréhension de leur acclimatation au changement global (Gates *et al.* 1999).

L'hypothèse principale est que certaines espèces de coraux sensibles à l'acidification des océans présenteraient la capacité de s'adapter/s'acclimater aux augmentations de la concentration en CO₂ atmosphérique prévues par les scénarios du GIEC (IPCC 2015, 2018). L'aspect novateur de ce projet réside dans la mise en place d'une comparaison des paramètres biochimiques entre trois sites naturels où se développent plus de 20 espèces de coraux dans des conditions de pH/CO₂ extrêmes (proches des prédictions du GIEC à l'horizon 2100). Les coraux qui y vivent constituent ainsi des modèles biologiques d'intérêt puisqu'ils sont acclimatés à ces conditions extrêmes depuis des décennies. La comparaison avec des coraux présents dans des sites de référence situés à proximité et présentant des valeurs actuelles (non acidifiées) de pH/CO₂ permettra de déterminer les changements physiologiques mis en place par ces espèces pour s'acclimater aux conditions extrêmes. L'objectif général de ce projet est d'améliorer nos connaissances sur la dynamique d'adaptation des récifs coralliens en utilisant des proxies isotopiques ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{11}\text{B}$) du fluide interne de calcification des coraux. Ces techniques géochimiques ont été récemment utilisées par plusieurs laboratoires internationaux (UWA, CSM, LSCE) dans le but de mieux évaluer la capacité des récifs coralliens à calcifier dans un environnement à pCO₂ élevée. Dans le cadre de cette thèse, nous allons utiliser des coraux qui se sont développés toute leur vie dans des sites naturels exposés à des valeurs faibles de pH et qui se sont donc potentiellement adaptés aux conditions environnementales prévues pour la fin du 21^{ème} siècle. Une calibration des proxies isotopiques sera également réalisée en aquariums (facilités de l'Aquarium de Nouméa) sur des coraux acclimatés et maintenus sur le long-terme à différents niveaux de pH. Cela nous permettra *in fine* de déterminer leur stratégie de régulation physiologique face aux forçages anthropiques (température, acidification). La portée des résultats obtenus dépendra de notre capacité à : (i) caractériser la régulation du pH du fluide interne de calcification, (ii) mesurer l'activité enzymatique lors de la biominéralisation, et (iii) identifier les différents facteurs abiotiques et biotiques régulant cette activité.

2 - Approche méthodologique et techniques envisagées :

Plusieurs signaux isotopiques détectables au sein du mécanisme de biominéralisation des coraux seront analysés. La signature isotopique du Carbone ($\delta^{13}\text{C}$) permettra d'identifier les sources de CID utilisées par les coraux lors de leur biominéralisation (autotrophie/hétérotrophie ; McConnaughey et al. 1989). Afin de caractériser l'activité métabolique (calcification) et sa régulation (pompe à protons) face à l'acidification des océans, nous utiliserons le $\delta^{11}\text{B}$ en tant que proxy du pH du fluide interne de calcification (Sutton et al. 2017). Une méthode d'extraction du fluide interne de calcification sera développée afin d'utiliser le $\delta^{11}\text{B}$ du fluide au lieu de passer par un modèle de correction du $\delta^{11}\text{B}$ du squelette.

Le projet se décline en 3 axes :

- Comparer les paramètres biogéochimiques entre les 3 sites naturels où se développent des coraux dans des conditions de pH/CO₂ extrêmes, et étudier la régulation métabolique mise en place par les coraux afin d'adapter la chimie du CID au sein du fluide de calcification. L'utilisation du $\delta^{13}\text{C}$ permettra de tracer les sources de CID utilisées. La calibration des proxies isotopiques sera réalisée en aquariums (facilités de l'Aquarium de Nouméa) sur des coraux acclimatés et maintenus sur le long-terme à différents niveaux de pH, et par comparaison avec les échantillons de coraux qui seront prélevés sur les sites témoins (non impactés) ;
- Caractériser l'activité métabolique de calcification et sa régulation face à l'acidification des océans. La régulation métabolique se traduit par un mécanisme de contrôle du pH du fluide interne de calcification. Le système bore-borate étant directement lié au pH, l'utilisation du $\delta^{11}\text{B}$ du squelette calcaire en tant que proxy du pH nous permettra de caractériser cette régulation. La compréhension de la dynamique d'acclimatation des coraux passera aussi par le développement d'une méthode d'extraction du fluide interne de calcification afin de prélever le $\delta^{11}\text{B}$ directement dans le fluide interne ;
- Mesurer l'activité enzymatique de l'anhydrase carbonique et les facteurs régulant cette activité (température). Le $\delta^{18}\text{O}$ et le Δ_{47} serviront de proxies de la température au sein du fluide de calcification et du squelette calcaire. En particulier, l'analyse du Δ_{47} des carbonates consiste en la mesure de la surabondance (par rapport à une distribution aléatoire) des liaisons entre ¹³C et ¹⁸O dans le CO₂ gazeux produit par réaction du carbonate avec de l'acide. L'abondance des liaisons ¹³C–¹⁸O à l'intérieur du réseau cristallin augmente à basse température et ne dépend que de leur température de cristallisation ou d'équilibration, fournissant ainsi un paléothermomètre robuste.

Le projet se déroulera à Plouzané (LEMAR) et à Nouméa (UMR Entropie - UR IRD 250). L'IRD de Nouméa est proche des 3 sites naturels où se développent ces espèces de coraux dans des conditions extrêmes de concentration en CO₂, proches des prédictions de l'IPCC (2015, 2018). Deux de ces sites ont été découverts en Papouasie-Nouvelle-Guinée

(Ambitle Island et Normanby Island) dans le cadre du projet ANR CARIOCA (P.I. : R. Rodolfo-Metalpa). Ils présentent des sources de résurgence régulière de CO₂ et, pour Ambitle, un réchauffement de la température de l'eau. Ces sites uniques permettent une étude des mécanismes physiologiques mis en œuvre chez les coraux afin de s'acclimater et potentiellement s'adapter au changement climatique. Le troisième site d'étude, découvert récemment (Camp et al. 2017), se situe dans la mangrove de Bouraké proche de Nouméa. Dans ce site, la diversité et l'abondance relative des coraux se maintiennent malgré des valeurs basses de pH et de pO₂ et des températures élevées. Ces paramètres environnementaux présentent des fluctuations périodiques de 24h liées à l'impact du cycle de marées sur l'eau du lagon qui baigne la mangrove. Une partie de l'échantillonnage de ces sites a déjà été effectuée ; une deuxième partie est prévue en Papouasie sur le navire Alis de l'IRD en 2019, avant l'échantillonnage de la mangrove de Bouraké.

En parallèle, des cultures contrôlées en aquarium (Aquarium des lagons) seront réalisées lors des 2 premières années de la thèse.

Les analyses géochimiques seront effectuées essentiellement au Pôle de Spectrométrie Océan (PSO) sur les plateformes de l'IUEM (composition isotopique (carbone, oxygène) sur un IRMS MAT253 couplé à un Kiel IV Carbonate Device, et composition élémentaire (Mg, Ca, Mn, Li) sur un HR-ICP-MS Thermo Element2 couplé à un système d'ablation laser) et de l'Ifremer (extraction et analyse isotopique du Bore sur un MC-ICP-MS Thermo Neptune). Les clumped isotopes (Δ_{47}) seront dosés aux USA (Texas A&M University, Austin ; coll. W. Defliese).

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

Le projet ACLICOST repose sur l'expérience des participants (LEMAR et collaborateurs) en écologie-physiologie des invertébrés marins (études *in situ* et *in vitro*) et en analyses isotopiques et élémentaires, dans un contexte pluridisciplinaire fort. Le positionnement de notre équipe et l'environnement scientifique du projet dans le contexte régional, national et international apparaissent à travers le réseau de collaborations mis en œuvre dans le cadre de cette thèse :

- LEMAR - Equipe Discovery : [G Thouzeau](#), [A Lorrain](#) : Direction et co-direction de la thèse - Impact des perturbations anthropique sur les écosystèmes marins - Interprétation géochimique des signaux isotopiques (Isotopes stables, éléments traces) - Echantillonnage *in situ* et expérimentations en mésocosmes/aquariums.
- LEMAR - Equipe Chibido : [J Sutton](#) : analyses isotopiques du $\delta^{11}\text{B}$; interprétation des signaux isotopiques ; développement de la méthode d'analyse du $\delta^{11}\text{B}$ dans le fluide interne de calcification.
- IFREMER, Centre de Brest (PSO) : [A. Trinquier](#) : analyses isotopiques du $\delta^{11}\text{B}$; interprétation des signaux isotopiques.
- ENTROPIE : [R Rodolfo-Metalpa](#) : co-encadrement de la thèse - Echantillonnage et suivi *in situ* des sites en Papouasie-Nouvelle-Guinée et en Nouvelle-Calédonie - Expérimentations en mésocosmes/ aquariums - Physiologie des coraux.
- LSCE (Paris) : [Eric Douville](#) : Interprétation des proxys isotopiques - Mécanismes de biominéralisation.
- University of Western Australia (UWA, Crawley) : [Steeve Comeau](#), [Malcom McCulloch](#) : Méthode d'extraction du fluide interne de calcification - Interprétation du proxy $\delta^{11}\text{B}$ dans le fluide de calcification - Mécanismes de régulation de la biominéralisation des coraux.
- ISMAR-CNR (Venise, Italie) : [Paolo Montagna](#) : Interprétation des proxys isotopiques - Mécanismes de biominéralisation.
- Texas A&M University (Austin, USA) : [William Defliese](#) : Mesure des clumped isotopes (Δ_{47}) ; interprétation des proxys isotopiques.

En particulier, au niveau du Campus Mondial de la Mer, le projet associe des compétences de chercheurs de l'IUEM et de l'Ifremer en géochimie (via le PSO).

4 - Pour la région Bretagne : adéquation du projet au regard du DIS de rattachement (et/ou du DIS secondaire).

Le Domaine d'Innovation Stratégique n°7 a pour objectif premier d'apporter des réponses à des enjeux environnementaux de premier plan tels que la préservation des milieux naturels, et ce tout en assurant un développement et une valorisation durable et responsable du continuum terre-mer. Ce DIS incite la communauté scientifique à développer des outils d'analyse permettant l'observation et la surveillance des écosystèmes, notamment côtiers. En proposant l'utilisation de proxys isotopiques pour retracer le mécanisme d'acclimatation des espèces calcifiantes en

milieu tropical (récifs coralliens fortement anthropisés) face à l'acidification des océans, le projet d'observation et d'étude d'acclimatation/plasticité ACLICOST répond à l'objectif principal du DIS7. Il permettra de fournir des outils de compréhension de l'évolution d'écosystèmes aquatiques de première importance en termes de biodiversité, les récifs coralliens, en réponse aux impacts variés des activités humaines (anthropisation croissante ; réchauffement et acidification ciblés). Ce projet s'inscrit dans les objectifs de développement durable de la Région Bretagne dans le cadre de sa politique d'ouverture internationale et de sa participation à différents réseaux (« Réseau mondial pour un développement durable », « Réseau sur le changement climatique », et « Réseau sur la sécurité alimentaire » au regard de l'importance des récifs pour la pêche). Enfin, les méthodologies développées et les résultats obtenus pourront être transposés à l'étude des espèces calcifiantes en milieu tempéré, comme la Rade de Brest.

5 - Si « projet blanc » (hors DIS), préciser les raisons de ce choix :

6 - Si lien avec projet ERC, préciser lequel :

7 - Autres informations utiles (CPER, FEDER, concernant la politique régionale) :

8 - Le cas échéant, précisez le lien du sujet avec les thèmes ISblue

- la régulation du climat par l'océan
- les interactions entre la Terre et l'océan
- la durabilité des systèmes côtiers
- l'océan vivant et les services écosystémiques
- les systèmes d'observation à long terme

Le cas échéant (si financement ISblue demandé) : en regard de la formation par la recherche du futur docteur, perspectives d'insertion professionnelle dans le milieu académique et non académique

Enseignant-chercheur, chercheur, ou ingénieur de recherche sur une plateforme telle que le Pôle de Spectrométrie Océan de l'IUEM-Ifremer.

9 - Contexte scientifique et partenarial : éléments généraux

Le devenir des récifs coralliens est une préoccupation majeure pour la communauté scientifique : les récifs coralliens sont des structures naturelles qui abritent une biodiversité d'exception et jouent un rôle fondamental dans la préservation de ces écosystèmes marins complexes. Généralement à faible profondeur, ils procurent des niches écologiques à de nombreux animaux qui y trouvent nourriture, refuge et protection. Certaines espèces de coraux existent en eaux froides et en profondeur mais l'immense majorité des récifs se répartit dans les 20 premiers mètres des eaux tropicales. Les trois plus grands récifs coralliens du monde sont situés en Australie, à Belize et en Nouvelle-Calédonie. Ce dernier récif est le deuxième plus grand au monde (plus de 23000 km²) ; sa biodiversité marine exceptionnelle (9372 espèces identifiées), est inscrite au Patrimoine Mondial de l'UNESCO.

Depuis la révolution industrielle, l'augmentation du dioxyde de carbone dans l'atmosphère a entraîné une hausse du niveau de la mer et de la température moyenne des océans (+0,7°C). Les niveaux de CO₂ atmosphérique ont doublé (NOAA, IPCC 2015) et induisent un changement dans la chimie des océans. En effet, le stockage de près de 30% du CO₂ atmosphérique par les océans dérègle le système des carbonates et entraîne l'augmentation croissante de l'acidité dans les océans. Cette dernière régule la présence de l'espèce dominante de carbone inorganique dissous (CID) nécessaire à la construction du squelette calcaire des coraux (Ries et al. 2009, Allemand et al. 2011, Kroeker et al. 2010). La convention historique des Nations Unies sur le changement climatique lors des accords de Paris (COP21) souligne l'importance de l'impact du changement climatique sur la chimie des océans et sur les cycles de recyclage naturel de la planète par les écosystèmes, notamment marins. Bien que la majorité des études réalisées sur ce sujet montre le dérèglement du système des carbonates, certains coraux seraient capables de s'acclimater à l'acidification des océans

(Paganini et al. 2015, EPOCA WHOI, 2010). En particulier, des études récentes (ANR CARIOCA) ont permis de découvrir 3 sites naturels en Papouasie-Nouvelle-Guinée et Nouvelle-Calédonie présentant des conditions extrêmes de pH/CO₂ et hébergeant des récifs coralliens en bonne santé apparente. De manière générale, l'acclimatation à l'acidification des océans et au changement climatique reste encore peu étudiée. Par conséquent, les projections modernes ne prennent pas en compte la capacité des espèces à s'acclimater (Godbold & Calosi 2013, Munday et al. 2013, Sunday et al. 2014). Aujourd'hui, malgré toutes les connaissances acquises sur la biologie et l'écologie des récifs coralliens, il reste à mettre en place un modèle d'étude et les outils analytiques permettant de mieux comprendre la dynamique de cette acclimatation. A cet égard, les trois sites naturels à récifs coralliens précités (zones de résurgences naturelles de CO₂) présentent les conditions environnementales prédites par les scénarios d'évolution des modèles de l'IPCC à l'horizon 2100.

Ce projet associe les compétences du LEMAR en écologie-physiologie des invertébrés marins et en analyses géochimiques (isotopie, analyses élémentaires) et celles d'équipes françaises et internationales travaillant sur la géochimie et les mécanismes de régulation de la biominéralisation des coraux tropicaux : UMRs ENTROPIE (Nouméa) et LSCE (Gif-sur-Yvette), University of Western Australia (UWA, Crawley), ISMAR-CNR (Venise, Italie), et Texas A&M University (Austin). L'approche qui sera développée au cours de cette thèse allie études *in situ*, expérimentations en milieu contrôlé, et analyses géochimiques de pointe, dans un contexte d'évolution à long terme des modèles biologiques ciblés (coraux tropicaux). Le projet bénéficiera de financements acquis dans le cadre des ANRs CARIOCA (instrumentation : 70 k€) et PNG-Vents (missions : 7 k€), et de l'UMR ENTROPIE (sorties bateau: 3K€).

10 - Si projet de co-tutelle, internationale, précisez le pays et l'établissement

11 - Financements Région Bretagne acquis par le porteur au cours des 3 dernières années (titre, montant)

Néant.

12 - Si projet cofinancé, nom du cofinancier (sollicité et ou acquis)

Sollicité : CNRS.

13 - Si cofinancement refusé, autres sources de cofinancement identifiées

UBO / EDSML.

Le – la candidat.e

Profil souhaité du candidat (compétences scientifiques et techniques requises) :

Le candidat devra être titulaire d'un Master 2 obtenu dans une université française ou d'un diplôme équivalent (e.g. Master of Science) obtenu à l'étranger. Il pourra s'agir d'un Master en chimie marine, en géosciences ou en écophysiologie marine. Le candidat devra posséder des compétences en analyse des proxies isotopiques (carbone, oxygène) sur des espèces calcifiantes (coraux/mollusques bivalves). Il devra également posséder des connaissances sur la relation entre océan et climat, ainsi que sur l'impact qui en résulte sur le système des carbonates. Il devra montrer des capacités (1) à échantillonner sur le terrain dans des conditions parfois difficiles, ainsi que sur des navires océanographiques, et (2) à travailler avec minutie et propreté dans un laboratoire isotopique. Une attention particulière sera portée sur la mobilité géographique du candidat (stages et/ou travail à l'étranger, année de césure, etc.).

Projet de thèse en cotutelle internationale

S'agit-il d'un projet de thèse en cotutelle internationale (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) : non

(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 :

Financement du projet de thèse

Part de l'enveloppe financière régionale affectée au projet :

Financement Région 100 %

Financement Région 50 % (préconisé)

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

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

Si le cofinancement n'est pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinancier : aucune information donnée par le CNRS, ni sur la façon dont seront sélectionnés les 300 sujets financés a priori en 2019.

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

Domaines d'innovation stratégique

- 1/ Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative
- 2/ Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité
- 3/ Activités maritimes pour une croissance bleue
- 4/ Technologies pour la société numérique
- 5/ Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie
- 6/ Technologies de pointe pour les applications industrielles
- 7/ Observation et ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

Ventilation en sous-domaines

D1 – Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative

- 1A- Démarches d'innovation sociale et citoyenne
- 1B- E-éducation et e-learning
- 1C- Patrimoine et tourisme durable
- 1D- Industries créatives et culturelles
- 1E- Transitions et mutations des modèles économiques des filières et des entreprises

D2- Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité

- 2A- Qualité et sécurité sanitaire des aliments
- 2B- Nouveaux modèles de production agricole
- 2C- Usine agro-alimentaire du futur

D3- Activités maritimes pour une croissance bleue

- 3A- Energies marines renouvelables
- 3B- Valorisation de la biomasse marine et biotechnologies (pour toutes les applications)
- 3C- Valorisation des ressources minières marines
- 3D- Nouveaux modèles d'exploitation des ressources vivantes aquatiques (pêche et aquacultures)
- 3E- Navire du futur
- 3F- Sécurité et sûreté maritime

D4- Technologies pour la société numérique

- 4A- Internet du futur : objets communicants, cloud computing et big data
- 4B- Images et contenus
- 4C- Conception logiciels
- 4D- Modélisation numérique
- 4E- Réseaux convergents, fixes mobile broadcast
- 4F- Cybersécurité

D5- Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie

- 5A- Prévention – santé – bien-être
- 5B- Nouvelles approches thérapeutiques alliant génétique, bio-marqueurs et biomolécules
- 5C- Technologies médicales, diagnostiques et thérapeutiques et e-santé

D6- Technologies de pointe pour les applications industrielles

- 6A- Photonique et matériaux pour l'optique
- 6B- Matériaux multi-fonctionnels
- 6C- Technologies en environnements sévères
- 6D- Electronique, robotique et cobotique pour l'ingénierie industrielle
- 6E- Systèmes de production avancés de petites et moyennes séries (usine du futur)

D7- Observation et Ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

- 7A- Observation, surveillance et gestion de l'environnement et des éco-systèmes et de leurs inter-actions
- 7B- Réseaux énergétiques intelligents
- 7C- Système constructif performant et durable (éco-construction et éco-rénovation, TIC et bâtiment)
- 7D- Véhicules et mobilités serviciels durables
- 7E- Eco-procédés, éco-produits et matériaux bio-sourcés.