



Projet 1 Nom du Projet **CHIPs : Chimiodiversité Antibiofilm du genre Pseudoalteromonas**

Rapporteur 1 Arnaud Huvet (LEMAR) Rapporteur 2 Eric Foulquier (LETG)

Porteur Clément Offret Co - Porteur
Axe transverse IUEM (le cas échéant) Biotchnologies marines
Laboratoire 1 LBCM Laboratoire 2 Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Master Science de la Mer et du Littoral, Parcours Biotechnologie Internationale

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Sujet de stage de Master 2
EA 3884 – Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines
Centre de Recherche Christiaan Huygens, Lorient

Proposé par C. Offret, S. Rodrigues, A. Bazire
Contact : clement.offret@univ-ubs.fr

CHIPs
Chimiodiversité Antibiofilm du genre Pseudoalteromonas

Mots clés : biotechnologie, antimicrobiens, Pseudoalteromonas, biochimie.

Avec la perte d'efficacité des antibiotiques existants face aux bactéries dites multirésistantes, il est urgent d'explorer plus largement la chimiodiversité des antimicrobiens. Le milieu marin, et les macroorganismes qu'il héberge, abrite une diversité bactérienne ayant un potentiel encore peu exploré. Le genre *Pseudoalteromonas*, très souvent associé à des organismes marins, produit de nombreuses molécules bioactives parmi lesquelles certaines possèdent une activité antibiofilm avec un fort potentiel biotechnologique. La formation de biofilm est une problématique d'envergure puisque ce type de comportement bactérien est un facteur de virulence qui contribue à la résistance aux antimicrobiens, que ce soit dans le milieu médical ou dans le secteur de l'aquaculture.

Dans le cadre de différents projets, des souches bactériennes du genre *Pseudoalteromonas* ont été isolées à partir d'organismes marins provenant de l'océan Atlantique, Indien et Pacifique. Parmi ces souches, certaines présentent une activité antibiofilm, détectée dans leur surnageant de culture (*Pseudoalteromonas* sp. 3J6, *Pseudoalteromonas rhizosphaerae* hCg42) ou des gènes codant pour un composé antibiofilm chez d'autres souches du genre *Pseudoalteromonas*. Ainsi, il s'agira au cours de ce stage, (i) de tester cette activité contre un panel de souches cibles d'intérêt médical (*Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*) et aquacole (*Vibrio harveyi*, *Vibrio tapetis*), (ii) identifier et caractériser la ou les molécules impliquées dans cette activité, et (iii) explorer le mécanisme d'action



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

de la molécule en identifiant la/les composantes du biofilm impactées. L'ensemble de ces analyses conduira à sélectionner un composé ou la bactérie qui le produit pour une potentielle valorisation biotechnologique en santé humaine et/ou pour l'aquaculture.

Le stage se déroulera au sein du LBCM (Centre de Recherche Christiaan Huygens, UBS Lorient) du 2 Janvier au 30 Juin 2023. La personne retenue aura un intérêt particulier pour les biotechnologies marines, et plus particulièrement pour la microbiologie et la biochimie. Elle saura faire preuve d'autonomie, de motivation, de curiosité et saura s'intégrer au sein d'une équipe de recherche. Des compétences en analyses chromatographie liquide et/ou spectrométrie de masse seraient un plus.



Projet 2 Nom du Projet Recherches polaires en sciences sociales

Rapporteur 1 Ingrid Peuziat (LETG) Rapporteur 2 Gauthier Schaal (LEMAR)

Porteur Emma Quillérou Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Recherches Polaires

Laboratoire 1 AMURE Laboratoire 2 Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM économie, sciences politiques ou autre formation en sciences sociales

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Le sujet général est une analyse d'économie politique des décisions publiques en lien avec l'Arctique. Cette analyse demande d'identifier les positionnements/postures des différents acteurs dans les débats et controverses autour de la gestion de l'Arctique. Il sera aussi important d'identifier les évolutions récentes de ces positionnements/postures en lien avec le changement climatique. L'objectif du stage est d'arriver à identifier quels acteurs ont influencé le plus des politiques publiques récemment mises en place (ou non mises en place) en Arctique. La période d'analyse sera restreinte, de manière à rendre le sujet traitable par un étudiant de master 2 en 6 mois. Cette analyse sera menée depuis les bureaux de l'UMR AMURE à Plouzané, en passant en revue la littérature et les communications des différents acteurs sur les réseaux sociaux et internet.

Cette analyse sera appliquée au cas d'étude de la pêcherie du crabe des neiges, sur laquelle travaille Melina Kourantidou (post doc BIENVENÛE avec co-financement IsBlue qui doit rejoindre l'IUEM prochainement). Les recherches de Melina mobilisent des modèles bio-économiques pour analyser la gouvernance des pêcheries d'espèces invasives en Arctique. Le stage prolonge les aspects socio-économiques et de gouvernance non couverts par Melina, qui peuvent lui bénéficier directement pour établir des scénarios de gouvernance plus approfondis dans le cadre de son post doctorat. Melina sera directement impliquée dans la supervision de l'étudiant sélectionné.

Cette analyse s'inscrit dans le prolongement de la fiche scientifique sur l'Arctique développée avec quelques collègues Amuriens pour la plateforme Océan et Climat (2015, révision en 2019). Cette analyse complète les travaux d'Anne Choquet en apportant une analyse économique à ses analyses juridiques de la gouvernance en Arctique. Cela permettra de développer le volet sciences sociales au sein de l'axe transverse polaire de l'IUEM, afin contribuer à augmenter la visibilité de l'institut dans ce domaine. Ce stage s'inscrit pleinement dans le thème prioritaire « Recherches polaires » du Quinquennal IUEM. Il est prévu de communiquer avec Olivier Poivre d'Arvor, Ambassadeur des pôles, ainsi que la Plateforme Océan et Climat en organisant plusieurs réunions d'échange à Paris impliquant l'étudiant, Melina Kourantidou et moi-même (aucun financement pour ces activités encore).

En termes de bénéfices pour l'étudiant, l'étudiant bénéficiera d'une formation à la recherche assez complète, et sur un sujet stratégique pour la France et plusieurs acteurs socio-économiques français. Les méthodes d'analyse d'économie politique sont peu connues des gestionnaires publics en France. Cela donnera à l'étudiant une perspective unique sur les jeux d'acteurs, et devrait lui permettre une



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

meilleure prise de recul sur les interactions d'acteurs dans le cadre d'une prise de poste ultérieure au stage, en particulier dans la fonction publique nationale ou les collectivités territoriales.

Le budget global pour ce stage inclut la gratification du stagiaire, un ordinateur de travail, 3 missions sur Paris pour l'étudiant et ses deux encadrantes, l'impression et l'envoi de supports de dissémination des travaux réalisés auprès des acteurs français clés qui pourraient être intéressés (Olivier Poivre d'Arvor, plateforme océan et climat, CNFRA par l'intermédiaire d'Anne Choquet).



Projet 3 Nom du Projet Cisaillement dû aux vagues et dissolution du silicium

Rapporteur 1 Florian Sévellec (LOPS) Rapporteur 2 Mourad Kertous (AMURE)

Porteur France Floc'h Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Blanc

Laboratoire 1 GEO OCEAN Laboratoire 2 LEMAR Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM physique marine

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Dans le cadre du projet émergence ISblue GLASS, un dispositif expérimental simulant le cisaillement des vagues sur le sable a été conçu. L'enjeu est de quantifier la quantité de silicium dissous qui s'échappe du sable selon le cisaillement des vagues, c'est-à-dire selon le type de vagues impactant la côte. Fabre et al. (2019) ont montré les premiers que le sable des plages pouvait être source de silicium dissous dans l'océan avec des quantités non-négligeables. Cependant, aucune étude n'a su montrer précisément le lien entre le cisaillement des vagues et la quantité de silicium dissous réellement émise dans l'océan. Ce stage consistera à utiliser le dispositif expérimental (cuve en rotation comprenant un lit de sable immergé), caractériser l'écoulement pour vérifier que le cisaillement est proche du cisaillement théorique à l'aide de mesures PIV low cost, quantifier l'évolution de la concentration en silicium dissous dans la cuve par prélèvement d'échantillon et analyse chimique, et enfin analyser le lien entre les deux. Une dernière étape consistera à prolonger l'analyse pour des échelles réelles. Ce sujet est transverse, il demande des compétences/ connaissances pointues en mécanique des fluides, et l'étudiant sera formé par les collègues chimistes à l'analyse du silicium dissous. Ce sujet est l'aboutissement de plusieurs années de récoltes d'échantillons et des conceptions du dispositif expérimental. Les résultats seront également comparés aux nombreuses mesures réalisées en tube à essai. Les résultats de ce stage, agrégés aux précédentes avancées, permettront d'envisager une présentation en conférence et un article dans un journal scientifique.



Projet 4 Nom du Projet Fluctuations tardi-glaciaires et holocènes des glaciers Est-groenlandais (Scoresby Sund, 70°N) et transferts sédimentaires associés

Rapporteur 1 Mattheiu Waeles (LEMAR)

Rapporteur 2 Brivaëlla Moriceau (LEMAR)

Porteur TOUCANNE Samuel

Co - Porteur Germain BAYON

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Recherches Polaires

Laboratoire 1 GEO OCEAN

Laboratoire 2 GEO OCEAN

Laboratoire 3 GEO OCEAN

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Master 2 STPE, Géosciences Océan

Nombre de mois du stage (demandés) 5

Projet du stage

Le retrait actuel de la calotte groenlandaise suscite de vives inquiétudes au regard des conséquences en terme de niveau marin global. Les projections climatiques nécessaires à l'appréhension de ces conséquences reposent en partie sur les reconstructions paléoclimatiques issues de l'étude des formations glaciogéniques terrestres et de leurs datations (14C, 10Be, etc.). Ces reconstructions s'avèrent pourtant encore assez peu nombreuses et, plus important encore, leurs conclusions récentes pour des événements clés de la dernière déglaciation (e.g. Younger Dryas, ~12 ka) apparaissent profondément incohérentes avec celles issues des carottes de glace (e.g. Funder et al., 2021, *Climate of the Past* ; Carlson et al., 2022, *Quaternary Science Reviews*). Ces messages 'dissonants' révèlent néanmoins, pour chacun des proxies cités ci-dessus, des aspects saisonniers largement sous-estimés qui invitent à une révision profonde des paradigmes paléoclimatiques sur lesquels reposent aujourd'hui notre compréhension des transitions (paléo)climatiques (Denton et al., 2021, *Quaternary Science Reviews*). Sur cette base, nous proposons de reconstruire les fluctuations post-glaciaires des glaciers Est-groenlandais par l'étude de carottes sédimentaires marines localisées dans le fjord du Scoresby Sund (70°N). Les nombreuses langues glaciaires de cette région, la diversité géologique des roches qu'elles érodent (i.e. granitoïdes cambriens, basaltes tertiaires) et la proximité (~150 km) du nouveau forage de glace RECAP (2014-2016) sont autant d'atouts pour permettre une confrontation des marqueurs marins sédimentologiques (faciès, granularité) et géochimiques (XRF, eNd, REE) aux reconstructions paléoclimatiques indépendantes issus tant des formations terrestres que des glaces proches. Les résultats obtenus permettront d'affiner l'histoire post-glaciaire de la calotte groenlandaise.



Projet 5 Nom du Projet Dynamique verticale des fibres microplastique dans l'océan, impacts de la dégradation.

Rapporteur 1 Karine Rehel (LBCM)

Rapporteur 2 Pierre Bonnard (GEO-OCEAN)

Porteur Camille Richon Co - Porteur Thomas Gorgues

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Blanc

Laboratoire 1 LOPS

Laboratoire 2 LEMAR

Laboratoire 3 LOPS

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Biologie marine, physique marine, biogéochimie, géosciences, sciences de l'environnement

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

La pollution des océans par les microplastiques (<5mm) est en constante augmentation depuis les années 1950. Les conséquences de cette forme de pollution, aujourd'hui retrouvée dans la plupart des régions de l'océan, sont encore mal connues mais pourraient affecter l'ensemble des réseaux trophiques marins. Un des obstacles à la compréhension des impacts du microplastique est la mauvaise caractérisation de sa dynamique verticale. En effet, si la densité des polymères sortis d'usine est en théorie connue, les particules retrouvées en milieu marin ont souvent subi d'importantes modifications physico-chimiques sous l'effet des UV (photooxydation), de l'eau (hydrolyse) et de l'action mécanique des vagues (fragmentation) qui peuvent fortement altérer leur vitesse verticale.

Pourtant, la plupart des études concernant la quantification des vitesses verticales porte sur des matériaux commerciaux standardisés (polyéthylène : PE, polypropylène : PP et polystyrène : PS, de forme sphérique ou fibres) ou vierges (sortie d'usine). Quelques études effectuées sur des microplastiques vieillis en laboratoire ont montré des modifications significatives des vitesses verticales. De plus, le vieillissement de polymères ayant une densité initiale proche ou inférieure à celle de l'eau de mer peut altérer suffisamment leur densité pour entraîner vers le fond des microplastiques initialement flottants.

Parmi la diversité des formes de microplastique retrouvées dans l'océan, les fibres sont majoritaires dans les échantillons récoltés en mer. L'important ratio surface/volume de ces particules pourrait influencer leur dynamique dans la colonne d'eau et favoriser leur interaction avec la matière organique naturelle de l'océan. Pourtant, cette catégorie de microplastique n'a que très peu été étudiée en laboratoire.

Le développement récent de modèles globaux de la dispersion du microplastique a permis d'identifier les zones de l'océan les plus contaminées. L'intégration de microplastiques dans un modèle 3D couplé physique-biogéochimie a permis de quantifier l'exposition globale du zooplancton à la contamination par le plastique (modèle NEMO/PISCES-PLASTIC). Pourtant, le modèle actuel représente des vitesses verticales de microplastiques fixes correspondant à la densité des polymères non dégradés et ne représente pas explicitement les fibres. La prise en compte de la variabilité des vitesses verticales ainsi qu'une représentation des fibres microplastique constituent à ce jour les points fondamentaux d'amélioration du modèle. Pour cela, de nouvelles données expérimentales ainsi que de nouvelles simulations avec le modèle global sont nécessaires.

L'objectif principal de ce stage consiste à évaluer expérimentalement les vitesses verticales de fibres microplastiques formées à partir de différents polymères et d'évaluer les effets de leur dégradation



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

en mer ces dynamiques. Des mesures de vitesse verticale de différents échantillons de microplastiques vieillis en mer et sur estran, disponibles au LOPS et au LEMAR, seront effectuées. Ces échantillons comprennent notamment des fibres récoltées en mer lors de courses à la voile et dont les vitesses verticales n'ont jamais été déterminées. Ces mesures seront effectuées en laboratoire sur colonne de sédimentation dédiée à ce type d'observation. Le protocole expérimental a été validé grâce à des mesures récentes sur des granulés de microplastique. La trajectoire des particules dans la colonne sera chronométrée et enregistrée par des moyens optiques afin de calculer les vitesses verticales grâce à l'analyse d'images.

Le stagiaire sera chargé.e d'effectuer les mesures de la vitesse verticale des microplastiques en laboratoire. Une ou plusieurs campagnes de terrain pourront être effectuées pour récolter de nouveaux échantillons. Différents paramètres biotiques pourront être variés durant les expériences (passage des fibres dans une culture de phytoplancton, charge de matière organique, ...) afin d'obtenir une formulation de la vitesse verticale des microplastiques en fonction de ces paramètres. Les nouvelles paramétrisations des vitesses verticales de microplastiques obtenues expérimentalement pourront ensuite être intégrées dans le modèle global NEMO/PISCES-PLASTIC.



Projet 6 Nom du Projet Etude des phases détritiques dans les conglomérats de Jack Hills, plus vieilles preuves de continents sur Terre

Rapporteur 1 Serge Suanez (LETG)

Rapporteur 2 Matthieu Waeles (LEMAR)

Porteur Bruand Emilie Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Blanc

Laboratoire 1 GEO OCEAN Laboratoire 2 Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Master Sciences de la Terre et des planètes, Environnement/
Parcours Géosciences Océan

Nombre de mois du stage (demandés) 5

Projet du stage

Nouvelle chargée de recherche CNRS à Geo-Ocean, je souhaite déposer un sujet de master sur des échantillons rocheux faisant partis des plus vieux sur Terre (Yilgarn, Australie). Ce travail se fera en collaboration avec des chercheurs de Montpellier (Hugo Moreira et Bruno Dhuime, Geosciences Montpellier) qui nous fournissent ces échantillons.

Exposé du sujet

L'histoire des premiers continents de la Terre repose sur l'étude de quelques localités dans le monde, la plus connue étant la localité de Jack Hills dans le craton de Yilgarn (Australie). En particulier les conglomérats de Jack Hills renferment les plus vieux fragments de croûte sur Terre (4374 ± 6 Ma). Ces fragments datés sont en réalité des zircons, minéraux de terres rares bien connus qui sont résistants à l'érosion et à la plupart des processus secondaires. Les zircons datés dans ce conglomérat représentent donc une partie critique de l'histoire de nos vieux plus continents et des conditions sur Terre à cette période (e.g. présence d'eau). En conséquence, ces dernières décennies, de nombreuses études se sont focalisées sur l'étude du minéral zircon. Mais le zircon n'est pas le seul minéral détritique résistant pouvant révélé l'histoire de ces premiers continents. La présence d'autres minéraux tel que la chromite, la monazite, l'allanite ou le rutile a été reporté. Mais jusqu'à maintenant, les études détaillées sur ces minéraux sous-étudiés sont rares. Le sujet vise à étudier et répertorier ces minéraux dans des conglomérats échantillonnées à Jack Hills grâce à de nouvelles techniques d'analyses et de nouveaux proxys développés sur ces minéraux (e.g. Bruand et al., 2016; Hart et al., 2016). Les objectifs de cette études sont : (i) d'identifier minéraux détritiques et en particulier les phases de terres rares et leurs inclusions, (ii) d'analyser leurs concentrations en éléments majeurs et à la microsonde, les éléments traces par LA-ICPMS et de les dater (quand possible) par la méthode U-Pb par LA-ICPMS. Et enfin, d'utiliser ces données pour reconstituer les continents à l'affleurement à travers les temps géologiques dans cette région.

Ce travail ouvrira des perspectives et des discussions sur les premières preuves de la présence des continents et/ou à l'initiation de subduction à travers les temps géologiques.

Méthodes utilisées

Ce travail nécessite l'utilisation de méthodes d'imagerie et d'analyses in-situ variées disponibles sur la plateforme PSO de l'IUEM et sur le site Ifremer de Geo-Ocean:



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

- Microscope Electronique à Balayage pour l'identification des inclusions minérales,
- Microsonde pour l'analyse des éléments majeurs
- LA-ICP-MS pour l'analyse des éléments en traces et méthode de datation U-Pb.

Des recherches bibliographiques, un travail de microscopie seront essentiels à ce projet.

Références

Bruand, E., Storey, C., Fowler, M., 2016. An apatite for progress: Inclusions in zircon and titanite constrain petrogenesis and provenance. *Geology* 44. <https://doi.org/10.1130/G37301.1>

Hart, E., Storey, C., Bruand, E., Schertl, H.-P., Alexander, B.D., 2016. Mineral inclusions in rutile: A novel recorder of HP-UHP metamorphism. *Earth Planet Sci Lett* 446. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2016.04.035>



Projet 7 Nom du Projet Comparaison de la productivité photosynthétique et de la capacité d'export de carbone par les mécanismes d'agrégation de deux groupes de microalgues arctiques : les diatomées versus *Phaeocystis pouchetii*.

Rapporteur 1 Karine Rehel (LBCM)

Rapporteur 2 Aurélie Penaud (GEO-OCEAN)

Porteur Johann Lavaud-Equipe PANORAMA

Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Recherches Polaires

Laboratoire 1 LEMAR

Laboratoire 2 LEMAR

Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Ce projet peut attirer un(e) étudiant(e) provenant de formations variées. L'étudiant(e) effectuera son stage (6 mois) de 2ème année de Master SML IUEM ou IMBRsea ou d'un autre Master en Sciences Marines avec lesquels nous avons des contacts (Nantes, Marseille, etc.), la sélection dépendra des profils et des étudiant(e)s intéressé(e)s. J. Lavaud possède également des contacts privilégiés avec l'INSA-Institut National des Sciences Appliquées de Lyon pour qui il a encadré deux étudiantes ces dernières années. Ce réseau permettra de proposer le projet de stage a des élèves master/ingénieur au-delà de l'UBO.

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Domaines scientifiques : écologie et biogéochimie arctiques, biologie et physiologie des microalgues.

Co-encadrants : Johann Lavaud, PANORAMA et Brivaela Moriceau, CHIBIDO.

J. Lavaud assurera l'encadrement pour ce qui concerne les cultures expérimentales (suivi croissance, microscopie), activité photosynthétique (fluorimétrie PAM) et analyses pigmentaires (HPLC).

B. Moriceau assurera l'encadrement pour ce qui concerne les mesures de production de mucus (TEP, CSP), les expériences d'agrégation et les mesures de vitesses de sédimentation.

Contexte programmatique :

Ce stage se déroulera dans le cadre du projet 'Bloom Arctique' financé par le MITI CNRS Action 'Lumière visible et vie' en collaboration avec l'IRL Takuvik de l'Université Laval au Canada ; ce projet est coordonné par Mathieu Ardyna (INSU) en collaboration avec J. Lavaud (INEE). Le MITI CNRS ne finance pas de salaires et gratifications, uniquement du fonctionnement et du petit équipement. Période de financement : 2022-23.

Ce travail se situe également dans le cadre du doctorat de Maeva Gesson (2021-24, co-supervision B. Moriceau, Fred Le Moigne et Uta Passow-Canada).

Il servira également de mise en place expérimentale pour certains objectifs de la thèse de Clémence Blais (2021-24 ; co-supervision B. Moriceau et Marcel Babin-Takuvik).

Contexte scientifique :

Avec le changement climatique en cours, de nombreuses pressions environnementales modifient la dynamique et les assemblages du phytoplancton arctique (Ardyna et Arrigo, 2020a). Ces modifications sont la conséquence de plusieurs changements environnementaux, comme l'augmentation de la stratification qui accentue les limitations nutritives. En arctique plus particulièrement, la diminution et l'amincissement de la glace de mer augmentent de façon considérable la quantité de lumière dans les eaux de surface, conduisent à l'intensification des

blooms pélagiques qui commencent plus tôt dans la saison, sous la banquise (Ardyna et al., 2020b). Les changements de lumière, des remontées plus conséquentes d'eaux atlantiques et l'augmentation des limitations en sels nutritifs sont autant de paramètres qui pourraient expliquer l'expansion vers le nord des efflorescences de prymnésiphytes *Phaeocystis pouchetii* au détriment des diatomées. Ces changements de communautés déjà observés en Arctique Européen, et récemment mise en évidence en mer de Baffin (Ardyna et al., 2020c) pourraient avoir des implications importantes pour les écosystèmes marins arctiques. En effet, un assemblage dominé par *Phaeocystis* pourrait diminuer les transferts de carbone vers les niveaux trophiques supérieurs en comparaison des écosystèmes dominés par les diatomées (Saiz et al., 2013 ; Ardyna et al., 2017). En fonction de leur cycle de vie, les efflorescences de *Phaeocystis* sont sous forme de cellules libres flagellées ou de colonies (Peperzak and Gäbler-Schwarz, 2012). Pourtant, et bien que des épisodes de sédimentation aient déjà été observés, la contribution de *Phaeocystis* à l'export et à la séquestration de carbone en profondeur semble plus faible que celle due aux diatomées. Le carbone organique produit par *Phaeocystis* est plus majoritairement reminéralisé en surface (Wassmann, 1994). Ainsi, une évolution vers des efflorescences dominées par *Phaeocystis* en Arctique pourrait affaiblir le couplage pélagique-benthique et la contribution de l'Arctique à la pompe biologique de carbone.

La cause de ce changement de communautés n'est pas bien comprise. L'hypothèse principale serait que la vitesse de croissance de *Phaeocystis* plus rapide que celle des diatomées favoriserait leur croissance à de plus faibles lumières, i.e. sous une banquise consolidée et enneigée (Assmy et al., 2017), tel qu'observé dans l'océan Austral (Arrigo et al., 1999, 2010). En parallèle, les eaux de surface Atlantique sont plus pauvres en dSi ($\approx 5 \mu\text{mol L}^{-1}$) alors que pour leur croissance les diatomées arctiques semblent avoir besoin de plus fortes concentrations en dSi avec un K_s de $2 \mu\text{M}$ (Krause et al., 2018). Ainsi, le rapport NO_3/dSi , pourrait interagir avec la limitation lumineuse pour favoriser l'émergence de *Phaeocystis* au détriment des diatomées. L'objectif central de ce travail sera de tester cette hypothèse et d'évaluer l'impact de cette modification de communautés en comparant les capacités d'agrégation et de sédimentation de ces deux groupes phytoplanctoniques.

Objectifs spécifiques :

1-Comparer la productivité photosynthétique et la sédimentation de deux grands groupes de microalgues de l'Océan Arctique : le groupe dominant des diatomées et l'espèce émergente *Phaeocystis pouchetii*.

-nous privilégierons la diatomée *Fragilariopsis cylindrus*, qui est l'espèce modèle de diatomée polaire (génomme séquencé) pour laquelle nous avons déjà accumulé des données (Lavoie et al., 2020 ; Morin et al., 2020 ; Croteau et al., 2021, 2022 ; Guérin et al., 2022). C'est aussi l'espèce choisie pour les études expérimentales de l'ANR DIIM (P.I. M. Babin) dans laquelle s'intègre la thèse en cotutelle de C. Blais.

2-Comprendre comment les variations environnementales impactent la productivité photosynthétique et la formation d'agrégats.

-nous jouerons avec l'intensité lumineuse, typiquement faible/forte lumière, et le ratio NO_3/dSi ; des données environnementales issues du projet Green Edge nous permettront de cadrer les intensités lumineuses et les concentrations en nutriments sur la période printanière productive.

Attendus :

1-Maitrise de cultures expérimentales : *Phaeocystis pouchetii*, la culture en conditions contrôlées des prymnésiphytes polaires est mal maîtrisée, de manière générale et par le LEMAR en particulier ; *Fragilariopsis cylindrus* : si la culture de diatomées tempérées est maîtrisée au LEMAR, le laboratoire ne possède pas encore l'équipement nécessaire à la culture de diatomées polaires. Grâce aux demandes de J. Lavaud, le LEMAR sera bientôt équipé d'une enceinte climatique permettant la culture d'espèces polaires (voir ci-dessous). Il s'agira d'installer cette maîtrise au LEMAR de façon



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

pérenne. Ce travail nous aidera donc à la mettre en place au LEMAR pour des projets en cours (doctorats et 'Bloom Arctique') et futurs.

2-De la même façon, et contrairement aux diatomées, la capacité d'agrégation de *Phaeocystis pouchetii* et les liens avec leur taux de sédimentation sont mal compris (Riebesell, 1993; Passow and Wassmann, 1994). Le cycle de vie de *Phaeocystis pouchetii*, les paramètres contrôlant la production de mucus collant ou la co-occurrence des diatomées pourraient être des facteurs importants pour la sédimentation des *Phaeocystis pouchetii*. Ce travail sera un apport important aux travaux sur la thématique 'dynamique d'agrégation' commencés par Maeva Gesson dans le cadre de son doctorat, et apportera de précieuses informations pour la mise en place des expérimentations du projet 'Bloom Arctique'.

Principaux équipements :

-Les souches de microalgues étudiées sont disponibles à la RCC-Roscoff ; nous avons déjà *F. cylindrus* en culture et nous avons commandé *P. pouchetii*.

-Enceinte climatique pour la culture expérimentale de microalgues polaires (livraison en novembre 2022) : possibilité de maintenir la température proche de 0°C avec la lumière allumée, contrôle du climat lumineux (photopériode, intensité et spectre) par éclairage LEDs (6 longueurs d'onde).

-Laboratoire 'agrégats': équipé du matériel nécessaire à la réalisation d'expériences d'agrégation et de mesure de vitesse de sédimentation des agrégats formés, le tout en conditions contrôlées (température, lumière, etc.).

-Fluorimètres Water-PAM (pour les cellules isolées) et Imaging-PAM (pour les colonies et les agrégats) pour la mesure de l'activité photosynthétique.

-HPLC (LEBHAM) pour l'analyse des pigments.

Publications récentes des co-encadrants en lien avec le projet :

Amiraux R., Lavaud J., Cameron-Bergeron K., Matthes, L.C., Peeken I., Mundy C.J., Babb D.G. & Tremblay J.-E. (2022) Content in fatty acids and carotenoids in phytoplankton blooms during the seasonal sea ice retreat in Hudson Bay complex, Canada. <https://doi.org/10.1525/elementa.2021.00106>.

Guérin S., Raguénes L., Croteau D., Babin M. & Lavaud J. (2022)



Projet 8 Nom du Projet Etude d'extraits aqueux issus d'algues marines et de plantes halophiles : Comparaison avec un sérum marin, et conservation de l'information lors des hautes dilutions.

Rapporteur 1 Emma Michaud (LEMAR)

Rapporteur 2 Cécile De Cet Bertin (AMURE)

Porteur Laurent VANDANJON Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Biotchnologies marines

Laboratoire 1 LBCM Laboratoire 2 Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Biotechnologies / Chimie-Physique

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Les eaux thermales en cure sont reconnues pour leurs propriétés bénéfiques sur la santé, leur action sur les pathologies varie en fonction des minéraux présents. L'eau de mer a, quant à elle, la particularité d'avoir une composition minérale proche de celle du plasma sanguin, elle est donc parfaite pour rééquilibrer l'organisme sur le plan minéral. Au début du XXème siècle, René Quinton a d'ailleurs mis au point un sérum d'eau de mer avec lequel il a réalisé de véritables prouesses thérapeutiques. Les algues marines (Sargasses, Laminaires...) ainsi que certaines plantes halophiles (par exemple Salicorne, Criste marine...) sont d'un point de vue chimique de véritables concentrés d'eau de mer. Elles contiennent donc la plus grande partie des éléments fondamentaux présents dans l'eau de mer auxquels on peut ajouter des substances bioactives plus ou moins abondantes selon la saison de récolte (vitamines, pigments, antioxydants...) [1], [2], [3].

Cette étude vise à extraire le jus des algues à froid et à haute pression afin d'obtenir un concentré actif ayant des propriétés similaires, voire supérieures, à celles d'un sérum de Quinton ou d'une eau de source hydrothermale (<https://www.youtube.com/watch?v=jilLoEaDWzg>). Des mesures en Bioélectronique Vincent permettront d'évaluer la qualité des extraits obtenus selon des critères électrochimiques.

Nous souhaitons aussi explorer les aspects relatifs à la conservation de l'information dans un support matériel tel que l'eau. Nous proposons donc de réaliser des hautes dilutions à partir des extraits aqueux d'algues et de rechercher un signal électrique qui se conserve malgré les dilutions successives. La spectrométrie d'impédance nous a déjà permis d'obtenir des résultats encourageants sur des solutions salines [4]. Reste à approfondir et confirmer sur des solutions complexes issues de matière vivante végétale.

D'autre part, nous avons récemment mis en évidence au laboratoire, l'influence des champs électromagnétiques (CEM) sur la transmission de la lumière dans l'eau et même sur l'émission de photons. Il serait donc intéressant de tester les CEM sur les extraits aqueux d'algues afin d'observer une éventuelle production de biophotons potentiels médiateurs dans la communication cellulaire. Les mesures peuvent s'appuyer sur nos outils classiques tels que la spectrométrie de fluorescence mais aussi sur d'autres techniques plus exploratoires telles que l'Imagerie Macroscopique à Effet Couronne.

Références :

[1] L. VANDANJON, T. COUEPEL, P. JAOUEN, G. BEDOUX (2010). Extraction of pigments from halophilic plants. Journal of Ecoagrotourism, vol 6 (4), ISSN 1844-8577, Transilvania press, pp 73-79.



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

[2] VANDANJON Laurent, DENIEL Maureen, PUSPITA Maya, DOUZENEL Philippe, STIGER-POUVREAU Valérie, BEDOUX Gilles, BOURGOUGNON Nathalie, (2017). Seasonal variation of the biochemical composition of the proliferative macroalgae *Sargassum muticum* estimated by Fourier Transform Infra-Red (FTIR) spectroscopy. *Journal of Analytical, Bioanalytical and Separation Techniques J Anal Bioanal Sep Tech* 2(2): 1- 10.

[3] Laurent VANDANJON, Carole HERSANT, Anaëlle TANNIOU, Fabienne GUERARD, Valérie STIGER-POUVREAU (2017) The proliferative macroalgae *Sargassum muticum* as an interesting marine resource on the European Atlantic coasts: comparison of different membrane filtration systems for recovering active phenolic compounds. *J. Marine Biology and Aquaculture* (Vol 3 issue 1), pp 1-7

[4] Laurent VANDANJON (2022). Interprétation quantique du rôle de l'eau dans le vivant. Application aux hautes dilutions. *Livret Biologie cutanée*, ISSN 2266-9949. Editions Matrix, pp 109-120



Projet 9 Nom du Projet De l'infiniment petit aux prédateurs supérieurs : comment les thons du Pacifique reflètent les changements dans les communautés phytoplanctoniques

Rapporteur 1 Christophe Hemond (GEO-OCEAN)

Rapporteur 2 Nicolas Boillet (AMURE)

Porteur Lorrain Anne Co - Porteur Ronan Fablet

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Au Sud

Laboratoire 1 LEMAR Laboratoire 2 LOPS Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé Autre Ecoles ingénieurs ou universitaires avec option AI

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

De l'infiniment petit aux prédateurs supérieurs : comment les thons du Pacifique reflètent les changements dans les communautés phytoplanctoniques

Encadrants : Anne Lorrain (LEMAR, IUEM, IRD), Elodie Martinez (LOPS, IUEM, IRD) et Ronan Fablet (IMT)

Résumé :

Alors qu'il est urgent de prévoir comment les écosystèmes marins seront affectés par le changement climatique, une analyse isotopique basée sur une compilation de près de 5000 valeurs d'isotopes stables ($\delta^{13}C$) de trois espèces de thon suggère de profonds changements à la base des réseaux alimentaires dans l'océan de 2000 à 2015, à savoir un changement dans la structure des communautés phytoplanctoniques. Nous souhaitons maintenant vérifier cette hypothèse par l'utilisation d'outils innovants (i.e., machine learning) et de données supplémentaires issues d'observations satellites pour confirmer ces changements à la base des réseaux trophiques, en se focalisant sur le Pacifique, zone où la couverture des données disponibles de thon est la plus grande.

Contexte :

De grandes incertitudes demeurent quant à la manière dont l'augmentation du CO_2 atmosphérique et les changements climatiques affectent les écosystèmes marins en haute mer, du phytoplancton aux prédateurs supérieurs. Les isotopes stables du carbone ($\delta^{13}C$) représentent un outil intéressant pour tracer ces changements. Les valeurs isotopiques du carbone à la base des réseaux trophiques sont en effet transférées vers les niveaux trophiques supérieurs avec des valeurs augmentant très légèrement à chaque transfert trophique. Ainsi les valeurs de $\delta^{13}C$ des organismes fournissent des informations à la fois sur les régimes alimentaires des animaux et sur les variations à la base des réseaux alimentaires. Cependant, les seules données de $\delta^{13}C$ disponibles à l'heure actuelle dans l'océan sont issues de stations d'observation fixes donc limitées en espace, ou issues de modèles numériques globaux présentant de grandes incertitudes.

Une étude très récente (Lorrain et al., 2020) a étudié pour la première fois les changements temporels de la composition en isotopes stables du carbone ($\delta^{13}C$) dans la chair des thons. Cette étude à l'échelle de l'océan global sur une base de données de près de 5000 échantillons de thons a fourni un premier aperçu de l'existence de tendances dans le cycle du carbone océanique à l'échelle globale. De 2000 à 2015, des baisses considérables des valeurs de $\delta^{13}C$ de 0,8‰-2,5‰ ont été observées chez trois espèces de thon, avec des changements plus substantiels dans l'océan Pacifique



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

par rapport aux océans Atlantique et Indien. L'hypothèse pour expliquer ces tendances est qu'elles reflètent des changements dans la structure des communautés phytoplanctoniques, à savoir une réduction du phytoplancton riche en ^{13}C comme les diatomées en faveur d'espèces plus petites. A l'heure actuelle, bien que des tendances dans les communautés phytoplanctoniques à l'échelle de la planète aient été rapportées dans la littérature, elles sont issues essentiellement de modèles numériques (e.g., Rousseaux and Gregg, 2015 ; Gregg et al., 2017) et pas d'observations issues des données satellites.

D'autre part, de nombreuses données ont été acquises par notre équipe concernant les grands prédateurs comme des concentrations en mercure total, le $\delta^{15}\text{N}$ et des paramètres biologiques (niveau trophique et taille des thons etc., ; Houssard et al., 2019, 2017; Médieu et al., 2021). Jusqu'à aujourd'hui, celles-ci ont été étudiées en parallèle de données environnementales issues de modèles par des approches « classiques » de type GAM (modèle linéaire additif) pour tenter de trouver et d'expliquer les relations de cause à effet entre variables biologiques/chimiques et environnementales. Les outils innovants de machine learning permettraient d'aller plus loin dans l'analyse de nos différents jeux de données.

L'objectif de ce stage est ainsi i) de tester pour le Pacifique Sud l'hypothèse selon laquelle les tendances observées dans le $\delta^{13}\text{C}$ des thons sont liées ou non à celles des grands groupes phytoplanctoniques par l'analyse de données satellites (e.g., produit physat, Alvain et al., 2008), ii) de caractériser les facteurs biologiques/chimiques et environnementaux à partir d'observations satellites et in situ contribuant aux variations observées. Ces deux points seront traités par des approches innovantes de machine learning.

Méthodologie :

Les jeux de données satellites et in situ seront fournis à l'étudiant. Celui-ci devra :

- prendre en main les différents jeux de données sous différents formats numériques pour pouvoir les traiter.
- traiter ces données et en ressortir les tendances i) via les méthodes GAM, puis confronter ces résultats à ii) ceux obtenus par des méthodes de machine learning à mettre en place.
- chercher les liens de cause à effet pouvant expliquer les tendances observées dans les mesures chimiques des muscles de thons dans le Pacifique Sud.

Compétences requises et qualités personnelles :

- Compétences en programmation, biostatistiques et traitement du signal.
- Goût pour le travail d'équipe, et le travail en milieu interdisciplinaire.

Références bibliographiques :

Alvain, S., Moulin, C., Dandonneau, Y., & Loisel, H. (2008). Seasonal distribution and succession of dominant phytoplankton groups in the global ocean: A satellite view. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(3).

Houssard, P., Lorrain, A., Tremblay-Boyer, L., Allain, V., Graham, B.S., Menkes, C.E., Pethybridge, H., Couturier, L.I.E., Point, D., Leroy, B., Receveur, A., Hunt, B.P.V., Vourey, E., Bonnet, S., Rodier, M., Raimbault, P., Feunteun, E., Kuhnert, P.M., Munaron, J.-M., Lebreton, B., Otake, T., Letourneur, Y., 2017. Trophic position increases with thermocline depth in yellowfin and bigeye tuna across the Western and Central Pacific Ocean. *Prog. Oceanogr.* 154, 49–63. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.04.008>

Houssard, P., Point, D., Tremblay-Boyer, L., Allain, V., Pethybridge, H., Masbou, J., Ferriss, B.E., Baya, P.A., Lagane, C., Menkes, C.E., Letourneur, Y., Lorrain, A., 2019. A Model of Mercury Distribution in



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

Tuna from the Western and Central Pacific Ocean: Influence of Physiology, Ecology and Environmental Factors. *Environ. Sci. Technol.* 53, 1422–1431. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06058>

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.E., Olson, R.J., Pagendam, D.E., Point, D., Revill, A.T., Somes, C.J., Young, J.W., 2020. Trends in tuna carbon isotopes suggest global changes in pelagic phytoplankton communities. *Glob. Change Biol.* 26, 458–470. <https://doi.org/10.1111/gcb.14858>

Médiéu, A., Point, D., Receveur, A., Gauthier, O., Allain, V., Pethybridge, H., Menkes, C.E., Gillikin, D.P., Revill, A.T., Somes, C.J., Collin, J., Lorrain, A., 2021. Stable mercury concentrations of tropical tuna in the south western Pacific ocean: An 18-year monitoring study. *Chemosphere* 263, 128024. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128024>

Rousseaux, C. S., & Gregg, W. W. (2015). Recent decadal trends in global phytoplankton composition. *Global Biogeochemical Cycles*, 29(10), 1674-1688.

Gregg, W. W., Rousseaux, C. S., & Franz, B. A. (2017). Global trends in ocean phytoplankton: a new assessment using revised ocean colour data. *Remote Sensing Letters*, 8(12), 1102-1111.



Projet 10 Nom du Projet Effet de la qualité des ressources alimentaires sur la maturation gonadique des sardinelles Sénégalaises

Rapporteur 1 Bruno Blanke (LOPS)

Rapporteur 2 Mourad Kertous (AMURE)

Porteur Marie VAGNER Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Au Sud

Laboratoire 1 LEMAR

Laboratoire 2

Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Formation en biologie/ physiologie des organismes (marins) ; bonne dynamique d'ouverture et de communication ; rigueur, autonomie, bonnes capacités rédactionnelles

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

La sardinelle ronde (*Sardinella aurita*) et la sardinelle plate (*S. maderensis*) sont des petits poissons pélagiques côtiers, largement pêchés et consommés en Afrique de l'ouest (Deme et al., 2022) et notamment au Sénégal. Ces espèces ont un niveau trophique intermédiaire, se nourrissant de phyto- et zooplancton (Nieland, 1982), et alimentant les poissons prédateurs et les oiseaux marins (Correia et al., 2019).

Chez les sardinelles, la disponibilité en ressources alimentaires semble notamment conditionner le déclenchement de la ponte, qui a essentiellement lieu pendant les périodes d'upwelling (février à mai, puis d'octobre à décembre) (Baldé et al., 2019; Samba et al., 2021). Par ailleurs, chez les petits poissons pélagiques, la qualité des ressources alimentaires, en particulier en acides gras essentiels (e.g. EPA, DHA et ARA), influence la qualité des œufs produits et le recrutement larvaire (Castro et al., 2010; Garrido et al., 2007; Teodósio et al., 2017; Yasuda et al., 2021).

Certains acides gras des poissons pélagiques sont principalement (voire exclusivement) issus de leurs ressources alimentaires, et ces acides gras sont donc fréquemment utilisés comme biomarqueurs pour caractériser et discriminer ces ressources alimentaires (e.g. Bertrand et al., 2022; Pethybridge et al., 2014). D'autre part, du fait de leur rôle structural (membranes cellulaires), fonctionnel (précurseurs d'hormones, médiateurs de réponses immunitaires et inflammatoires), et de stockage énergétique (substrats de la β -oxydation), les acides gras sont aussi utilisés pour comprendre la physiologie des organismes (Arts and Kohler, 2009; Couturier et al., 2020).

Dans ce contexte, les objectifs de ce stage sont de (i) tester s'il existe une différence qualitative des ressources alimentaires des deux espèces de sardinelles, en étudiant les profils en acides gras de leurs muscles; et (ii) d'approcher les besoins nutritionnels des sardinelles en terme d'acides gras essentiels pour la reproduction, en mesurant l'accumulation de ces composés dans les gonades. Pour cela, les tissus (muscles et gonades) de 80 poissons (40 de chaque espèce de sardinelle) ont été collectés en janvier et mars 2022 au Sénégal (port de Thiarroye-sur-mer).

Ce stage se déroulera uniquement en laboratoire. Après extraction des lipides, l'étudiant(e) analysera les acides gras des lipides de structure et de stockage par GC-FID (Couturier et al., 2020) dans les gonades et le muscle des sardinelles, avant d'analyser les données statistiquement (jeux de données multivariés) et d'interpréter les résultats sur la base des connaissances disponibles sur la biologie et l'écologie des sardinelles de la zone d'étude. Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet international FLAGSHIP ISBLUE OMEGA (2021-2024) auquel il contribuera significativement en apportant des

résultats originaux. L'étudiant aura la possibilité, à l'issue de son stage, d'exposer ses résultats auprès des membres du projet, en langue anglaise.

Références

- Arts, M.T., Kohler, C.C., 2009. Health and condition in fish: the influence of lipids on membrane competency and immune response, in: Kainz, M., Brett, M.T., Arts, M.T. (Eds.), *Lipids in Aquatic Ecosystems*. Springer New York, pp. 237–256.
- Baldé, B.S., Fall, M., Kantoussan, J., Sow, F.N., Diouf, M., Brehmer, P., 2019. Fish-length based indicators for improved management of the sardinella fisheries in Senegal. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 31, 100801. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100801>
- Bertrand, M., Brosset, P., Soudant, P., Lebigre, C., 2022. Spatial and ontogenetic variations in sardine feeding conditions in the Bay of Biscay through fatty acid composition. *Mar. Environ. Res.* 173, 105514. <https://doi.org/10.1016/J.MARENRES.2021.105514>
- Castro, L.R., Claramunt, G., González, H.E., Krautz, M.C., Llanos-Rivera, A., Méndez, J., Schneider, W., Soto, S., 2010. Fatty acids in eggs of anchoveta *Engraulis ringens* during two contrasting winter spawning seasons. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 420, 193–205. <https://doi.org/10.3354/MEPS08819>
- Correia, E., Granadeiro, J., Mata, V., Regalla, A., Catry, P., 2019. Trophic interactions between migratory seabirds, predatory fishes and small pelagics in coastal West Africa. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 622, 177–189. <https://doi.org/10.3354/meps13022>
- Couturier, L.I.E., Michel, L., Amaro, T., Budge, S.M., da Costa, E., De Troch, M., Di Dato, V., Fink, P., Giraldo, C., Le Grand, F., Loaiza, I., Mathieu-Resuge, M., Nichols, P.D., Parrish, C.C., Sardenne, F., Vagner, M., Pernet, F., Soudant, P., 2020. State of art and best practices for fatty acid analysis in aquatic sciences. *ICES J. Mar. Sci.* 77. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa121>
- Deme, E. hadj B., Deme, M., Failler, P., 2022. Small pelagic fish in Senegal: a multi-usage resource. *Mar. Policy* 141, 105083. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOL.2022.105083>
- Garrido, S., Rosa, R., Ben-Hamadou, R., Cunha, M.E., Chícharo, M.A., van der Lingen, C.D., 2007. Effect of maternal fat reserves on the fatty acid composition of sardine (*Sardina pilchardus*) oocytes. *Comp. Biochem. Physiol. - B Biochem. Mol. Biol.* 148, 398–409. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2007.07.008>
- Nieland, H., 1982. The food of *Sardinella aurita* (Val.) and *Sardinella eba* (Val.) off the coast of Senegal. *Cons. int. Explor. Mer* 180, 369–373.
- Pethybridge, H., Bodin, N., Arsenault-Pernet, E.J., Bourdeix, J.H., Brisset, B., Bigot, J.L., Roos, D., Peter, M., 2014. Temporal and inter-specific variations in forage fish feeding conditions in the NW Mediterranean: lipid content and fatty acid compositional changes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 512, 39–54. <https://doi.org/10.3354/meps10864>
- Samba, O., Diouf, K., Fall, M., Ndiaye, P., Panfili, J., 2021. Long term changes in life history traits and catches of the round sardinella, *Sardinella aurita* (Clupeidae), along the Senegal coast, West Africa. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 101621. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101621>
- Teodósio, M.A., Garrido, S., Peters, J., Leitão, F., Ré, P., Peliz, A., Santos, A.M.P., 2017. Assessing the impact of environmental forcing on the condition of anchovy larvae in the Cadiz Gulf using nucleic acid and fatty acid-derived indices. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 185, 94–106. <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2016.10.023>
- Yasuda, T., Oda, M., Tanaka, S., Nanjo, N., Takahashi, M., Fukuwaka, M. aki, 2021. Selective retention and transfer of long-chain polyunsaturated fatty acids in Japanese sardine. *Mar. Biol.* 168, 172. <https://doi.org/10.1007/s00227-021-03985-x>



Projet 11 Nom du Projet Les éoliennes, source d'énergies ou de problèmes ?

Rapporteur 1 Éric Foulquier (LETG) Rapporteur 2 Thomas Gorgues (LOPS)

Porteur Nassiri Abdelhak Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Au Sud

Laboratoire 1 AMURE Laboratoire 2 Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Economie

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

La problématique de ce stage porte les énergies renouvelables et plus particulièrement la composante émanant des parcs éoliens en France et dans trois pays du SUD : Algérie, Maroc et Tunisie. Elle consiste à faire d'abord un état des lieux des différences expériences ; et à mener ensuite une évaluation empirique des effets de ces parcs sur la valeur des biens immobiliers à proximité. Pour ce faire, deux familles de ressources sont mises à la disposition du ou de la stagiaire sur un DRIVE interne à l'UMR AMURE : une bibliographie des travaux françaises et internationales, une base de données des transactions immobilières sur tout le territoire français entre 2015 et 2021, et un protocole d'enquête de la méthode des Choix Expérimentaux.

Contexte

Les parcs éoliens sont une source d'énergie alternative qui induit des bénéfices mais aussi des coûts de différente nature. Parmi les bénéfices, les autorités publiques insistent sur les effets externes positifs en terme d'indépendance énergétique et de réduction des émissions de gaz à effet de serre et des polluants occasionnés par les autres sources d'énergie. Quant aux coûts, les riverains (particuliers et professionnels) de ces parcs soulignent plusieurs effets négatifs externes. Plusieurs études nationales et internationales ont mis en évidence ces 10 dernières années un effet négatif significatif plus ou moins important sur la valeur marchande du patrimoine foncier contigu. Ces études considèrent l'évolution du marché foncier comme un instrument économique pertinent pour résumer les impacts visuels, auditifs et sanitaires des éoliens perçus par les riverains (Sunak and Madlener, 2016; Gibbons, 2015; Vyn et Mccullough, 2014; Lang et al, 2014; Hoen et al 2011). Ce marché permet de mesurer les craintes des riverains des parcs éoliens que leur bien immobilier subisse des pertes de valeur ou qu'il devienne invendable. Ces craintes ont en effet suscité des mouvements de contestation en France et ailleurs (Europe et Amérique du nord).

La littérature empirique fait état d'un ensemble de résultats. Un bon nombre d'études nord-américaines n'a pas identifié d'effet de la présence de parcs éoliens sur la valeur du foncier, alors qu'une majorité des études Européennes ont mis en évidence des effets négatifs nets. D'après Parsons & Heintzeman (2022), ces effets correspondent à une baisse du prix de l'immobilier de 4.5% dans un rayon de 1 km, qui décroît au taux de de 1.286% à chaque km supplémentaire. L'étude réalisée par l'ADEME en 2022 met en évidence une baisse de 1,5% en France dans un rayon de 20 km au voisinage des parcs éoliens terrestres.

Objectif du stage : il est triple.

1. D'abord, faire un état de lieux des études réalisées et des résultats obtenus sur ce sujet en France et dans trois pays de SUD : le Maroc, l'Algérie et la Tunisie.

Un 1er ensemble de travaux est disponible sur un DRIVE de l'UMR AMURE.



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

2. Le second objectif est empirique et concerne le cas Français. Il s'agit d'utiliser les données des transactions immobilières en France pour mener des évaluations économétriques de l'évolution du marché immobilier à proximité des parcs éoliens.

Un 1er ensemble de bases de données DVF des années 2015-2021 est disponible sur un DRIVE de l'UMR AMURE.

3. Le troisième objectif est opérationnel. Il s'agit d'affiner l'évaluation empirique à l'aide de nouvelles données, qui sont disponibles sur différents sites internet, et à collecter en menant une enquête de terrain auprès des résidents et des agences immobilières dans les communes au voisinage du parc éolien de Saint Nazaire.

Un 1er ensemble d'informations provenant de plusieurs agences immobilières est disponible sur le DRIVE de l'UMR AMURE. Des contacts sont engagés avec 7 agences immobilières de Saint Nazaire. Un protocole d'enquête de la méthode de Choix Expérimentaux (CE) est en cours de construction.



Projet 12 Nom du Projet Influence de la lumière sur la physiologie et la production d'acides aminés de type mycosporine de plusieurs espèces de microalgues

Rapporteur 1 Karine Alain (BEEP)

Rapporteur 2 Cécile De Cet Bertin (AMURE)

Porteur CONNAN Solène

Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Biotchnologies marines

Laboratoire 1 LEMAR

Laboratoire 2 LEMAR

Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Biologie

Nombre de mois du stage (demandés) 5

Projet du stage

Les acides aminés de type mycosporine (MAA) sont des composés de photoprotection utilisés pour réduire les dommages potentiels des effets du rayonnement ultraviolet (UV-R). Ces acides aminés sont rencontrés chez de nombreux organismes marins depuis les bactéries, champignons, algues (micro et macro) jusqu'aux organismes à des niveaux trophiques plus élevés grâce à l'assimilation de proies (Shick et Dunlap, 2002). Les teneurs en MAAs dans ces différents organismes sont souvent positivement corrélées avec l'exposition aux UV.

Chez les espèces du phytoplancton, la production de MAAs n'est pas universelle : certaines espèces peuvent ne pas en produire du tout (Helbling et al., 1996 ; Hannach et Sigleo, 1998), d'autres en synthétiser en réponse à des quantités élevées de PAR (radiations actives pour la photosynthèse ; 400-700 nm ; Carreto et al., 1990, 2002 ; Helbling et al., 1996 ; Jeffrey et al., 1999 ; Callone et al., 2006), d'autres encore induire la synthèse de MAAs par l'exposition aux UV-R (Hannach et Sigleo, 1998 ; Sinha et al., 1998). De plus, la composition du pool intracellulaire de MAAs peut varier en fonction des espèces et de l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques (limitation en éléments nutritifs).

Lorsqu'ils sont présents, les MAAs sont considérés comme des molécules photochimiquement stables agissant comme des écrans solaires contre les rayons ultraviolets (UV) nocifs (Bhatia et al., 2011 ; Wada et al. 2015). Ils peuvent également fonctionner comme des antioxydants et protéger les cellules d'une forte production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) induite par les UV-R ou une quantité importante de PAR.

Ces composés ont un fort potentiel biotechnologique car l'industrie de la cosmétique recherche des molécules naturelles qui pourraient protéger des radiations UV (Chrapusta et al., 2017 ; Rosic, 2021 ; Singh et al., 2021). Ainsi, trouver une espèce/souche de microalgues capable de produire ces composés et dont les teneurs peuvent être augmentées lors de culture permettrait d'ouvrir la voie à des tests à plus grande échelle (Raj et al., 2021).

Les objectifs du stage de M2 seront donc de tester la présence et l'induction de la synthèse de MAAs chez plusieurs espèces de microalgues appartenant à divers groupes taxonomiques (par exemple diatomées, dinophycées, chlorophyta) à partir de cultures exposées à différentes intensités lumineuses et à différentes qualités de lumière (avec ou sans UV).

Lors de ce stage, l'étudiant/e réalisera des cultures en batch de plusieurs espèces de microalgues sous différentes conditions lumineuses. Il/elle suivra la croissance et l'activité photosynthétique par l'utilisation d'un Water-PAM, extraira les pigments et les MAAs puis analysera les teneurs et



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

composition de ces deux groupes de molécules algales par Chromatographie Liquide Haute Pression sur le plateau d'Ecologie Chimique.

L'encadrement du stage sera réalisé par :

- Cécile Klein (MCF UBO ; équipe DISCOVERY-LEMAR): culture en batch de plusieurs espèces de microalgues, suivis de croissance et de l'efficacité photosynthétique, ainsi que l'extraction et l'analyse des pigments.
- Solène Connan (MCF UBO ; équipe PANORAMA-LEMAR): l'extraction et l'analyse de pigments ainsi que l'extraction et l'analyse des MAAs.

Références :

Bhatia S., Garg A., Sharma K., Kumar S., Sharma A. & Purohit A.P. (2011). Mycosporine and mycosporine-like amino acids: A paramount tool against ultra violet irradiation. *Pharmacognosy Reviews*, 5, 138.

Callone A.I., Carignan M., Montoya N.G. et al. (2006). Biotransformation of mycosporine-like amino acids (MAAs) in the toxic dinoflagellate *Alexandrium tamarense*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 84, 204-212.

Carreto J.I., Carignan M.O., Daleo G. & Marco S. D. (1990). Occurrence of mycosporine-like amino acids in the red-tide dinoflagellate *Alexandrium excavatum*: UV-photoprotective compounds? *Journal of Plankton Research*, 12, 909-921.

Carreto J.I., Carignan M.O. & Montoya N.G. (2002). On the dinoflagellate *Alexandrium catenella*. Pigment bleaching and inhibition. In: *Aquaculture, Environment and Marine Phytoplankton: Proceedings of a Symposium Held in Brest, 21-23 May 2001* (No. 34, p. 173). Editions Quae.

Chrapusta E., Kaminski A., Duchnik K., Bober B., Adamski M. & Bialczyk J. (2017). Mycosporine-like amino acids: Potential health and beauty ingredients. *Marine drugs*, 15, 326.

Hannach G. & Sigleo A.C. (1998). Photoinduction of UV-absorbing compounds in six species of marine phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series*, 174, 207-222.

Helbling E.W., Chalker B.E., Dunlap W.C., Holm-Hansen O. & Villafañe V.E. (1996). Photoacclimation of Antarctic marine diatoms to solar ultraviolet radiation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 204, 85-101.

Jeffrey S.W., MacTavish H.S., Dunlap W.C. et al. (1999). Occurrence of UVA- and UVB-absorbing compounds in 152 species (206 strains) of marine microalgae. *Marine Ecology Progress Series*, 189, 35-51.

Raj S., Kuniyil A.M., Sreenikethanam A., Gugulothu P., Jeyakumar R.B. & Bajhaiya A.K. (2021). Microalgae as a source of mycosporine-like amino acids (Maas); advances and future prospects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 12402.

Rosic N.N. (2021). Recent advances in the discovery of novel marine natural products and mycosporine-like amino acid UV-absorbing compounds. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 1-15.

Shick J.M. & Dunlap W.C. (2002). Mycosporine-like amino acids and related. *Annual Review of Physiology* 64, 223-62.

Singh A., Čížková M., Bišová K. & Vítová M. (2021). Exploring mycosporine-like amino acids (MAAs) as safe and natural protective agents against UV-induced skin damage. *Antioxidants*, 10, 683.

Sinha R.P., Klisch M., Gröniger A. & Häder D.P. (1998). Ultraviolet-absorbing/screening substances in cyanobacteria, phytoplankton and macroalgae. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 47, 83-94.



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

Wada N., Sakamoto T. & Matsugo S. (2015). Mycosporine-like amino acids and their derivatives as natural antioxidants. *Antioxidants*, 4, 603-646.



Projet 13 Nom du Projet Mesure des métaux traces dissous et particulaires dans les échantillons collectés lors de la mission océanographique RESILIENCE (Canal du Mozambique 2022)

Rapporteur 1 Thomas Gorgues (LOPS)

Rapporteur 2 Nicolas Boillet (AMURE)

Porteur PLANQUETTE Hélène Co - Porteur Pierrick PENVEN

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Au Sud

Laboratoire 1 LEMAR Laboratoire 2 LEMAR Laboratoire 3 LOPS

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Biogéochimie marine, e.g. Master SML

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Le sujet de ce stage concerne l'analyse des métaux traces particulaires dans des échantillons collectés lors de la mission océanographique dans le Canal du Mozambique (avril-mai 2022), lors du projet international RESILIENCE mené en collaboration avec nos partenaires sud-africains (Stellenbosch Univ. : A. Roychoudhury/ Nelson Mandela University : M. Noyon) ainsi qu'avec nos collègues du LOPS (PI : P. Penven/S. Herbette).

Faisabilité du projet : Les échantillons étant déjà collectés, et la technique d'analyse (digestion des filtres, analyse ICP-MS) ayant été développée par l'encadrante et mise en œuvre au PSO depuis plusieurs années, il n'y a aucun verrou technique pour la réalisation de ce projet.

Importance des résultats attendus : Le fer, métal trace essentiel à la vie, limite la croissance phytoplanctonique dans ~ 50% de l'océan et participe au contrôle de la structure des écosystèmes planctoniques. L'étude des sources de fer à l'océan est ainsi préconisée pour la compréhension du fonctionnement des écosystèmes océaniques et des cycles biogéochimiques des éléments majeurs, dont le carbone. Parmi les sources externes, le transport de fer de la côte vers le large par la dynamique mésoéchelle, et notamment par les tourbillons, a été récemment l'objet de plusieurs études. Celles-ci, qui semblent toutes confirmer le lien entre transport tourbillonnaire, concentrations en fer, et production primaire, restent cependant peu nombreuses. L'Océan Indien Sud-Ouest (Canal du Mozambique et courant des Aiguilles) présente l'une des plus fortes activités tourbillonnaires au monde, et à ce titre est une zone idéale pour approfondir ces liens. La mission océanographique multidisciplinaire RESILIENCE (fRonts, EddieS and marine LIfe in the wEstern iNdian oCEan) dans le Canal du Mozambique et co-portée par le LOPS, s'est intéressée à l'impact des processus physiques à fine échelle sur la productivité océanique, et sur les conséquences pour la mégafaune. Le LEMAR, en collaboration avec une équipe sud-africaine, a prélevé des échantillons de surface pour la mesure des métaux traces dissous et particulaires, dont le fer. Ces analyses permettront de mieux comprendre, d'une part, comment la dynamique physique mésoéchelle impacte les distributions en métaux traces (coll. LOPS), et d'autre part, comment ces concentrations en fer sont liées à la productivité primaire océanique de la région (coll. NMU).

Ce projet permet une nouvelle collaboration LEMAR – LOPS, et d'aborder au sein de l'IUEM une nouvelle thématique sur le couplage dynamique physique/biogéochimie des métaux traces aux petites échelles océaniques. Ce projet permettra également de maintenir une collaboration avec l'Afrique du Sud sur la biogéochimie océanique des métaux traces entre le LEMAR et l'université de Stellenbosch, et d'en démarrer une nouvelle (M. Noyon, NMU). Un post doctorant sud-africain, Ryan



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

Cloete, bénéficiant d'une bourse BIENVENUE au LEMAR dès 01/2023, co-encadrera ainsi le M2 qui participera à l'analyse des échantillons. Adéquation thèmes prioritaires du Quinquennal IUEM : Cette demande de gratification s'inscrit dans le cadre d'un partenariat avec l'Afrique du Sud (Université de Stellenbosch, NMU) et concerne des échantillons collectés en collaboration dans le Canal du Mozambique. Cette demande émerge donc sur la thématique « Au Sud » de l'IUEM.

- Transversalité de l'approche : L'analyse proprement dite des échantillons sera réalisée au LEMAR, sous la co-supervision d' H. Planquette et d'un post doctorant sud-africain, R. Cloete, qui a participé à la mission RESILIENCE et bénéficiera dès 01/2023 d'une bourse BIENVENUE au LEMAR. Les interprétations se feront en co-supervision avec P. Penven (LOPS) pour comprendre comment la dynamique physique mésoéchelle a pu impacter les distributions en métaux traces au cours de RESILIENCE.



Projet 14 Nom du Projet Co-construction du suivi du littoral à Ilur : démonstrateur et témoin

Rapporteur 1 Frédérique Alban (AMURE)

Rapporteur 2 Florian Sevellec (LOPS)

Porteur Le Dantec Nicolas

Co - Porteur Juliette Herry

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Dynamiques historiques

Laboratoire 1 GEO OCEAN

Laboratoire 2 LETG-Brest

Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Géographie (EGEL)

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Contexte et problématique

Le Parc Naturel Régional du Golfe du Morbihan réalise depuis plusieurs années un suivi sur l'île d'Ilur pour observer l'évolution du littoral, incluant des reconstructions photographiques (suivi des paysages) et des observations géomorphologiques le long de profils de plage. A la faveur du déploiement du réseau GNSS collaboratif Centipède, le protocole de suivi a été enrichi avec l'ajout de relevés topographiques du trait de côte et de profils de plage et de micro-falaise. L'équipe de l'observatoire des risques côtiers OSIRISC accompagne les gestionnaires du Parc pour la définition des protocoles et la mise en place des suivis, dans la continuité d'une collaboration (avec une convention-cadre de partenariat) existant depuis plusieurs années entre l'UBO et le Parc, de la co-construction des indicateurs OSIRISC à l'observation collaborative et au développement de compétences des acteurs-praticiens à l'échelle des territoires littoraux.

Le Golfe du Morbihan comporte des territoires littoraux exposés aux risques d'érosion et de submersion, avec la présence d'enjeux (humains, bâtis et naturels) sur des secteurs qui seront fortement sujets au recul du trait de côte et à la submersion, dans le contexte de l'élévation du niveau marin prévue pour les prochaines décennies. La configuration du Golfe du Morbihan donne lieu à des situations spécifiques à ce type d'environnement par rapport aux processus d'érosion et de submersion, et à l'observation de ces phénomènes. Du point de vue de l'hydrodynamisme et de la dynamique sédimentaire, ce milieu est assez protégé. Les courants de marée sont très intenses dans la partie occidentale du golfe, mais l'agitation du plan d'eau est limitée, en particulier dans la partie interne du golfe. Les sédiments sont des mélanges de sables et de vase, avec des parties basses de l'estran très plates, vaseuses, et des parties hautes de l'estran très plates elles aussi, relativement dépourvues d'accumulation sédimentaire et où cohabitent des plantes marines et continentales. Enfin, le golfe compte de très nombreuses îles, dont la topographie conduira à leur séparation en plusieurs îles ou îlots sous l'effet de l'élévation du niveau marin, avec des conséquences de cette perte de continuité sur la dynamique hydro-sédimentaire, sur la biodiversité et sur le cadre de vie et l'aménagement du territoire pour les îles habitées.

L'île d'Ilur est gérée par le Parc, qui souhaite en faire à la fois un démonstrateur de méthodologies de suivis de l'évolution du littoral, et un témoin de cette évolution. Pour les aspects méthodologiques, il s'agit de mettre en place des protocoles de suivi variés, et d'utiliser le site pour sensibiliser les gestionnaires d'autres territoires, à la fois les collectivités locales voisines et les autres parcs naturels régionaux, et pour les former à l'utilisation de ces méthodes et outils d'observation. La variété des types d'environnements littoraux présents à Ilur, malgré sa petite taille, est remarquable : plage, tombolo, falaise meuble, falaise rocheuse, ce qui permet de couvrir l'ensemble des protocoles de



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

suivis spécifiques de ces différentes formes littorales. Cette variété géomorphologique rend aussi envisageable la transposition des trajectoires d'évolution du littoral observées à Ilur, à d'autres sites dans le golfe (ou d'autres secteurs semi-fermés, abrités), comme par exemple d'autres îles où beaucoup plus d'enjeux sont présents et seront impactés par l'érosion et la submersion.

Dans ce stage, il s'agit de caractériser les tendances d'évolution du site à partir de l'analyse des données historiques (archives, cartes anciennes, jeux de photographies aériennes et récentes, iconographie, ...) , afin de pouvoir prioriser et mieux définir les suivis qui seront mis en place pour une observation à long terme, et de mener un travail réflexif sur ces deux notions de site démonstrateur et de site témoin de l'évolution des littoraux, à travers une démarche de co-construction entre gestionnaires et scientifiques.

Objectifs et approche

Le stage comportera plusieurs axes de travail :

- étude des évolutions historiques, à partir de photos aériennes ou de cartes anciennes, et récentes, à partir des reconductions photographiques et des suivis terrain ;
- identification et analyse des données disponibles sur l'hydrodynamisme (marée, courants, vagues, vent, niveaux d'eau) et les précipitations, pour mieux caractériser les forçages ;
- analyse des protocoles de suivis mis en place, et propositions pour les améliorer si besoin ou prioriser les secteurs à suivre ;
- transfert vers les communes et EPCI (médiation, formation pratique aux protocoles et aux instruments de mesure) ;
- travail réflexif sur les notions de démonstrateur et de témoin, à la fois d'un point de vue conceptuel, et opérationnel, dans un cadre de co-construction entre gestionnaires et scientifiques.

Cadre de la collaboration

L'ObServatoire Intégré des RISques Côtiers en Bretagne, OSIRISC, met en œuvre, à l'échelle régionale, des outils interdisciplinaires développés pour l'étude et le suivi des risques côtiers et de la vulnérabilité systémique des territoires littoraux à l'érosion et la submersion marines. Au-delà de l'intérêt de mettre en place ces séries d'observation à long terme pour des problématiques de recherche, OSIRISC s'applique à co-construire et mettre à disposition des gestionnaires-praticiens des risques côtiers un outil d'aide à la décision et d'amélioration des pratiques et des stratégies de gestion des risques à long terme.

Le Parc, avec qui l'UBO a noué une collaboration suivie et fructueuse depuis plusieurs années (projets CACTUS, OSIRISC, ARICO, contribution au déploiement du réseau GNSS collaboratif Centipède, par exemple), faisait partie des acteurs locaux avec lesquels la méthodologie OSIRISC a été évaluée et consolidée au moyen d'expérimentations sur des sites-tests. Cette approche collaborative suivie dans OSIRISC se décline à la fois dans l'élaboration des méthodes et outils, notamment les indicateurs pour les 4 composantes de la vulnérabilité, et dans la mise en place des suivis sur le terrain. L'accompagnement des gestionnaires des territoires va de l'identification des secteurs à suivre et la définition des stratégies de suivi, à la mise au point de protocoles de mesure et au déploiement d'instruments bas coût, ainsi qu'à la formation et l'apport d'expertise de terrain appliquée aux sites de suivi.

Ainsi, OSIRISC a accompagné le Parc dans la consolidation des suivis qu'il réalise sur le littoral de l'île d'Ilur, dans le Golfe du Morbihan. C'est lors de cette journée d'échanges et d'acquisition de mesures sur le terrain qu'a émergé ce sujet de stage, sur la base des motivations exposées par le Parc pour la mise en place des suivis, ce qui illustre bien l'intérêt de la démarche de co-construction.

Modalités d'accueil et d'encadrement

Le-a stagiaire sera accueilli-e dans les locaux du PRN-GM, à Vannes, sous la responsabilité de Juliette Herry. Il-elle sera co-encadré-e par Alain Hénaff (LETG) et Nicolas Le Dantec (IUEM et GO). Des



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

déplacements seront prévus, à l'UBO pour le-a stagiaire, et sur site pour les encadrants UBO, afin de permettre des séances de travail et des échanges directs en plus des réunions régulières pour le suivi du stage qui se dérouleront en visio.

Profil recherché

- géographe ou formation en sciences de l'environnement, niveau master 2
- connaissance des milieux littoraux (géomorphologie, dynamique hydro-sédimentaire),
- intérêt pour les analyses géo-historiques des territoires,
- connaissance et pratique des méthodes de suivi topographique,
- mise en œuvre des analyses diachroniques de jeux de données diversifiés (exploitation de photographies aériennes, suivis topographiques, et iconographiques, frise chronologique ...) et des Sciences de l'Information Géographiques (SIG).

Durée du stage : 6 mois



Projet 15 Nom du Projet Segmentation des dorsales océaniques et relation avec la convection dans le manteau sous les dorsales: application à la dorsale de Reykjanes au sud de l'Islande.

Rapporteur 1 Serge Suanez (LETG)

Rapporteur 2 Gauthier Schaal (LEMAR)

Porteur Anne Briais

Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Recherches Polaires

Laboratoire 1 GEO OCEAN

Laboratoire 2 GEO OCEAN

Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Mention "Sciences de la Terre, Planète, Environnement" et Mention "Physique Marine"

Nombre de mois du stage (demandés) 5

Projet du stage

La dorsale de Reykjanes dans l'Atlantique Nord passe au-dessus du point chaud islandais, et montre à la fois une anomalie topographique très large et de grande amplitude autour du point chaud, et des rides en V de part et d'autre de la dorsale dont l'origine est controversée. Ces rides correspondent à des zones d'épaisseur de croûte un peu plus grande que les vallées en V. Tester différentes hypothèses pour l'origine de ces rides en V est un des objectifs principaux de l'Expédition 395C/395 de l'International Ocean Discovery Program (Parnell-Turner et al., 2022 et références associées). Les hypothèses incluent: (1) des pulses de matériel chaud montant dans le point chaud et dévalant la dorsale en créant des surplus de croûte en V (Parnell-Turner et al., 2017), (2) des segments de dorsale migrant vers le sud en laissant des traces de propagateurs (e.g., Rabinowicz and Briais, 2002); et (3) des anomalies de fusion partielle de manteau hydraté qui migrent vers le sud en laissant des traces en V. Une des hypothèses à tester est donc la migration rapide de centres d'accrétions, ou segments magmatiques de dorsale, similaires à ce qu'on observe plus au sud sur les flancs de la dorsale médio-Atlantique.

Nous proposons de développer des modèles numériques de convection dans le manteau partiellement fondu sous les dorsales, entre autres pour explorer à nouveau les résultats des modèles proposés dans Rabinowicz and Briais (2002). L'hypothèse forte dans ces modèles était de considérer que le manteau partiellement fondu sous la dorsale a une viscosité de plusieurs ordres de grandeur plus basse que le manteau sous-jacent, ce qui permet une convection à petite échelle qui expliquerait la segmentation magmatique des dorsales lentes. Les nouveaux modèles seront développés à partir du code ASPECT, dans le cadre d'un stage de Master 2. Les résultats des modèles nouveaux et anciens seront analysés du point de vue de la géométrie des productions de croûte, des implications sur les compositions chimiques potentielles des basaltes, et des interactions possibles avec le flux asthénosphérique.

Les résultats apporteront des contraintes sur les rôles respectifs de la circulation mantellique à différentes échelles sous l'Islande, du point chaud à la dorsale. Les implications des variations d'activité du point chaud, et donc de la topographie dynamique à grande échelle, sur la circulation océanique dans l'Atlantique Nord, seront discutées en lien avec les résultats de l'Expédition IODP395/395C.



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

Parnell-Turner, R., White, N.J., Henstock, T.J., Jones, S.M., and Murton, B.J., 2017, Causes and Consequences of Diachronous V-Shaped Ridges in the North Atlantic Ocean.: *J. Geophys. Res.*, v. 122, p. 8675–8708, doi:10.1002/2017JB014225.

Parnell-Turner, R., A. Briaies, L. J. LeVay, and Expedition_395_Scientists (2022), Expedition 395C Preliminary Report: Reykjanes Mantle Convection and Climate: Crustal Objectives, doi: 10.14379/iodp.pr.395C.2022.

Rabinowicz, M., and A. Briaies (2002), Temporal variations of the segmentation of slow to intermediate-spreading mid-ocean ridges: 2. A 3-D model in terms of lithosphere accretion and convection within the partially molten mantle beneath the ridge axis, *J. Geophys. Res.*, 107 (B6), doi:10.1029/2001JB000343.



Projet 16 Nom du Projet Study of the diversity of microbial communities involved in the Fe-cycle in deep-sea hydrothermal ecosystems.

Rapporteur 1 Brivaëla Moriceau (LEMAR)

Rapporteur 2 Christophe Hemond (GEO-OCEAN)

Porteur MIESZKIN Sophie

Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Blanc

Laboratoire 1 BEEP Laboratoire 2

Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Microbiologie / Bioinformatique

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Title:

Study of the diversity of microbial communities involved in the Fe-cycle in deep-sea hydrothermal ecosystems.

Scientific context:

Deep-sea hydrothermal fields are complex ecosystems subjected to high temperatures, pressures, large thermal and chemical gradients and are rich in metals, particularly iron (Fe). Iron is found in its two oxidation states i.e. ferrous iron (Fe²⁺) and ferric iron (Fe³⁺) (Toner et al., 2012). Ferrous iron is found in reducing acid to neutral environments, essentially in dissolved form in fluids but also in solid form in the constituent minerals of hydrothermal edifices (pyrite, chalcopyrite, marcasite or pyrrhotite). Ferric iron is found in oxidizing and neutral media, notably in complex mineral form in vent chimneys (Fe-oxy-hydroxide, ferrihydrite, goethite, hematite). Iron is involved in the assimilative metabolism (co-factor, metalloproteins, etc.) and also in the energetic metabolism of microbial communities in deep-sea hydrothermal sources as an electron donor (Fe²⁺) and acceptor (Fe³⁺). The majority of Fe³⁺-reducing microorganisms identified are chemoorganotrophic, but some of them are able to grow in chemolithotrophic conditions. The bacteria identified to date are mostly affiliated with the phyla of Proteobacteria, Deferribacteres and Firmicutes and the known archaea are mainly taxa belonging to the families Archaeoglobaceae and Pyrodictiaceae (Kashefi 2002; Roh et al., 2006; Slobodkina et al., 2009, 2012). However, to date, few (hyper)thermophilic prokaryotes, capable of respiring Fe³⁺ have been isolated from hydrothermal edifices. On the contrary, Fe²⁺ is an energy source structuring chemolithoautotrophic microbial communities. At acidic pH, the Fe²⁺ ion is stable, resists chemical oxidation and is available for biological reactions. Microbial Fe²⁺-oxidation is therefore mainly associated with acidic environments but this reaction is also sometimes observed at neutral pH in aquatic environments where there is no oxygen. In the current state of knowledge, the Fe²⁺-oxidizing taxa are affiliated to the subphylum of Zetaproteobacteria (McAllister et al., 2020). To date, only 3 bacterial strains capable of Fe²⁺-oxidation have been isolated from deep-sea hydrothermal sources. These Fe-based metabolisms were also highlighted using biomarker genes as the *cyc2* gene encoding for the Cyc2 Fe-oxidase and the *mtrAB* gene encoding for the MtrCAB complex involved in the Fe³⁺-reducing processus. (McAllister et al., 2021).



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

Study aims:

While some microorganisms were isolated from deep-sea hydrothermal vents and characterized, we do not have, to date, a comprehensive view of the biological Fe-cycle in this environment.

To carry out this study, the TAG hydrothermal vent field at the MAR (Mid Atlantic Ridge) was visited during the oceanographic cruise HERMINE 2 (July-August 2022). Four samples, from active (reduced conditions) to inactive (oxidized conditions) sites were sampled. Those samples will allow us to compare the microbial diversity and especially the one of microorganisms involved in the Fe-cycle, between reduced and oxidized conditions and according to the physico-chemical parameters. To do so, a meta-omic approach will be performed (metabarcoding and metagenomic) associated with a quantification of microorganisms involved in the Fe-cycle by quantitative PCR. If time allows, the culturable diversity of microorganisms involved in Fe-cycle will be also investigated by launching enrichment cultures in order to isolate new microorganisms involved in the iron cycle.

Internship aims:

The main goals of this Master 2 internship will be to perform:

- Metabarcoding analyses (Bacteria and Archaea). DNA extraction will be performed by mechanical and chemical lysis and libraries will be prepared for Illumina HiSeq sequencing. Sequences will then be analysed using pipeline SAMBA (Standardized and Automated MetaBarcoding Analyses workflow) on GALAXY Ifremer platform. SAMBA will allow to produce an amplicon sequence variant (ASV) table based on QIIME2 and DADA2 procedures to get a taxonomic assignment of each ASV.
- Quantitative PCR targeting functional Fe-gene markers (mtrAB and cyc2) will be performed (setting up of calibration curves; optimization of primers).
- Enrichment cultures using Fe-based media could also be launched to isolate new Fe³⁺-reducing and Fe²⁺-oxidizing microorganisms.

Relevance of the application:

Feasibility of the project:

The feasibility of the internship topic is ensured as the samples will be present in the laboratory before the intern starts. Furthermore, all the techniques and methodologies needed to perform the project are mastered at the BEEP lab.

The intern will be supported by the PhD student working on this project (Eva Pouder; MICROFER thesis (2021-2024); ANR IRON2MI (2022-2026)) as well as by the bioinformatics engineer of the BEEP lab. (Johanne Aube) and by Sophie Mieszkin, Associate professor in microbiology and PI of the project.

Importance of the expected results:

This internship subject is part of the ANR IRON2MI which aims at “characterizing Fe³⁺-reducing and Fe²⁺-oxidizing microorganisms by studying their physiology and metabolic pathways, and by assessing the structure of these microbial communities and their role in the alteration/mineralization of Fe-rich minerals, especially in the context of the future exploitation of hydrothermal polymetallic sulfide mining resources”.



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

The results that will be obtained, in the frame of this internship, will consolidate our knowledge of the taxonomic diversity and functional potential of microbial communities involved in the iron cycle in this original ecosystem. Overall, the data that will be obtained will also contribute to assess the microbial mechanisms of sulfide mineral alteration.

Benefit for the student:

The benefits for the student will be multiple, with, first of all, new knowledge on hydrothermal ecosystems and in particular on microorganisms involved in the iron cycle will be acquired. The acquisition of new methodologies (culture of anaerobic and micro-aerophilic microorganisms, molecular biology and bioinformatics) will also be mastered. In addition, the student will be fully integrated into the BEEP lab. and will participate in all thematic and lab. meetings and conferences, thus establishing a network for her/his career.

References:

- Kashefi, Kazem, Dawn E. Holmes, Anna-Louise Reysenbach, et Derek R. Lovley. 2002. « Use of Fe(III) as an Electron Acceptor To Recover Previously Uncultured Hyperthermophiles: Isolation and Characterization of *Geothermobacterium Ferrireducens* Gen. Nov., Sp. Nov ». *Applied and Environmental Microbiology* 68 (4): 1735-42.
- McAllister, Sean M., Shawn W. Polson, David A. Butterfield, Brian T. Glazer, Jason B. Sylvan, et Clara S. Chan. 2020. « Validating the Cyc2 Neutrophilic Iron Oxidation Pathway Using Meta-Omics of Zetaproteobacteria Iron Mats at Marine Hydrothermal Vents ». *MSystems* 5 (1).
- McAllister, Sean M., Rebecca Vandzura, Jessica L. Keffer, Shawn W. Polson, et Clara S. Chan. 2021. « Aerobic and Anaerobic Iron Oxidizers Together Drive Denitrification and Carbon Cycling at Marine Iron-Rich Hydrothermal Vents ». *The ISME Journal* 15 (5): 1271-86.
- Roh, Y., Gao, H., Vali, H., Kennedy, D. W., Yang, Z. K., Gao, W., ... & Zhou, J. (2006). Metal reduction and iron biomineralization by a psychrotolerant Fe (III)-reducing bacterium, *Shewanella* sp. strain PV-4. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(5), 3236-3244.
- Slobodkina, G. B., T. V. Kolganova, N. A. Chernyh, J. Querellou, E. A. Bonch-Osmolovskaya, et A. I.YR 2009 Slobodkin. 2009. « *Deferribacter autotrophicus* sp. nov., an iron(III)-reducing bacterium from a deep-sea hydrothermal vent ». *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 59 (6): 1508-12.
- Slobodkina, G. B., A.-L. Reysenbach, A. N. Panteleeva, N. A. Kostrikina, I. D. Wagner, E. A. Bonch-Osmolovskaya, et A. I.YR 2012 Slobodkin. s. d. « *Deferrisoma camini* gen. nov., sp. nov., a moderately thermophilic, dissimilatory iron(III)-reducing bacterium from a deep-sea hydrothermal vent that forms a distinct phylogenetic branch in the Deltaproteobacteria ».



Projet 17 Nom du Projet ULVAQUA

Rapporteur 1 Anne Godfroy (BEEP) Rapporteur 2 Brivaëlla Moriceau (LEMAR)

Porteur Nathalie BOURGOUGNON Co - Porteur Laura Rieusset

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Biotchnologies marines

Laboratoire 1 LBCM Laboratoire 2 Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Biotechnologie

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Projet de Master 2e année en Biotechnologie marines

ULVAQUA

LBCM : Nathalie Bourgoignon, Anne-Sophie Burlot, Laura Rieusset

Entreprise France Haliotis : Sylvain Huchette

Étude de l'holobionte dans l'écophysiologie de d'Ulva sp. et application en aquaculture

Les Ulvales sont des macroalgues vertes communes distribuées en zone côtière à travers le monde. Le genre Ulva est particulièrement bien connu notamment par les échouages saisonniers d'une quantité importante d'espèces qui le constituent. Ces proliférations d'algues appelées « marées vertes » s'expliquent par plusieurs facteurs dont la pollution d'origine continentale. Ulva sp. est alors souvent perçue négativement par la population côtière.. Elle représente un risque sanitaire à cause de l'émanation de gaz toxiques lors de sa décomposition sur les plages pour l'homme et pour l'écosystème. De plus, la gestion du ramassage de ces échouage a un réel coût et pèse sur l'économie des communes impactées. Cependant, les Ulves peuvent apporter des avantages lorsqu'elles sont transformées et valorisées. Après lavage, ces algues sont consommées comme légume (laitue de mer) depuis des décennies dans de nombreux pays. Aujourd'hui, elles trouvent des applications dans différents secteurs par leur richesse en composés bioactifs à forte valeur ajoutée comme les ulvanes ou l'amidon utilisés par exemple pour la santé et la nutrition des animaux et des végétaux (Prabhu et al., 2019 ; Tziveleka et al., 2019).

Une même espèce d'Ulva peut adopter différents morphotypes foliacés et tubulaires selon les caractéristiques du milieu dans lequel elle évolue. Cela peut être en fonction de la température, de la salinité, de la qualité et de l'intensité de lumière ou encore en fonction des interactions microbiennes que les algues entretiennent (Gao et al., 2016 ; Alsufyani et al., 2017). Matsuo et al. (2005) ont montré que des souches appartenant à plusieurs groupes du complexe Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides jouaient un rôle important dans le développement des Ulves dans l'environnement marin côtier. Sans la coopération de la flore bactérienne incluant Roseovarius sp. et Maribacter sp., U. mutabilis ne forme que des amas de cellules formant des cals (Alsufyani et al. 2017). L'analyse de l'exo-métabolome au cours de la croissance des macroalgues met en évidence l'activité de la thalassine et de facteurs d'origine bactérienne impliqués dans la morphogénèse des algues (Matsuo et al., 2005). Parallèlement, le glycérol libéré par Ulva favorise l'établissement et la croissance de la communauté bactérienne entraînant la formation d'un biofilm favorisant le bon développement des algues. Ces résultats montrent combien les interactions chimiques et biologiques entre hôte et microbiote ou "holobionte" régulent les relations entre le basibionte et ses épibiontes (Goetze et al. 2010 ; Singh & Reddy 2014).



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

Le LBCM est engagé dans des recherches portant le thème Biofilm – Microbiome. Il a axé ses travaux autour de trois questions scientifiques : 1) les liens entre le biofilm et la virulence bactérienne 2) les liens entre l'hétérogénéité d'une surface (chimique, physique, mécanique) et les interactions surface/cellules microbiennes lors de la formation de biofilm et 3) la médiation chimique au sein de l'holobionte et bioprotection. Depuis 2 ans, il s'intéresse tout particulièrement à la compréhension du fonctionnement de l'holobionte d'Ulva et à sa réponse aux variations environnementales. Si l'on possède aujourd'hui des connaissances sur l'effet des stress environnementaux biotiques ou abiotiques sur les macroalgues, les recherches sur le rôle du microbiote face aux facteurs anthropique (changement climatique et pollution marine) commencent seulement à émerger. De plus, les connaissances portant sur ce phénomène associé spécifiquement aux macroalgues proliférantes sont encore limitées. Il est, aujourd'hui, impossible d'étudier la physiologie des algues sans prendre en compte leur composante microbienne.

Dans le cadre de travaux de recherche au LBCM, des échantillons d'Ulves sauvages *Ulva australis*, *U. lacinulata*, *U. fenestrata* et *U. rigida* ont été collectés dans le Finistère sud dans une zone portuaire et dans une zone non exploitée mais touchée par les marées vertes. Les analyses des communautés bactériennes présentes à la surface des algues et dans les échantillons d'eaux sont effectuées par métabarcoding à partir des génomes bactériens et sont en cours de séquençage. Parallèlement, nous avons initié l'étude des effets des saisons sur la croissance et la reproduction des algues à travers l'analyse d'un certain nombre de paramètres biologiques, biochimiques et physiologiques au LBCM.

L'objectif de cette demande de stage vise à associer nos données collectées dans le cadre de l'étude de terrain portant sur des Ulves sauvages en milieu anthropisé, avec des données collectées dans le cadre d'une nouvelle étude en écophysiologie s'intéressant à deux espèces *U. laetiverens* et *U. australis* produites en aquaculture, en milieu contrôlé, au sein de la ferme France Haliotis située en Finistère nord.

Questionnements scientifiques :

Le stage proposé pour un étudiant en Master 2 repose, en partie, sur deux questions :

Quel est l'impact des facteurs environnementaux sur la physiologie de l'algue et sur la densité bactérienne qui lui est associée. Une comparaison entre les ulves sauvages et les ulves de culture sera effectuée.

Les ulves sauvages et cultivées sont-elles capables de modifier leur épibionte de surface (ie. biofilm ou planctonique) par la production de molécules actives en fonction du milieu dans lequel elles évoluent ?

Le stage aura donc différentes casquettes puisqu'il associe à la fois une partie culture des algues, une étude des molécules de défense en chimie et enfin une partie microbiologique avec l'étude de la communauté de surface.

Approche méthodologique et techniques envisagées : Le stage s'organiserait en deux étapes au sein de deux équipes

1/ France Haliotis : Fondé par Dr. Sylvain Huchette, France Haliotis a pour mission d'élever des ormeaux en pleine mer. Pour nourrir les ormeaux, la ferme produit des algues en conditions contrôlées et notamment deux espèces d'Ulva : *U. laetiverens* et *U. australis*. L'étudiant(e) en master accompagnera l'équipe réalisant la culture des algues en système contrôlé. Entre janvier et juin 2023, les échantillons d'algues seront prélevés tous les mois.

2/LBCM : L'étudiant(e) en master réalisera alors une (1) Étude de l'impact de la variation saisonnière sur la croissance, la reproduction et la densité bactérienne associée aux algues sauvages et de culture



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

Pour cela, un suivi des paramètres environnementaux sera associé avec une analyse de la composition biochimique des échantillons collectés (ie. Détermination des teneurs en protéines et acides aminés, en sucres totaux, en glycérol et amidon et en pigments photosynthétiques). De plus, l'étudiant devra développer une méthode pour réaliser un suivi saisonnier de la densité bactérienne de surface sur les thalles frais et fixés, par cytométrie en flux et en Microscopie Électronique à Balayage.

Parallèlement (2), une étude plus mécanistique sera réalisée pour évaluer l'impact des métabolites secondaires des ulves sauvages et de culture sur des bactéries de leur microbiote de surface. Pour cela, une extraction, une séparation et une détection de certaines molécules actives du métabolome (de surface et endo-métabolome) d'Ulva sera réalisée via différents solvants chimiques de polarités différentes. La proline, le DMSP, le glycérol, les Mycosporine like Amino-Acides (MAA), le bromophénol, la thallusine seront particulièrement recherchés (Alsufyani et al. 2020). Les extraits obtenus seront caractérisés par HPLC-UV et leurs activités biologiques testées sur des souches du microbiote d'Ulva déjà isolées et identifiées. Une attention particulière sera portée aux activités antibactériennes et antibiofilm ou à contrario à la production de biofilm et à l'activité impactant la morphogénèse et la croissance de l'algue.

Petits repères biblio:

Alsufyani, T., Califano, G., Deicke, M., Grueneberg, J., Weiss, A., Engelen, A. H., Kw



Projet 18 Nom du Projet MEDIOBS - L'usage des outils de gestion dans les AMP Méditerranéennes

Rapporteur 1 Nicolas Kolodjieszyk (LOPS)

Rapporteur 2 Hélène Hegaret (LEMAR)

Porteur Ingrid PEUZIAT

Co - Porteur Marie Guingot

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Nouveaux Usages et Energies Marines Renouvelables

Laboratoire 1 LETG-Brest

Laboratoire 2 AMURE

Laboratoire 3 AMURE

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Master 2 dans le domaine des sciences humaines et sociales ou de la gestion de l'environnement (géographie, anthropologie, sociologie, économie, sciences politiques...)

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

En réaction à la dégradation de la biodiversité, les pouvoirs publics ont massivement recours aux Aires Marines Protégées (AMP) en France métropolitaine et ultra-marine. L'évaluation de leurs effets, dans la perspective d'une gestion adaptative, s'appuie de plus en plus fréquemment sur des dispositifs d'observation et de suivi de la biodiversité, des usages et de la gouvernance, déployés aux échelles locales ou nationale (réseau d'AMP). Plus que des outils, ces dispositifs d'appellations diverses (suivis scientifiques, observatoires, tableaux de bord, systèmes d'information territoriaux, ...), sont des projets politiques, techniques et scientifiques dont la légitimité à dire le territoire et la capacité à lier connaissance et action sont aujourd'hui questionnées, notamment parce qu'ils intègrent souvent peu de connaissances sur les hommes et leurs rapports à l'environnement (pratiques, perceptions et représentations sociales). Il n'en reste pas moins qu'ils restent un maillon essentiel de la mise en œuvre de la Stratégie nationale pour les aires protégées 2030 et tout particulièrement de l'objectif 2 (Accompagner la mise en œuvre d'une gestion adaptée et efficace du réseau des aires protégées).

Le stage transverse proposé s'inscrit dans le cadre du projet HOMME (Observer les hommes et leurs rapports à l'environnement), soutenu par la Fondation de France et géré par le GIS HomMer (Groupement d'Intérêt Scientifique sur les hommes et la mer), qui a pour objectif une meilleure compréhension de ces dispositifs pour faciliter la co-production et l'intégration des connaissances sur les usagers de la mer et du littoral dans le Tableau de bord des AMP.

Le stage proposé contribue à améliorer la compréhension des processus d'élaboration des dispositifs d'observation et de suivi de la biodiversité, des usages et de la gouvernance et des facteurs qui conditionnent leur utilisation dans les aires marines protégées de Méditerranée. Pour cela les objectifs du stage sont :

- Analyser le processus d'élaboration des divers dispositifs et leurs évolutions respectives (architecture, contenu thématique, réseau d'acteurs mobilisés...);
- Identifier les différentes utilisations qui en sont faites dans les instances de gouvernance des AMP, ainsi que les facteurs qui conditionnent leur usage (ou non-usage).
- Etudier l'appropriation de ces outils par la population locale.



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

Pour répondre à ces objectifs le ou la stagiaire mobilisera plusieurs méthodes : (1) étude de la littérature existante sur les dispositifs d'observation et de suivi en appui à la gestion de l'environnement ; (2) élaboration d'une base de données des dispositifs de suivi et des indicateurs de suivi mobilisés dans les AMP de Méditerranée ; (3) élaboration et administration d'enquêtes sur le terrain auprès des parties-prenantes directement impliquées dans la gestion et étant amenées à utiliser des outils. Le stage s'inscrit dans une démarche de recherche appliquée et interdisciplinaire.

Les premiers résultats du projet, avec notamment un stage de master 2 financé en 2022 par le projet HOMME sur la mer d'Iroise, insistent sur les spécificités territoriales. C'est pourquoi est né ce second sujet sur les AMP méditerranéennes, qui s'avère indispensable aux analyses développées dans le projet afin de renforcer la comparaison des résultats entre façades maritimes. Si nous sollicitons l'IUEM pour le financement de la rémunération du ou de la stagiaire, l'environnement du stage sera quant à lui pris en charge par le projet HOMME.



Projet 19 Nom du Projet **MicrObs**

Rapporteur 1 Arnaud Huvet (LEMAR) Rapporteur 2 Julie Perrot (GEO-OCEAN)

Porteur Lois Maignien Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Blanc

Laboratoire 1 BEEP Laboratoire 2 BEEP Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé Autre Microbiologie, Genomique, bioinformatique

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Patterns of gene selection in coastal bacteria along an 8-year time series

Keywords: Metagenomics – Microbial ecology – Population genomics – Coastal ecosystem

Coastal ecosystems face a strong short-term variability of environmental conditions as well as long-term changes that affect the oceans globally. How do bacteria adapt to these short and long-term changes? Little is known about the timescales and drivers of bacterial evolution in the oceans, but their short generation time allows to observe evolutionary processes in real time. To do so, one needs to explore the genetic diversity of intraspecific populations and follow it through time. Metagenomics, the sequencing of DNA from the whole community in natural samples, allows to do so directly in the bacteria natural environment.

In the Ecogenomics group, we use metagenomics on various oceanic ecosystems as a method to study bacterial communities. We recently sequenced metagenomes from an 8-year monthly time series sampled at a coastal location in the Bay of Brest, for a total of 100 metagenomes. The analysis of the first years of this time series revealed the presence of ‘generalist’ bacteria, which are abundant during the whole year, and ‘specialists’, which peak in abundance at a specific month or season. Among other specificities, preliminary results indicate that generalist and specialist bacteria use different set of genes. We expect some of these genes to be under a strong selective pressure.

In this project, we propose to study in more details the evolution of the genes that differentiate generalists and specialists. During your internship, you will use bioinformatics methods in a population genetics framework to leverage the 8-year metagenomics data. With a fine analysis of the Single Nucleotide Variants and Single Amino- Acid Variants of the target genes from representative genomes, you will determine i) if these genes are under selection ii) if selection induces the sweep of specific alleles through time and iii) if generalists and specialist genes show different evolutionary patterns. The internship will take place in the Ecogenomics group at the European Institute for Marine Studies, with full access to cutting-edge bioinformatics resources including the High Performance Cluster DATARMOR.

Reference: Lemonnier C, Perennou M, Eveillard D, Fernandez-Guerra A, Leynaert A, Marié L, Morrison HG, Memery L, Paillard C and Maignien L (2020) Linking Spatial and Temporal Dynamic of Bacterioplankton Communities With Ecological Strategies Across a Coastal Frontal Area. *Front. Mar. Sci.* 7:376. doi: 10.3389/fmars.2020.00376

Pre-requisites:

- Background in bioinformatics and in evolution and/or microbiology



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

- Ability to work autonomously in a Unix environment, and with R or Python - Previous experience with metagenomics data would be a plus
- Interest in marine microbial ecology and/or microbial evolution



Projet 20 Nom du Projet Quantification des étendues de banquise épaisse à l'aide de deux capteurs satellites conjoints

Rapporteur 1 Simona Niculescu (LETG)

Rapporteur 2 Aurélie Penaud (GEO-OCEAN)

Porteur Girard-Arduin Fanny Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Recherches Polaires

Laboratoire 1 LOPS Laboratoire 2 LOPS Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Oceanographie, ENSTA

Nombre de mois du stage (demandés) 4

Projet du stage

Il s'agira d'étudier la banquise Arctique et notamment la quantification des glaces "jeunes" (fines) et "vieilles" (épaisse) sur les 3 derniers hivers à l'aide des deux capteurs du satellite franco-chinois CFOSAT. Dans un premier temps il faudra comprendre les avantages et limitations des capteurs individuellement puis voir si les deux capteurs conjoints peuvent apporter une information supplémentaire. Ces résultats seront comparés aux résultats obtenus à partir du capteur diffusiomètre satellites Européen MetOp actuellement en vol. Ce projet de recherche entre dans le cadre de l'observation long terme de la banquise du LOPS/Ifremer et des séries temporelles de glaces épaisses et fines estimées depuis 1999 via diverses plateformes



Projet 21 Nom du Projet Cycle de vie des lentilles d'eau douce à la surface de l'océan Arctique

Rapporteur 1 Simona Niculescu (LETG)

Rapporteur 2 Emma Michaud (LEMAR)

Porteur Alexandre Supply

Co - Porteur Camille Lique

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Recherches Polaires

Laboratoire 1 LOPS Laboratoire 2 LOPS

Laboratoire 3 LOPS

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Physique

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Cycle de vie des lentilles d'eau douce à la surface de l'océan Arctique

Encadrants : Alexandre Supply (alexandre.supply@univ-brest.fr); Nicolas Kolodziejczyk; Camille Lique; Kévin Balem.

Lieu du stage : Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (LOPS – Ifremer, Brest).

Durée du stage : 6 mois.

En Arctique, la fonte de glace de mer engendre la formation de fines lentilles d'eau douce à la surface de l'océan. Une étude récente a permis de montrer que l'observation satellitaire, à travers la mesure de la salinité, était capable de détecter ces lentilles d'eau douce (Supply et al., 2022). Celles-ci se caractérisent par une diminution importante de la salinité à la surface de l'océan (jusqu'à 5ps) pouvant persister pendant plusieurs semaines. Après s'être formées sous la glace, ces lentilles deviennent visibles pour les satellites suite à leur advection dans des zones libres de glace ou lors du recul de la glace de mer. Leur formation s'accompagne d'une forte augmentation de la stratification à la surface de l'océan. Elles modifient ainsi les échanges entre l'océan et l'atmosphère ou entre l'océan et la glace de mer.

Cependant, le rôle et le cycle de vie de ces lentilles d'eau douce est encore mal compris dans la mesure où elles restent peu documentées et étudiées. Les mesures satellitaires ne permettent que d'observer partiellement leur cycle de vie et les mesures in-situ de salinité de surface sont rares.

L'objectif de ce stage est d'examiner la répartition spatio-temporelle et le cycle de vie des lentilles d'eau douce formées à la surface de l'océan Arctique lors de la fonte de la glace de mer. L'effet des interactions océan/glace et océan/atmosphère sur la dynamique de ces lentilles sera étudiée à travers l'analyse des résultats de simulations numériques provenant d'un modèle haute résolution développé au LOPS. Un outil python de suivi lagrangien sera aussi utilisé en vue d'analyser l'évolution temporelle et spatiale des lentilles d'eau douce identifiées, ainsi que la modification de leurs paramètres physiques (salinité, température, profondeur de la couche de mélange). Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet Climate Change Initiative+Sea Surface Salinity (CCI+SSS) de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) qui vise à l'inter-calibration des différences mesures spatiales de salinité en vue de leur utilisation dans le cadre de l'étude de la variabilité climatique. Les résultats obtenus devront permettre d'améliorer l'interprétation des nouvelles mesures satellitaires de salinité de surface de l'Océan Arctique.



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

A. Supply, J. Boutin, N. Kolodziejczyk, G. Reverdin, C. Lique, J-L Vergely, X. Perrot. Accepted for publication. Meltwater lenses over the Chukchi and the Beaufort seas during summer 2019: from in-situ to synoptic view. <https://doi.org/10.1002/essoar.10509996.3>

Life cycle of Meltwater Lenses at the surface of the Arctic Ocean.

Supervisors : Alexandre Supply (alexandre.supply@univ-brest.fr); Nicolas Kolodziejczyk; Camille Lique; Kévin Balem.

Location : Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (LOPS – Ifremer, Brest).

Duration : 6 months.

In the Arctic, sea ice melting leads to the formation of thin lenses of freshwater at the ocean surface. A recent study has shown that satellite observation, through salinity measurement, was able to detect these meltwater lenses (Supply et al., 2022). These lenses are characterized by a significant decrease in salinity at the ocean surface (up to 5ps) that can persist for several weeks. After their formation under the sea ice, these lenses become visible to satellites following their advection into ice-free areas or during sea ice retreat. Their formation is accompanied by a strong increase in stratification at the ocean surface. They modify the exchanges between ocean and atmosphere or between ocean and sea ice.

However, the role and life cycle of these meltwater lenses is still poorly understood as they remain little documented and studied. Satellite measurements only allow to partially observe their life cycle and in-situ measurements of surface salinity are rare.

The objective of this internship is to examine the spatio-temporal distribution and life cycle of meltwater lenses formed at the surface of the Arctic Ocean during sea ice melting. The effect of ocean/ice and ocean/atmosphere interactions on the dynamics of these lenses will be studied through the analysis of numerical simulation results from a high resolution model developed at LOPS. A Python tool for Lagrangian tracking will also be used to analyze the temporal and spatial evolution of the identified freshwater lenses, as well as the modification of their physical parameters (salinity, temperature, mixed layer depth). This internship is part of the Climate Change Initiative+Sea Surface Salinity (CCI+SSS) project of the European Space Agency (ESA), which aims at the inter-calibration of different satellite salinity measurements to study climate variability. The obtained results should allow to improve the interpretation sea surface salinity estimates from satellites over the Arctic Ocean.

A. Supply, J. Boutin, N. Kolodziejczyk, G. Reverdin, C. Lique, J-L Vergely, X. Perrot. Accepted for publication. Meltwater lenses over the Chukchi and the Beaufort seas during summer 2019: from in-situ to synoptic view. <https://doi.org/10.1002/essoar.10509996.3>



Projet 22 Nom du Projet Caractérisation de protéines impliquées dans le métabolisme des polypeptides chez une archée piezophile hyperthermophile Thermococcus barophilus

Rapporteur 1 Hélène Lhegaret (LEMAR)

Rapporteur 2 Cécile De Cet Bertin (AMURE)

Porteur Trinetra Mukherjee

Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Biotchnologies marines

Laboratoire 1 BEEP

Laboratoire 2 BEEP

Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé Autre Master Microbiologie Fondamentale et Appliquée ou Master SML

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Background: Thermococcus barophilus is a hyperthermophilic anaerobic piezophilic archaeon which was isolated from the Snakepit site (23°22'41.18 N, 44°56'49.84 W) of the hydrothermal vent on the Mid-Atlantic ridge. T. barophilus grows optimally at a pressure and temperature of 40 MPa and 85°C respectively. Being a piezophile, it can grow within a pressure range of 0.1 MPa and 70 MPa (1). Under high pressure (HHP) conditions, T. barophilus has shown downregulation of amino acid synthesis and increase in amino acid requirement (2,3). Project PIEZOPRO aims to investigate how piezophiles make up for this amino-acid deficiency. We hypothesize that they produce unique proteases/ amino acid transporters to make up for this deficiency which is being studied in the first part of the project. Proteases/amino acid transporters, found to be expressed differentially/ overexpressed at HHP in the first part of the project will be used as the starting point for the internship. It will focus on investigating which of these proteases/amino acid transporters have a role on the amino-acid uptake at HHP.

Work which will be done during the internship:

Genes encoding for one/two differentially expressed proteases/amino acid transporters will be targeted for generation of gene-knockout mutants following the method of Thiel et al. (4) to observe the effect of the mutation on the growth and amino-acid uptake at HHP.

- The upstream and downstream homologous flanking regions of the gene sequences will be identified and primers will be designed for their amplification.
- The flanking regions will be recombined to form single stretches of molecule by the method of gene splicing by overlap extension.
- The resultant recombinant fragments will be inserted in the pUPH vector and these plasmids will be transformed into wild type T. barophilus to generate the gene knock-out mutants.
- These gene knockout mutants will be grown in media at HHP containing different types of amino-acids, peptides and complex protein sources and see whether the deletion of any particular protease gene has any effect on the growth of the mutants.
- The amino acid levels of the external medium and internal milieu of the organisms will be identified and quantified with the help of HPLC studies.

Expected results:

At the end of the internship, we will be able to find out whether the selected proteases/amino acid transporters have any effect on the growth and amino-acid uptake of T. barophilus at HHP.

Contact information: Dr. Trinetra Mukherjee, Email id: Trinetra.Mukherjee@univ-brest.fr



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

References:

1. Marteinsson VT (1999) *Thermococcus barophilus* sp. nov., a new barophilic and hyperthermophilic archaeon isolated under high hydrostatic pressure from a deep-sea hydrothermal vent. *Int J Syst Bacteriol* 49:351–359.
2. Vannier P, Michoud G, Oger P, et al (2015) Genome expression of *Thermococcus barophilus* and *Thermococcus kodakarensis* in response to different hydrostatic pressure conditions. *Res Microbiol* 166:717–725.
3. Cario A, Lormières F, Xiang X, Oger P (2015) High hydrostatic pressure increases amino acid requirements in the piezo-hyperthermophilic archaeon *Thermococcus barophilus*. *Res Microbiol* 166:710–716.
4. Thiel A, Michoud G, Moalic Y, et al (2014) Genetic manipulations of the hyperthermophilic piezophilic archaeon *Thermococcus barophilus*. *Appl Environ Microbiol* 80:2299–2306



Projet 23 Nom du Projet Etude de la dynamique du microbiome et du métabolome de surface chez la macroalgue *Ulva* sp.

Rapporteur 1 Karine Alain (BEEP)

Rapporteur 2 Aurélie Penaud (GEO-OCEAN)

Porteur Gwenaëlle LE BLAY

Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Biotchnologies marines

Laboratoire 1 LEMAR

Laboratoire 2 LBCM

Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Ecologie microbienne/Bioinformatique/Statistiques

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Contexte : ce stage est proposé dans le cadre de la thèse de Sauvann Paulino intitulée « Compréhension des interactions entre une macroalgue proliférante et sa communauté bactérienne ». Thèse co-encadrée par G Le Blay (LEMAR) et N Bourgougnon (LBCM). Outre les directrices de thèse, le stage sera également co encadré par S Paulino et bénéficiera de l'aide de G. Culioli (IMBE, Avignon) pour l'analyse du métabolome. Ce stage sera dédié à l'analyse des données de métabarcoding (microbiome) et des métabolites de surface de *Ulva* spp. suite aux collectes faites entre février 2021 et juin 2022. L'objectif étant de suivre la dynamique temporelle des métabolites de surface (et notamment ceux ayant un intérêt technologique) et de faire le lien avec la communauté bactérienne de l'algue. Cette demande de soutien financier est particulièrement importante pour la fin de thèse de Sauvann, au vu du temps nécessaire pour l'analyse des résultats. Le stage ne comporte pas de travail en laboratoire puisque les résultats bruts sont déjà acquis. Les résultats obtenus feront l'objet d'une publication dans le cadre de la thèse de Sauvann qui est en troisième année, la personne prise en stage sera bien sûr associée à cette publication

Projet :

Les zones côtières européennes sont confrontées depuis plusieurs années à d'importantes marées vertes de l'algue *Ulva*. L'aptitude de ces espèces à proliférer dépend de leur capacité à s'adapter aux nouvelles conditions environnementales. Parmi les différentes hypothèses concernant les capacités d'adaptation au stress, il est maintenant admis que le microbiome des macroalgues participe à cette adaptation en jouant un rôle déterminant dans leur croissance, leur santé, et leur système de défense. Les marées vertes produisent notamment des composés allélopathiques (DSM, ROS, dopamine ..) qui inhibent les herbivores et d'autres organismes marins et qui pourraient être valorisés en biotechnologie (antifouling, antimicrobien, etc.). L'analyse de la composition de la communauté épibactérienne ainsi que du paysage chimique à la surface de l'algue permettront d'avoir un meilleur aperçu de la dynamique de l'holobionte algue au cours du temps et de mieux connaître les périodes de production des métabolites d'intérêt. Dans le projet proposé, le Laboratoire de biotechnologie et chimie marines (LBCM) ainsi que le Laboratoire des sciences de l'environnements marins (LEMAR) unissent leur force pour obtenir des informations détaillées sur la dynamique de l'holobionte algue au cours du temps en lien avec le métabolome de surface et la production de métabolites d'intérêts. Des algues ont été collectées (ainsi que de l'eau et des échantillons de surface sur lesquelles étaient implantées les algues) sur un site régulièrement sujet aux marées vertes (plage de Kerleven, Finistère sud) entre Février 2021 et Juin 2022. Les algues collectées ont été identifiées (à l'aide de méthodes moléculaires). L'ADN présent à la surface des



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

algues a été extrait et envoyé à séquencer (Génome Québec) en ciblant la région V3-V4 codant pour le gène de l'ARNr 16S et permettant une affiliation taxonomique des communautés bactériennes associées à *Ulva*. Les données de métabarcoding issues du séquençage haut débit seront analysées à l'aide d'outils bioinformatiques déjà développés (pipeline Samba, Sebimer) et complétées par des analyses statistiques afin d'identifier la dynamique temporelle de la communauté bactérienne en la reliant aux paramètres environnementaux du site d'échantillonnage d'une part, et aux changements de composition et d'abondance des métabolites de surface (dont ceux connus pour leur intérêt biotechnologique) d'autre part. Ces derniers ont déjà été extraits de la surface des mêmes échantillons que ceux collectés pour les analyses de microbiome et analysés à l'HPLC-MS et clusterisés.

1) Identification de la communauté bactérienne de surface.

A chaque échantillonnage, la surface des algues a été écouvillonnée de façon stérile et les écouvillons ont été placés dans une solution tampon pour la conservation et l'extraction des ADN bactériens présents à la surface des algues et placés à -20°C jusqu'à extraction via le DNA/RNA miniprep kit ZymoBiomix (Zymo, USA). Les échantillons de Février 2021 à Février 2022 ont été extraits, quantifiés au Nanodrop et au Quantifluor et des PCR de vérification ont été effectuées en utilisant les amorces NOCHL (Thomas et al., 2020) afin de s'assurer de la présence du fragment V3V4 codant pour le gène de l'ARNr 16S. Les extraits d'ADN ont été envoyés à la plateforme de séquençage Génome Québec afin d'obtenir l'affiliation taxonomique et l'abondance relative des bactéries présentes au moment de l'échantillonnage. L'eau de mer collectée en triplicata, à chaque point d'échantillonnage a été filtrée (IFREMER) sur des membranes de polycarbonates à $0,2\ \mu\text{m}$ à partir desquelles l'ADN a été extrait au PhénolChloroforme-Isoamylcool pour les échantillonnages de Février 2021 à Février 2022 (Mancuso et al., 2016 ; Zwart et al., 1998). Des écouvillons de sédiments ont également été échantillonnés depuis Juin 2021 et l'ADN a été extrait au Phénol-Chloroforme-Isoamylcool. Les données seront ensuite traitées via le pipeline DADA2 qui permettra de visualiser la qualité des bases des reads pour ensuite les filtrer/tronquer suivant leur taille et leur qualité. Les paires de reads seront ensuite 'contiguées' selon la longueur et le nombre d'erreurs dans l'overlap renseignés. Des ASV pour 'Amplicon Sequence Variant' seront ainsi formés. Une étape de suppression des chimères sera faite puis les ASVs seront assignés avec RDP en utilisant la base de données Silva. Une table d'abondance des ASV sera générée, ainsi qu'un arbre phylogénétique associé, permettant d'effectuer des analyses statistiques et d'évaluer la diversité bactérienne présente. Contrairement aux pipelines conduisant à la formation d'OTUs, DADA2 permettra une résolution plus fine dans l'assignation taxonomique des séquences très similaires entre elles ce qui semble pertinent dans notre cas où les souches bactériennes présentes à la surface des macroalgues peuvent être très proches phylogénétiquement.

2) Identification des molécules de surface.

La méthode de trempage des algues dans des solvants d'extraction décrite par De Nys et al, 1998 a été adaptée à *Ulva* sp. Un fragment d'algue est découpé à l'aide d'un emporte-pièce et plongé brièvement (20 secondes) dans le n-hexane ou le méthanol, deux solvants d'extraction de polarité différente permettant l'extraction d'une large gamme de molécules. Les extraits de surfaces de Février 2021 à Juin 2022 ont été analysés par HPLC-MS et des standards ont été sélectionnés sur la base de la littérature et des molécules potentiellement identifiées lors d'essais préliminaires. Les données brutes LC-MS pourront ensuite être converties dans un format netCDF via le logiciel DataAnalysis (Bruker, Germany) et traitées via Workflow4Metabolomics (W4M). Les matrices obtenues devront être filtrées sur R afin de retirer les biais expérimentaux/analytiques (ratio signal/bruit, coefficient de variation et de corrélation..). Un indice de diversité alpha pourra être calculé (indice de Shannon) afin de donner une idée de la chimiodiversité des extraits de surface. Les matrices de données pourront ensuite être analysées via l'outil Metaboanalyst (Chong et al., 2018) permettant de normaliser les variables, d'effectuer des analyses multivariées et de confronter les



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

composés isolés et les standards utilisés à des bases de données pour l'annotation des spectres MS/MS.

3) Analyses prévues pour intégrer les données du métabolome et du microbiome de surface Sur R, grâce aux packages 'phyloseq' et 'vegan', une matrice de distance (Unifrac) à partir de la table de données issues du séquençage des gènes ARNr 16S et de celle des composés de surface (normalisées, annotées, avec un seuil de concentration significatif) pourra être calculée pour effectuer une analyse dbRDA pour 'distance-based redundancy analysis' (fonction : capscale) qui permet de réaliser des ordinations contraintes sur des données en utilisant des mesures de distance non euclidiennes (Paix et al.,



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

pour permettre un bon succès d'amplification, tout en restant relativement génériques pour pouvoir amplifier le marqueur COI chez l'ensemble des espèces de crabes rencontrées. Ces premiers résultats ont ainsi souligné la nécessité de travaux supplémentaires pour poursuivre et optimiser le développement des outils moléculaires. De par sa durée, un stage de M2 est apparu comme un cadre idéal pour conduire cette nouvelle étape du travail.

L'objectif du stage M2 proposé est donc de développer une approche moléculaire robuste qui soit applicable pour compléter la méthode traditionnelle d'identification taxinomique des crabes des mangroves guyanaises basée sur des critères morphologiques. Ces outils moléculaires permettront d'établir dans un premier temps la liste des crabes retrouvés sur les différents sites, puis à terme ouvriront la voie pour un suivi rigoureux de la dynamique des populations de crabes et leur connectivité avec les régions avoisinantes (i.e. Brésil, Surinam).

Les résultats de ce stage participeront à la mise en place d'un projet plus ambitieux avec des collaborations internationales (Brésil, Surinam, Italie) qui sera prochainement déposé (type ANR) sur le rôle des populations de crabes dans le fonctionnement biogéochimique des mangroves sous et hors influence amazonienne (PI : E. Michaud, LEMAR).

Méthodologie et faisabilité :

Après avoir fait un état de l'art conséquent dans le domaine, le travail de l'étudiant(e) consistera principalement à (1) poursuivre l'optimisation des protocoles d'extraction d'ADN et d'amplification par PCR pour aboutir à une méthodologie de barcoding pleinement applicable aux crabes de Guyane, (2) collecter les données de séquences pour les échantillons d'intérêt, et (3) réaliser des analyses phylogénétiques afin de déterminer l'identité taxinomique de ces échantillons. Le marqueur COI sera ciblé en priorité, et un effort notable sera mené sur le choix des amorces. Finalement, les résultats moléculaires obtenus seront utilisés pour clarifier la composition des communautés de crabes échantillonnées lors de missions et études expérimentales antérieures.

L'étude portera à la fois sur des crabes adultes et juvéniles et des stades larvaires, afin d'utiliser l'approche de taxinomie moléculaire pour offrir la possibilité d'étudier les communautés de crabes sur l'intégrité de leur cycle de vie. L'étudiant aura à disposition une banque d'échantillons issus de précédentes missions en Guyane depuis 2013 (Travaux d'E Michaud et al, équipe Discovery du LEMAR). De nouveaux échantillons, notamment des larves, seront également prélevés en Novembre 2022 par la même équipe dans le but de fournir du matériel de tests pour le stage. Le coût associé aux analyses moléculaires (env 2000 euros) sera pris en charge par un financement propre du projet « Mangroves » porté par E Michaud. L'ensemble des équipements nécessaires à la conduite des analyses moléculaires sont disponibles au LEMAR.

Pertinence de la demande :

Le travail au laboratoire sera encadré par G. Charrier et A. Bidault. La stratégie à suivre pour le choix des échantillons et l'analyse des communautés sera piloté par E. Michaud.

Si une étude exploratoire a été menée en 2019 entre les deux équipes du LEMAR (Panorama et Discovery), ce projet de stage offre une belle opportunité pour renforcer mais surtout concrétiser ces efforts menés depuis quelques années pour appliquer les outils moléculaires couramment employés dans PANORAMA aux travaux de taxinomie menés dans DISCOVERY. Il semble en effet crucial de développer au LEMAR et plus largement à l'IUEM des approches de taxinomie moléculaire au service des travaux d'écologie des communautés marines, à des fins de conservation et de durabilité des écosystèmes côtiers. Ce parallèle entre taxinomie moléculaire et taxinomie morphologique apparaît comme un complément méthodologique pertinent pour la plate-forme de taxinomie benthique envisagée à l'IUEM.

A terme, ces efforts menés en taxinomie moléculaire devraient fournir les bases méthodologiques nécessaires à l'étude du fonctionnement des populations pour les espèces de crabes les plus importantes (dynamique et génétique des populations). Cette perspective devrait ainsi contribuer de



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

façon significative à une meilleure compréhension du fonctionnement écologique des mangroves de Guyane et du rôle des crabes dans ces mangroves.

D'autre part, ce sujet de stage s'intègre parfaitement dans l'axe « SUD » de l'IUEM puisque les résultats auront pour vocation de renforcer nos capacités à étudier la dynamique des populations et le fonctionnement des écosystèmes de mangroves. Ce sujet est aussi en adéquation avec les thématiques développées dans le Groupe de Recherche LIGA (Littoral de Guyane sous influence Amazonienne) (co-dirigé par A Gardel et E Michaud, CNRS), dans la demande de renouvellement du LMI Tapioca (A Bertrand, IRD) dans laquelle le LEMAR est investi, puis dans la future demande de Réseau Thématique « Mangroves » auprès du CNRS portée par le LEMAR.

Références:

1. Aschenbroich, A., E. Michaud, T. Stieglitz, F. Fromard, A. Gardel, M. Tavares, G. Thouzeau. (2016). Brachyuran crab community structure and associated sediment reworking activities in pioneer and young mangroves of F



Projet 25 Nom du Projet Variation spatio-temporelle de la complexité structurale des herbiers de zostères et ses effets sur la biodiversité

Rapporteur 1 Nicolas Kolodziejczyk (LOPS)

Rapporteur 2 Pierre Bonnard (GEO-OCEAN)

Porteur Jacques GRALL Co - Porteur Olivier GAUTHIER

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Dynamiques historiques

Laboratoire 1 LEMAR

Laboratoire 2 LEMAR

Laboratoire 3 LEMAR

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Écologie, Biologie, Biostatistiques (Mentions Biologie ou EGEL)

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

CONTEXTE

Les relations entre la complexité des habitats, la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes est toujours un sujet d'actualité en écologie. Pendant les années 60, l'effet positif de la complexité sur la diversité des oiseaux a été quantifié (MacArthur & MacArthur, 1961). Depuis, de nombreux travaux ont rapporté des abondances et des richesses plus élevées associées à des structures 3D vivantes ou non, et le rôle facilitateur de la complexité des habitats est devenu un pilier de l'écologie (Kovalenko et al., 2012). Dans les systèmes marins, la structuration des habitats dépend souvent d'espèces ingénieurs, et notre compréhension des liens complexité-diversité et complexité-fonctionnement trouvent généralement leur origine dans les études dédiées aux espèces fondatrices. Ces espèces sont des organismes dominants et qui créent des structures biogéniques aptes à favoriser la coexistence de nombreuses espèces par l'atténuation des stress physiques et biologiques tels que l'hydrodynamisme ou la prédation (Angelini et al., 2011).

En Bretagne, les herbiers de zostères (*Zostera marina*) sont un exemple d'habitat complexe basé sur la présence d'une espèce fondatrice. La forte diversité associée à ces habitats serait en partie liée à une complexité de l'habitat accrue par rapport aux habitats non biogéniques mitoyens (Boyé et al., 2019). La variation spatio-temporelle des traits biométriques de *Z. marina* est importante en Bretagne (Boyé et al., 2021) et pourrait avoir un effet significatif sur les dynamiques temporelles des organismes associés à cette espèce fondatrice. Les études antérieures sur la complexité des habitats sont essentiellement qualitatives et les travaux quantitatifs font défaut (Tokeshi & Arakaki, 2012). Même lorsque la complexité a été quantifiée, elle l'était généralement au moyen de données biométriques spécifiques à une seule espèce, c'est souvent le cas pour les herbiers (Strydom et al., 2022).

Une grande partie des études sur la complexité des herbiers est basée seulement sur un ou deux caractères, essentiellement la densité ou la biomasse des pieds (Gartner et al., 2010; McCloskey & Unsworth, 2015), même si quelques études ont essayé de décrire la complexité de façon plus ample en combinant plusieurs métriques (Attrill et al., 2000; Jackson et al., 2006). Pour mieux comprendre les effets de la complexité, il est impératif de prendre en compte ses différentes échelles ainsi que la disposition spatiale des zostères. C'est pourquoi différentes métriques ont été proposées pour évaluer l'agrégation des plantes et leur configuration au niveau des herbiers (Frederiksen et al., 2004; Wade et al., 2018; Barnes, 2021). Néanmoins, la proposition d'une approche complète et idéalement comparable entre espèces fait défaut. En plus des données biométriques et d'imagerie, la dimension fractale, les indices d'espace interstitiel et l'utilisation de la modélisation 3D sont exemples des



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

métriques prometteuses (Tokeshi & Arakaki, 2012; Gartner et al., 2013; Reichert et al., 2017; Sadchatheeswaran et al., 2019).

OBJECTIFS

Ce stage de Master 2 a pour objectif de valoriser les données historiques du programme de suivi à long-terme REBENT (Réseau Benthique, <https://rebent.ifremer.fr/>). Des données sur la biométrie de *Z. marina* ainsi que des données sur leurs communautés benthiques associées ont été acquises pendant 15 ans (2007-2021) pour 9 herbiers en Bretagne. Au niveau des plantes, la biomasse des feuilles, des gaines et des racines, ainsi que la largeur moyenne des feuilles et la longueur des feuilles et des gaines sont disponibles. À l'échelle des herbiers, la biomasse et la densité des pieds, ainsi que la biomasse des épiphytes ont été acquises. L'étudiant.e devra se servir de cette vaste base de données pour étudier trois principales problématiques :

1. Quantifier la complexité structurelle des herbiers de zostère en utilisant des données biométriques historiques disponibles et en développant de nouvelles métriques pour décrire la complexité à l'échelle de l'habitat.
2. Étudier la variabilité temporelle et spatiale des herbiers et les facteurs environnementaux qui les déterminent.
3. Évaluer les effets de la variabilité de la complexité des habitats sur les communautés benthiques (endofaune et épifaune) liées aux herbiers (diversité alpha et beta).

QUALIFICATIONS ET COMPÉTENCES REQUISES

Étudiant.e en Master 2 spécialité écologie / biostatistiques / écologie marine. Maîtrise de R et des analyses multidimensionnelles, expérience en méthodes de terrain, capacité de révision bibliographique et rédactionnelle, créativité et autonomie.

RÉFÉRENCES

- Angelini, C., Altieri, A. H., Silliman, B. R., & Bertness, M. D. (2011). Interactions among Foundation Species and Their Consequences for Community Organization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience*, 61(10), 782–789. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.10.8>
- Attrill, M. J., Strong, J. A., & Rowden, A. A. (2000). Are macroinvertebrate communities influenced by seagrass structural complexity? *Ecography*, 23(1), 114–121. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2000.tb00266.x>
- Barnes, R. S. K. (2021). Within-species relationship of patchiness to both abundance and occupancy, as exemplified by seagrass macrobenthos. *Oecologia*, 196. <https://doi.org/10.1007/s00442-021-04985-w>
- Boyé, A., Gauthier, O., Becheler, R., Le Garrec, V., Hily, C., Maguer, M., & Grall, J. (2021). Drivers and limits of phenotypic responses in vulnerable seagrass populations: *Zostera marina* in the intertidal. *Journal of Ecology*, 00, 1–18. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13791>
- Boyé, A., Thiébaud, É., Grall, J., Legendre, P., Broudin, C., Houbin, C., Le Garrec, V., Maguer, M., Droual, G., & Gauthier, O. (2019). Trait-based approach to monitoring marine benthic data along 500 km of coastline. *Diversity and Distributions*, 25(12), 1879–1896. <https://doi.org/10.1111/ddi.12987>
- Frederiksen, M., Krause-Jensen, D., Holmer, M., & Laursen, J. S. (2004). Spatial and temporal variation in eelgrass (*Zostera marina*) landscapes: Influence of physical setting. *Aquatic Botany*, 78, 147–165. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2003.10.003>
- Gartner, A., Lavery, P. S., McMahon, K., Brearley, A., & Barwick, H. (2010). Light reductions drive macroinvertebrate changes in *Amphibolis griffithii* seagrass habitat. *Marine Ecology Progress Series*, 401, 87–100. <https://doi.org/10.3354/meps08367>



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

- Gartner, A., Tuya, F., Lavery, P. S., & McMahon, K. (2013). Habitat preferences of macroinvertebrate fauna among seagrasses with varying structural forms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 439, 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.11.009>
- Jackson, E. L., Attrill, M. J., & Jones, M. B. (2006). Habitat characteristics and spatial arrangement affecting the diversity of fish and decapod assemblages of seagrass (*Zostera marina*) beds around the coast of Jersey (English Channel). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68(3), 421–432. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.01.024>
- Kovalenko, K. E., Thomaz, S. M., & Warfe, D. M. (2012). Habitat complexity: Approaches and future directions. *Hydrobiologia*, 685(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0974-z>
- MacArthur, R. H., & MacArthur, J. W. (1961). On Bird Species Diversity. *Ecology*. <https://doi.org/10.2307/1932254>
- McCloskey, R. M., & Unsworth, R. K. F. (2015). Decreasing seagrass density negatively influences associated fauna. *PeerJ*, 3, e1053. <https://doi.org/10.7717/peerj.1053>
- Reichert, J., Backes, A. R., Schubert, P., & Wilke, T. (2017). The power of 3D fractal dimensions for comparative shape and structural complexity analyses of irregularly shaped organisms. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(12), 1650–1658. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12829>
- Sadchatheeswaran, S., Moloney, C. L., Branch, G. M., & Robinson, T. B. (2019). Blender interstitial volume: A novel virtual measurement of structural complexity applicable to marine benthic habitats. *MethodsX*, 6, 1728–1740. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.07.014>
- Strydom, S., Webster, C., O’Dea, C., Said, N., McCallum, R., Inostroza, K., Salinas, C., Billingham, S., Lafratta, A., Phelps, C., Campbell, C., Gorham, C., Dunham, N., Bern



Projet 26 Nom du Projet Etude de la réponse écophysiological d'huîtres plates exposées en mésocosmes à différentes conditions de température de pH et de contaminants microplastiques

Rapporteur 1 Thomas Gorgues (LOPS)

Rapporteur 2 Julie Perrot (GEO-OCEAN)

Porteur Ika PAUL-PONT Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Blanc

Laboratoire 1 LEMAR Laboratoire 2 Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Master 2 Recherche en biologie marine

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Les écosystèmes marins côtiers sont particulièrement affectés par les pressions climatiques et anthropiques comme le réchauffement, l'acidification des océans (GIEC 2019) et la pollution plastique (Lau et al., 2020). De manière générale, notre compréhension actuelle du devenir des habitats côtiers dans le contexte des changements environnementaux projetés dans le futur est limitée par le manque de réalisme des expériences menées en laboratoire (Riebesell & Gattuso, 2015). Généralement, les études sont réalisées sur un écosystème simplifié à l'excès ; c'est à dire dans des expériences de laboratoire en milieu contrôlé, souvent réduite à une exposition à court et moyen terme d'un unique facteur de stress sur une seule espèce à un seul stade de la vie. Ainsi chez des bivalves, les conséquences de l'acidification et du réchauffement océanique comprennent des altérations de la croissance et de la calcification (e.g. Lutier et al., 2022). De même, les microplastiques (MP), une fois ingérés par des organismes filtreurs provoquent des perturbations de la digestion, du bilan énergétique, de la reproduction allant jusqu'à impacter la descendance (Sussarellu et al 2016 ; Paul-Pont et al., 2018). Dans cette étude, nous nous intéresserons à l'huître plate européenne *Ostrea edulis*, fournissant de nombreux services écosystémiques et qui est l'une des espèces marines les plus menacées dans les environnements tempérés.

Dans ce contexte et grâce à un partenariat avec Océanopolis, le projet « Oyster Reef of Tomorrow » (dispositif Océanolab1) a pour objectif l'évaluation des effets séparés et couplés du changement global (réchauffement des océans et acidification), et des microplastiques sur un récif d'huîtres plates - et ses communautés microbiotiques et épibiontiques associées - reconstitué en milieu contrôlé. L'exposition en mésocosmes de 400L aura lieu au sein d'Océanopolis dont les capacités zootechniques permettront une exposition long terme d'1 an (démarrage novembre 2022). Un volet médiation sera associé au projet avec l'ouverture des expérimentations au public et l'utilisation d'outils de médiation développés spécifiquement par Océanopolis.

Le stage aura pour objectifs spécifiques :

- 1) Le suivi zootechnique (croissance, survie) des huîtres exposées au sein de 12 mésocosmes soumis à des conditions climatiques et anthropiques réalistes ; et le contrôle quotidien des paramètres de vie dans les aquariums (nourrissage, paramètres physico-chimiques, qualité de l'eau, etc.).
- 2) Les mesures des taux biologiques (alimentation, respiration, excrétion) des huîtres plates dans ces conditions de multi-stress. Par l'intermédiaire d'un banc écophysiological, les taux de filtration et de respiration seront mesurés en individuel à différentes périodes durant l'exposition. Ces mesures



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

permettront d'évaluer le bilan bioénergétique et de calibrer un modèle basé sur la théorie des budgets d'énergie dynamique.

3) L'échange avec le grand public autour des thématiques abordées dans ce projet lors d'actions régulières de médiation scientifique sur place, ou l'animation de stands dédiés au projet.

*Techniques utilisées : Mesures et maintien du pH et de la température de l'eau de mer, mesures biométrique (pesée, prise de longueur de coquille), production de phytoplancton en photobioréacteur, évaluation des concentrations en phytoplancton (comptage cellulaire sous microscope), chimie (calibration des sondes ; contrôle des paramètres physico-chimiques par spectrophotomètre), mesures de taux biologiques via un banc écophysio-logique, traitement de données et analyse statistique.

*Compétences souhaitées : aquariologie, connaissance du cycle de vie des bivalves, zootechnie des bivalves, production de phytoplancton en photobioréacteur.



Projet 27 Nom du Projet Accueil de Scientifiques à bord de Navires de Tourisme dans les régions polaires (Antarctique et Arctique)

Rapporteur 1 Éric Foulquier (LETG) Rapporteur 2 Frédérique Alban (AMURE)

Porteur Anne Choquet Co - Porteur Camille Lique

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Recherches Polaires

Laboratoire 1 AMURE Laboratoire 2 LOPS Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Master 2 Sciences politiques, Droit, Sociologie, Ethnographie, EGEL

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

La programmation de campagnes scientifiques dépend souvent de la possibilité d'accéder au terrain. Les porteurs de projets en région polaire voient les difficultés accentuées tant les besoins financiers et en logistique sont lourds. Le besoin d'observation est réel. Si des navires sont consacrés à la recherche et affectés à une région, les flottes océanographiques des Etats sont en nombre insuffisant. Néanmoins, des scientifiques sont accueillis à bord de navires d'opportunité pour mener leurs travaux. Ils peuvent choisir, parfois à la suite d'appels à projets, d'embarquer à bord de navires de commerce, de voiliers, de brise-glaces...

Les navires de tourisme proposent également une place particulière aux chercheurs polaires. Depuis longtemps ils les associaient à leur offre commerciale, avec des conférences de médiation scientifique et un accompagnement par des guides scientifiques. Plus récemment, certains opérateurs dessinent une nouvelle offre : un tourisme d'exploration à dimension scientifique. Des compagnies dotent leurs navires de laboratoire de recherche et proposent à des scientifiques d'embarquer à bord des bâtiments pour mener leurs travaux.

Les compagnies peuvent ainsi afficher leur soutien à la recherche polaire. La compagnie Ponant évoque « un duo gagnant entre tourisme et recherche. Allier tourisme polaire et science est une démarche aux nombreux bénéfices ! » (Escalaes, le magazine Ponant, <https://escales.ponant.com/tourisme-polaire-recherche/>). Des articles de presse présentent également l'intérêt de présences de scientifiques à bord de navires de tourisme : « tour-opérateur, agence de voyages, croisiériste, Grands Espaces a aussi un rôle de lanceur d'alerte, grâce aux informations recueillies sur le terrain par les équipes de scientifiques et de guides en mission » (TourMag, 10 décembre 2019, https://www.tourmag.com/Grands-Espaces%C2%A0-le-tourisme-pour-sensibiliser-a-la-beaute-de-la-nature_a101440.html).

Même Olivier Poivre d'Arvor, Ambassadeur pour les pôles et les enjeux maritimes, souligne l'intérêt de telles possibilités offertes aux scientifiques par la Compagnie Ponant. Dans le document de mars 2022 sur « Equilibrer les extrêmes, Stratégie polaire de la France à horizon 2030 », il est précisé que « la compagnie du Ponant qui opère dans les deux pôles, est particulièrement ambitieuse, investissant même dans ses nouvelles unités (notamment le Commandant Charcot) pour permettre l'accueil de scientifiques et de leurs recherches avec une réelle plus-value ». Puis, l'Ambassadeur précise que : « s'il ne saurait être une alternative à la disponibilité d'un brise-glace pleinement dédié à la recherche, le recours à ce navire de croisière à capacité glace, est un plus très appréciable. [...] La compagnie met actuellement en place une politique d'accompagnement scientifique reposant sur les meilleurs standards internationaux dans la sélection des projets à bord ».



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

Des appels d'offres sont lancés pour accueillir des scientifiques à bord de navires de tourisme et leur permettre non seulement de réaliser des projets de recherche mais également de bénéficier d'une prise en charge des frais de voyage et d'expédition du matériel.

Pourtant, la question de l'accueil des scientifiques à bord de navires de tourisme dans les régions polaires est au cœur de discussions dans la communauté scientifique française notamment suite à l'enquête menée à l'initiative de la Compagnie Ponant. En avril 2022, il a été proposé aux scientifiques travaillant sur les pôles de manifester leur intérêt pour l'initiative de la compagnie Ponant d'accueillir des scientifiques à bord du navire Le Charcot. L'enquête était présentée comme « une enquête nationale afin de mieux cerner le potentiel et les attentes de la communauté scientifique française investie aux pôles, par rapport à l'offre de la compagnie d'accueillir gratuitement des scientifiques à bord du navire brise-glace ».

L'initiative a entraîné une réaction vive du groupe Scientist Rebellion créé sur le modèle des militants climat d'Extinction Rebellion. Le formulaire en ligne a fait l'objet d'une « action contre la marchandisation des pôles sous couvert d'aide à la science ». Une action de type troll a été proposée pour « saturer le site en formulaires bidons afin de rendre cette enquête inexploitable et de dénoncer cette supercherie ».

L'initiative a également entraîné des discussions et débats au sein de la communauté scientifique. Ce fut le cas, par exemple, lors de la réunion de l'axe polaire de l'IUEM en mai 2022. Ce fut le cas également lors des journées scientifiques du Comité National Français des Recherches Arctiques et Antarctiques à Toulouse en mai 2022. Plus récemment, le 2 septembre 2022, Alexandre-Reza Kokabi publiait l'article « Étudier les pôles sur un paquebot de luxe ? Le malaise des scientifiques » (<https://reporterre.net/Etudier-les-poles-a-bord-d-un-paquebot-de-luxe-Le-malaise-de-la-communauté-scientifique>).

Pour un scientifique, le choix d'embarquer à bord d'un navire de tourisme n'est pas aussi simple qu'il n'y paraît. S'il peut être vu dans les offres des opérateurs touristiques l'intérêt de disposer d'un moyen d'accéder au terrain, voire une certaine aubaine pour financer la recherche dans les pôles, se posent également des questions d'éthique. En effet, un croisiériste est rarement un philanthrope. Il reste avant tout une entreprise à la recherche de profits. La question de l'éco-blanchiment (ou greenwashing) est souvent soulevée.

Peut-on accepter un décloisonnement du tourisme et de la science pour une co-production de la connaissance alors que la science pourrait devenir une excuse à des activités touristiques? Comment concilier science et tourisme ?

L'objectif du stage sera de réfléchir à l'acceptabilité sociale des scientifiques sur le sujet de l'accueil de scientifiques à bord de navires de tourisme (retombées versus risques). Il s'agira également de réfléchir aux mesures qui pourraient être prises pour inciter les croisiéristes à adopter un comportement plus responsable face aux scientifiques.

Il sera proposé à l'étudiant.e de

- Réaliser une revue de littérature sur l'accueil de scientifiques à bord de navires d'opportunité
- Procéder à une analyse comparative
 - o D'offres proposées par des croisiéristes polaires à des scientifiques
 - o Des approches marketings retenues par les croisiéristes sur l'accueil de scientifiques à bord de leurs navires dans les régions polaires
- Collecter et analyser des informations auprès des acteurs ressources institutionnels, économiques ou associatifs
- Mener une étude quantitative et une étude qualitative menée auprès des scientifiques sur leurs attentes et leur position face aux offres des croisiéristes dans les régions polaires
- Mener une étude qualitative auprès d'opérateurs touristiques sur les raisons d'être de leurs offres d'accueillir des scientifiques, sur les relations entre le scientifique, l'entreprise d'accueil et l'employeur du scientifique, et sur leurs engagements pris en faveur des scientifiques



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

- De préparer des livrables et notamment la construction d'une analyse (ou matrice) AFOM (atouts, faiblesses, opportunités, menaces) de l'accueil de scientifiques à bord des navires de tourisme. Cette analyse pourra être faite du côté des scientifiques, mais également du côté des opérateurs touristiques
- Faire force de propositions pour une acceptabilité sociale des scientifiques sur le sujet de l'accueil de scientifiques à bord de navires de tourisme

L'étude est proposée par des chercheuses de l'axe polaire de l'IUEM relevant de deux laboratoires différents de l'IUEM (LOPS et AMURE). Toutes deux sont fortement impliquées dans les réseaux polaires. La ou le stagiaire sera accueilli.e à AMURE, encadré par Anne Choquet, et co-encadré par Camille Lique au LOPS au sein duquel une équipe de scientifiques collabore avec un croisiériste pour un projet scientifique.

L'étude pourra profiter du soutien de partenaires de la chaire « enjeux polaires » en préfiguration au sein de l'IUEM et notamment de croisiéristes. L'un des trois axes de recherche de la chaire est : « penser les pratiques d'une approche responsable des acteurs polaires ». D



Projet 28 Nom du Projet Bactériote vs coelomocytes chez l'holothurie, *Holothuria forskali*

Rapporteur 1 Gauthier Schaal (LEMAR)

Rapporteur 2 Florian Sévellec (LOPS)

Porteur LE CHEVALIER Patrick Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Biotchnologies marines

Laboratoire 1 LBCM Laboratoire 2 Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Master II/ stage final Ingénieur

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Dans un contexte de crise conchylicole et de gestion raisonnée de la ressource, la diversification vers la production de nouvelles espèces devient un enjeu essentiel et ce, afin de pérenniser les activités primaires littorales.

Ainsi, les holothuries de par leur intérêt commercial possèdent un potentiel de ressources, à ce jour inexploité en Europe. Par ailleurs en raison de leur comportement alimentaire détritivore/psamivore, elles ont un rôle écologique majeur pour le bon fonctionnement des écosystèmes dans lesquels elles vivent. L'holothurie est donc un animal rendant des services écosystémiques et de ce fait, son élevage, seul ou en polyculture, offre de nombreuses perspectives pour une aquaculture durable.

Le LBCM a participé au projet HoloFarm regroupant 4 laboratoires académiques, une entreprise privée et un centre technologique et ayant pour objet la mise au point des protocoles d'élevage de l'holothurie, et notamment de l'espèce locale, l'holothurie noire, *Holothuria forskali*. Dans ce projet, le LBCM a inventorié le microbiote bactérien dans différents compartiments d'*Holothuria forskali*, et a par ailleurs isolé à partir du liquide coelomique une bactérie de genre *Pseudoalteromonas* sp cfHf 56-1, possédant une activité anti-microbienne. L'étude de la cohabitation entre coelomocytes et bactériote mérite une attention toute particulière.

Sujet de stage

Le stage s'articule en 2 parties :

- Evaluation de la réponse immunitaire de coelomocytes d'holothuries in vitro lors de leur exposition avec différentes bactéries :

Différents tests biochimiques et enzymatiques ainsi que des analyses en microscopie seront mis en œuvre afin de déterminer la réponse au stress des cellules immunitaires (coelomocytes) de l'holothurie noire, *H. forskali*. Des analyses de détermination de métabolites secondaires compléteront ces données et seront conduites avec le laboratoire irlandais, « Marine Biodiscovery Laboratory », du Pr Olivier Thomas, NUI Galway.

- Caractérisation génomique et métabolique de la souche *Pseudoalteromonas* cfHf 56-1 :

Par une annotation et par une exploration du génome (génome déjà partiellement séquencé) en collaboration avec l'Institut Pasteur (Dr Olivier Chesneau).

Par une purification bio-guidée, puis par une caractérisation chimique des composés anti-microbiens produits par la souche bactérienne, *P. sp* cfHf 56-1, provenant du liquide coelomique :

Candidat-e



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

De formation Master de biotechnologie, de biologie cellulaire ou de microbiologie, le (la) candidat(e) utilisera différentes techniques en microbiologie, en biochimie, en chimie analytique, en biologie moléculaire, en biologie cellulaire, en microscopie photonique et électronique et en bio-informatique.



Projet 29 Nom du Projet Distribution des acides gras polyinsaturés à longue chaîne n-3 (AGPI-LC n-3) au sein des communautés de plancton du plateau sud-sénégalais (campagne SCOPES)

Rapporteur 1 Karine Rehel (LBCM)

Rapporteur 2 Mourad Kertous (AMURE)

Porteur MACHU

Co - Porteur Philippe SOUDANT

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Au Sud

Laboratoire 1 LOPS

Laboratoire 2 LEMAR

Laboratoire 3 LEMAR

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM Stage de Master 2

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Les acides gras polyinsaturés à longue chaîne n-3 (AGPI-LC n-3) sont des molécules essentielles produites à la base du réseau trophique marin et sont indispensables au fonctionnement des écosystèmes et à la santé des humains (Ruess et Müller-Navarra, 2019), et sont acquis au travers du régime alimentaire (Arts et al., 2001). La principale source d'oméga-3 dans les systèmes aquatiques est le phytoplancton, à partir duquel les oméga-3 sont transférés et bio-accumulés dans la chaîne alimentaire du zooplancton et aux niveaux trophiques supérieurs.

Les systèmes d'upwelling de bord est (EBUS) sont les systèmes marins les plus productifs de la planète. Ils ne couvrent qu'une faible surface des océans mais représentent 25 % des captures mondiales de poissons. Dans les EBUS, le nitrate et d'autres nutriments sont transportés vers la surface pour favoriser la production phytoplanctonique dominée par les diatomées qui sont des producteurs connus d'oméga-3. L'azote est un nutriment essentiel pour les producteurs primaires et peut être fourni aux eaux de surface sous forme de nitrate remontant des profondeurs, ou sous forme d'ammonium et d'autres formes d'azote régénéré recyclé in situ.

Les types et contenus en AGPI-LC 3 varient en fonction des communautés de phytoplancton (Puccinelli et al., 2021) et en fonction des conditions synoptiques (upwelling/downwelling ; Puccinelli et al., in prep). Les changements dans la composition de la communauté peuvent donc entraîner des variations dans le transfert des oméga-3 aux consommateurs, ce qui affecte finalement l'approvisionnement en oméga-3 tout au long du réseau alimentaire (Bermúdez et al., 2016 ; Garzke et al., 2016). Par exemple, les variations interannuelles de contenu en acides gras des petits poissons pélagiques dans le courant de la Californie ont été attribuées au passage d'une source alimentaire dominée par les dinoflagellés à une source alimentaire dominée par les diatomées (Litz et al., 2010).

Ce projet évaluera la distribution horizontale et verticale des AGPI-LC n-3, y compris les acides gras essentiels 20:5n-3 et 22:6n-3, dans la matière organique en suspension (SPOM) collectée sur le plateau sud-sénégalais en fin d'année 2022 (campagne SCOPES ; projet ANR SOLAB). Les objectifs sont d'explorer l'origine et le devenir des AGPI-LC n-3 essentiels au sein des différentes sous-provinces biogéochimiques du plateau que sont la bande innershelf, siège d'une forte activité de régénération de la matière organique ; la plume d'upwelling alimentée par des nutriments inorganiques ; et les eaux du large caractérisé par des eaux de surface oligotrophes, un minimum d'oxygène peu profond et un maximum de chlorophylle profond. Il s'agira aussi de sélectionner des acides gras spécifiques des différentes classes (sens phylogénétique) de phytoplancton et des processus significatif de l'activité du zooplancton afin de mieux identifier les sources d'AGPI-LC n-3. L'évolution des communautés de phytoplancton et de leur contenu en acides gras sera également



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

étudié grâce au suivi d'une masse d'eau fraîchement transportée en surface grâce à l'expérience de suivi lagrangien prévue pendant la campagne SCOPES. Enfin, les teneurs en AGPI-LC n-3 seront utilisées pour discuter de la qualité nutritionnelle de la SPOM en fonction des régimes de productivité. Cette étude apportera donc des résultats nouveaux et pertinents sur la dynamique des AGPI-LC n-3 au sein des communautés de plancton dans un système d'upwelling dont Puccinelli et al. (2021) écrivent : « Note, however that limited information is available on omega-3 in EBUS, especially for the Canary system, precluding our ability to generalize while also highlighting the need for further investigations ».

Le stage se déroulera au Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR) sous la responsabilité de G. Schaal (MCF UBO, LEMAR) et E. Machu (CR IRD, LOPS). Il impliquera l'exploitation des échantillons obtenus lors de la campagne océanographique SCOPES (14/12/2022-09/01/2023) à bord du NR Thalassa faisant partie du projet ANR SOLAB. L'étudiant(e) sera chargé(e) de l'analyse des lipides et des acides gras de la SPOM collectée au cours de cette campagne et des analyses statistiques (analyse des composantes principales, analyse de variance et des analyses de régression) pour identifier les principaux facteurs de variabilité des profils d'acides gras obtenus. Cette étude contribuera également au projet EUR ISblue OMEGA.

Références

- Arts, M. T., Ackman, R. G., and Holub, B. J. (2001). "Essential fatty acids" in aquatic ecosystems: a crucial link between diet and human health and evolution. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58, 122–137. doi: 10.1139/f00-224
- Bermúdez, J. R., Riebesell, U., Larsen, A., and Winder, M. (2016). Ocean acidification reduces transfer of essential biomolecules in a natural plankton community. *Sci. Rep.* 6:27749. doi: 10.1038/srep27749
- Garzke, J., Hansen, T., Ismar, S. M. H., and Sommer, U. (2016). Combined effects of ocean warming and acidification on copepod abundance, body size and fatty acid content. *PLoS One* 11:e0155952. doi: 10.1371/journal.pone.0155952
- Litz, M. N. C., Brodeur, R. D., Emmett, R. L., Heppell, S. S., Rasmussen, R. S., O'Higgins, L., et al. (2010). Effects of variable oceanographic conditions on forage fish lipid content and fatty acid composition in the northern California Current. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 405, 71–85. doi: 10.3354/meps08479
- Puccinelli, E., Sardenne, F., Pecquerie, L., Fawcett, S. E., Machu, E., & Soudant, P. (2021). Omega-3 pathways in upwelling systems: the link to nitrogen supply. *Frontiers in Marine Science*, 8, 664601.
- Ruess, L., and Müller-Navarra, D. C. (2019). Essential biomolecules in food webs. *Front. Ecol. Evol.* 7:269. doi: 10.3389/fevo.2019.00269

Projet 30 Nom du Projet Optimisation d'un modèle cellulaire de palourde pour l'évaluation des risques en milieu marin.

Rapporteur 1 Anne Godfroy (BEEP) Rapporteur 2 Julie Perrot (GEO-OCEAN)

Porteur Stéphanie MADEC Co - Porteur
Axe transverse IUEM (le cas échéant) Biotchnologies marines

Laboratoire 1 LEMAR Laboratoire 2 Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé Autre Master Biologie Santé

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Le littoral est soumis à une forte pression anthropique qui fragilise les écosystèmes côtiers. Certains estuaires très dégradés en raison des rejets urbains et agricoles se retrouvent chargés notamment en métaux lourds, résidus de médicaments, biocides, composés anti-fouling (AF).

De nombreuses publications démontrent la toxicité de polluants chimiques sur les bivalves marins en décrivant les effets néfastes sur l'immunité, les paramètres énergétiques, l'activité des enzymes anti-oxydantes et de biotransformation, les niveaux de glutathion réduit, le système nerveux, les capacités anti-oxydantes, le stress oxydatif...Des preuves limitées suggèrent que certains AF peuvent être toxiques en perturbant la fonction mitochondriale et les réponses immunitaires. La mitochondrie ayant récemment été reconnue comme un centre de signalisation pour les réponses immunitaires, les AF pourraient favoriser la perturbation immunométabolique et la sensibilité aux maladies chez les organismes côtiers.

Cependant, en raison de la grande variété des polluants, il est difficile de prévoir les effets indésirables à l'échelle de l'organisme. Les tests de toxicité in vitro ont été appliqués dans les programmes d'évaluation des risques en tant qu'outils prometteurs pour surmonter ce défi, mais ils reposent principalement sur des modèles de vertébrés. Il est donc indispensable d'adopter des approches innovantes pour évaluer les risques chimiques d'une manière pertinente pour les invertébrés côtiers.

Actuellement, un modèle de culture cellulaire utilisant des cellules immunitaires de l'huître côtière *Crassostrea gigas* est en cours de développement. Nos derniers résultats montrent que les hémocytes des huîtres *C. gigas* peuvent être cultivés pendant des périodes plus longues (13 jours) que celles déjà décrites dans la littérature (maximum 4 jours). La coloration MGG a fourni des preuves solides que les cellules maintenues en culture étaient bien des hémocytes. Plusieurs tests de santé cellulaire et marqueurs morphologiques ont été adaptés au format microplaque 96 puits, ce qui permet non seulement de réaliser les tests sans perturber les cultures (pas d'étape de détachement des cellules adhérentes), mais aussi d'obtenir une évaluation de la santé cellulaire à haut débit pour des applications futures. D'autres tests de fonctionnalité cellulaires sont en cours de développement.

La culture des hémocytes de palourde a également été initiée. Les premiers essais ont été réalisés avec un milieu plus synthétique que celui utilisé pour les cellules d'huîtres et montrent également des résultats intéressants en termes de durée de culture et d'évolution des populations hémocytaires. Par contre, les tests de morphologie et de santé cellulaire ont été réalisés après une étape de détachement des cellules, ce qui pourrait causer un stress cellulaire.



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

L'objectif du stage de Master 2 sera de reproduire les conditions de culture et les tests de fonctionnalité cellulaire des hémocytes d'huîtres à la culture des hémocytes de palourdes. L'étudiant(e) travaillera en binôme avec la post-doctorante en charge de développer la culture hémocytaire d'huître. En fin de stage, une exposition de la culture hémocytaire de palourde avec des algues toxiques et des composés AF naturels d'origine marine de la collection de Biodimar est envisagée. Une publication des résultats est prévue.

Cette étude participera dans un premier temps à la standardisation de deux modèles cellulaires de bivalves qui permettront de tester plus facilement l'effet de mélanges de polluants, d'étudier plus finement à l'échelle cellulaire les mécanismes impactés et d'étudier également in vitro l'effet de toxines algales ou de bactéries sur les cellules des bivalves marins.

A terme, le projet vise à appliquer ces nouveaux modèles cellulaires marins à la prédiction des risques à haut débit et à l'étude de mécanismes d'immunotoxicité d'un large panel de molécules synthétiques et naturelles.



Projet 31 Nom du Projet Impact de l'éolien en mer sur les recettes fiscales des communes (EOLFIN)

Rapporteur 1 Ingrid Peuziat (LETG)

Rapporteur 2 Bruno Blanke (LOPS)

Porteur Mathieu Leprince

Co - Porteur

Axe transverse IUEM (le cas échéant) Nouveaux Usages et Energies Marines Renouvelables

Laboratoire 1 AMURE

Laboratoire 2

Laboratoire 3

Cursus du stagiaire envisagé SML IUEM économie (master E2AME, master EET, et autres)

Nombre de mois du stage (demandés) 6

Projet du stage

Le stage de M2 EOLFIN a pour objectif d'analyser les effets sur les recettes fiscales des communes du développement de l'éolien en mer et de proposer une comparaison avec les effets observés dans le passé du développement des filières de l'éolien terrestre et du nucléaire sur les mêmes recettes fiscales des communes. Selon les annonces d'E. Macron en 2022, 50 parcs éoliens verraient le jour en France d'ici 2050. Le sujet de stage de M2 s'inscrit dans le champ de l'économie publique, de l'économie régionale et de l'économie politique. Le travail de stage en M2 viserait trois types de résultats.

Le principal objectif du stagiaire sera de proposer une première évaluation des effets sur les recettes fiscales communales du développement de la filière de l'éolien en mer. Une taxe sur les éoliennes en mer va produire en 2022 ses premières recettes, notamment à Saint Nazaire, mais l'évaluation de son rendement reste incertaine dans les publications des porteurs de projet. Le stagiaire cherchera donc à simuler le rendement communal de cette taxe, puisqu'elle bénéficiera aux communes littorales d'où des installations sont visibles, en fonction de la distance et de la population de ces communes.

Mais le développement des parcs éoliens en mer ne concerne pas seulement la taxe sur les éoliennes en mer : sont aussi impactées les recettes tirées de nombreux impôts payés par les activités économiques aux collectivités locales (imposition forfaitaire des entreprises de réseau (IFER), cotisation foncière des entreprises (CFE) et autres) et les recettes fiscales de collectivités plus éloignées des parcs éoliens en projet, par exemple dans le cadre du développement de l'activité portuaire dans des communes servant de base de maintenance. Le deuxième objectif du stagiaire sera donc de repérer géographiquement, à l'échelle communale et pour deux cas d'études (parc de St Nazaire et parc St Brieuc), quelles sont les principales implantations de la filière de l'éolien en mer et d'étudier comment évoluent en 2022 les recettes des communes concernées par la filière (au-delà des seules communes littorales et au-delà de la seule fiscalité de l'éolien en mer).

Enfin, le troisième objectif sera d'analyser quelle a été l'importance de l'impact des filières de l'éolien terrestre et du nucléaire sur la géographie de la richesse fiscale communale depuis le début des années 1980, afin de nourrir une analyse comparative avec l'éolien en mer. Le stagiaire pourra mobiliser les données annuelles depuis 1982 qui sont en cours de demande auprès du Comité du secret statistique : données dites REI pour « Recensement des éléments d'imposition » et disponibles auprès de la DGFIP (<https://www.casd.eu/source/recensement-des-elements-dimposition/>). L'enjeu sera de proposer une analyse longitudinale du rendement fiscal de l'implantation des éoliennes terrestres et/ou des centrales nucléaires (environ 50 centrales sur 18 sites en France).

Le stagiaire sera accueilli 6 mois au sein de l'UMR AMURE et pourra participer aux travaux qui vont mobiliser une quinzaine de chercheurs d'AMURE, et de nombreux autres au sein de l'IUEM (LOPS et



Conseil Scientifique - stages 2022/2023

LETG notamment) dans le cadre d'un projet financé par l'Ademe. Un financement de contrat doctoral Ademe est déjà acquis pour 3 ans à la rentrée 2023, pour une thèse en économie que je dirigerai. Le recrutement du stagiaire de M2 permettrait donc également de disposer d'un étudiant déjà mobilisé sur le sujet, et éventuellement candidat au portage du projet de thèse.