

**Acronyme : HARn'Bi**

### Identification du projet

Intitulé du projet	Conséquences des efflorescences de microalgues toxiques sur la reproduction et le développement des mollusques bivalves d'intérêt commercial
Mots clés	HAB, bivalves, reproduction, transcriptomique, épigénétique

### Organisme de tutelle : encadrement et unité de recherche

#### Unité de recherche

Nom de l'unité	<a href="#">Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin</a>
Acronyme de l'Unité (umr xx, ....)	UMR 6539 LEMAR
Nom et prénom du responsable	Sarthou Géraldine
Le cas échéant, nom de l'équipe de recherche	<a href="#">PANORAMA</a> : Physiologie intégrative et adaptation des organismes marins : du gène à la population
Le cas échéant, nom du responsable de l'équipe de recherche	Hélène Hégarret – Caroline Fabioux – David Mazurais
Activités de recherche et point fort de l'équipe	L'équipe PANORAMA s'appuie sur des compétences pluridisciplinaires, de l'observation in situ et de l'expérimentation pour comprendre et prédire les impacts des forçages environnementaux sur les organismes, aux échelles d'organisation biologique allant du gène à l'individu.

#### Directeur de thèse

Nom et Prénom	<a href="#">Fabioux Caroline</a>
Adresse électronique	Caroline.Fabioux@univ-brest.fr
Tel	+33 2 98 49 87 44
Unité de Recherche	UMR 6539 LEMAR

#### Co-directeur de thèse – si nécessaire

Nom et Prénom	Rivière Guillaume
Adresse électronique	guillaume.riviere@unicaen.fr
Tel	+33 2 31 56 51 13
Unité de recherche	BOREA_Laboratoire de biologie des organismes et des écosystèmes aquatiques
Etablissement de tutelle	Université Caen Normandie

## Co-encadrant (s) de thèse – si nécessaire

Nom et Prénom	Hégaret Hélène
Adresse électronique	Helene.Hegaret@univ-brest.fr
Tel	+33 2 98 49 88 01
Unité de recherche	UMR 6539 LEMAR

## Description du projet

Lieu principal de déroulement du projet en Bretagne : Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (UMR 6539 LEMAR)

### Résumé synthétique du projet :

Les efflorescences de microalgues toxiques (Harmful Algal Blooms\_HAB) sont devenues un problème majeur pour la durabilité des écosystèmes marins dans le monde entier (Accords de Paris 2017, IOC-UNESCO). Les phycotoxines les plus étudiées sont celles qui sont dangereuses voire mortelles pour l'homme par le biais de la consommation de coquillages contaminés. Lors d'épisodes de contamination dépassant les seuils sanitaires autorisés, les pertes économiques sont majeures du fait des interdictions de pêche et de vente des coquillages. Ces phycotoxines, mais aussi d'autres que l'on découvre depuis quelques années comme les ichthyotoxines, apparaissent également très toxiques pour les espèces marines. Les mollusques bivalves filtreurs, en tant que consommateurs primaires, sont les premiers touchés par ces substances toxiques qui pourraient notamment impacter leur reproduction et par conséquent le renouvellement des populations, avec des impacts économiques négatifs importants pour les espèces d'intérêt commercial. Dans ce contexte, l'objectif de cette thèse sera de comprendre les conséquences directes et trans-générationnelles d'une exposition des bivalves aux microalgues toxiques. La toxicité de plusieurs espèces de microalgues proliférant régulièrement en France, et en particulier en Bretagne sera évaluée sur les principaux traits de vie liés à la reproduction et au développement d'espèces de bivalves d'intérêt commercial (huître creuse, moules, coquilles Saint-Jacques, pétoncle). Des approches de transcriptomique, d'épigénétique et de génétique seront développées sur les couples bivalves/microalgues les plus problématiques, pour comprendre les modes d'action des toxines sur les voies de signalisation moléculaires des bivalves, comment une exposition des coquillages en période de reproduction peut impacter les générations suivantes et si les HAB pourraient représenter une pression de sélection pour les populations naturelles et exploitées.

### Hypothèses, questions posées, points de blocage, approche méthodologique, technique :

L'anthropisation des zones côtières et le réchauffement climatique entraînent des événements HAB plus fréquents au niveau mondial. En France, les HAB se produisent souvent pendant la période de reproduction des bivalves, avec des conséquences potentielles importantes, mais non estimées, sur les populations naturelles et cultivées. Aux États-Unis, les HAB du genre *Karenia*, ont localement induit la faillite de la pêche au pétoncle, en raison d'un défaut de reproduction, engendrant une perte de 3 millions de dollars. Nos récentes études expérimentales montrent que le dinoflagellé *Alexandrium minutum* affecte sévèrement les gamètes, le développement et la fixation des larves d'huître (Le Goïc et al., 2013 & 2014 ; Castrec et al., 2019 & 2020).

Jusqu'à présent, les HAB ont été principalement étudiés pour leurs toxines provoquant des symptômes chez l'homme (toxines paralysantes, amnésiantes, diarrhéiques), mais elles peuvent produire aussi d'autres composés bioactifs chimiquement inconnus (Long et al., 2021) bien plus toxiques pour les espèces marines. Par ailleurs, des espèces de microalgues émergentes et ichthyotoxiques ont été observées le long des côtes françaises ou européennes (Nézan et al., 2014). Leurs effets sur les organismes marins sont inconnus. Tous ces éléments indiquent qu'il est urgent de caractériser la toxicité des HAB qui prolifèrent le long de nos côtes sur les bivalves d'intérêt commercial et d'analyser les conséquences sur ces populations et en particulier leur impact sur la reproduction et le recrutement larvaire. C'est ce que nous proposons avec ce projet de thèse qui s'inscrit dans le projet ANR HABIS

« Harmful Algal Blooms: a threat for sustainability of exploited Bivalves » (2023-2027) porté par le LEMAR.

La thèse sera découpée en trois axes interconnectés.

- 1) Décrypter les mécanismes qui sous-tendent la toxicité des composés extracellulaires bioactifs (BEC) d'*A. minutum* sur les gamètes d'huître *Crassostrea gigas* et leurs descendants, modèle pour lequel nous avons déjà des données. Nous mènerons des approches i) moléculaire en transcriptomique (RNAseq) pour mettre en lumière les réseaux moléculaires impactés, ii) cellulaire par cytométrie en flux et microscopie électronique pour visualiser les éventuels effets cytolytiques des BEC que nous supposons et iii) épigénétique pour tester l'implication des marques méthyl dans la transmission transgénérationnelle des effets négatifs des BEC.
- 2) La question des interactions ubiquistes ou spécifiques entre microalgues toxiques et bivalves sera posée. Sur deux ou trois couples bivalves/microalgues, sélectionnés en amont dans le projet HABIS grâce à un screening des couples bivalves/microalgues toxiques en biotests sur les gamètes et les larves de bivalves, nous réaliserons des expositions systématiques des adultes en gamétogenèse, des embryons et des larves. Les mécanismes physiologiques (investissement reproducteur), cellulaires (qualité des gamètes par cytométrie et test de fécondation *in vitro*) et moléculaires (expression de gènes candidats par PCR quantitative) affectés par l'exposition aux HAB seront analysés.
- 3) Des analyses génomiques sans *a priori* par RADseq seront réalisées sur des embryons avant et après exposition à une microalgue toxique pour déterminer si les HAB peuvent constituer une pression de sélection différentielle lors des premiers stades de vie. Ce travail sera réalisé sur le couple considéré comme le plus pertinent des axes 1 et 2.

Ce projet nécessite de maîtriser la reproduction contrôlée et l'élevage embryo-larvaire des bivalves. Le LEMAR possède toute l'expertise et les dispositifs techniques nécessaires, mis à part pour les pectinidés (Coquille Saint-Jacques et pétoncles) pour lesquelles les expérimentations seront réalisées à l'écloserie du Tinduff. De même, la culture des microalgues toxiques nécessaires aux expositions des bivalves au laboratoire est maîtrisée par les différents partenaires du projet HABIS.

#### **Environnement scientifique, positionnement dans contexte régional/national/international :**

La thèse bénéficiera d'un environnement scientifique foisonnant. Elle sera réalisée au LEMAR (IUEM, UBO) en collaboration avec le laboratoire BOREA (UniCaen). Le sujet est en parfaite adéquation avec l'axe 2, Plasticité phénotypique en réponse aux contraintes d'origine anthropique et aux microalgues toxiques : approche écotoxicologique, de l'équipe PANORAMA du LEMAR. L'approche écotoxicologique qui sera menée nourrira les axes transverses LEMAR « ETIC : Exposition, transfert et impacts écotoxicologiques des contaminants dans le milieu marin » et « PEPS : physiologie et écologie des organismes photosynthétiques » de par le travail qui sera mené sur les espèces de microalgues toxiques. Localement, ce sujet est dans la logique de l'EUR ISblue, thèmes 4 « L'océan vivant et les services écosystémiques », et 3 « La durabilité des systèmes côtiers » du fait de sa forte composante socio-économique. Le/la doctorant(e) bénéficiera ainsi de la dynamique ISblue pour l'ouverture à l'international et le lien entre recherche et formation. Positionné en zone côtière notamment en rade de Brest, cette thèse alimentera la dynamique du thème 3 « Durabilité entre conservation, restauration, exploitation et usages » de la Zone Atelier Brest Iroise (ZaBri).

A l'échelle régionale, la pêche et la conchyliculture sont des activités socio-économiques et patrimoniales de premier ordre et leur gestion durable est une priorité pour la Bretagne. Mais les résultats de ce projet seront transférables à l'échelle mondiale. En effet, les océans fournissent la plus grande partie des protéines consommées par l'homme et cette part augmentera avec l'augmentation de la population. Or, les HAB pourraient remettre en question la durabilité de ces écosystèmes côtiers et des socio-écosystèmes qui en dépendent. En accord avec les Objectifs de développement durable 2 « Faim zéro » et 14 « Vie aquatique », cette thèse participera à l'acquisition de connaissances scientifiques sur la vulnérabilité de ces ressources.

**Collaborations scientifiques (nature/partenariat/pays) et partenariat socio-économique envisagé :**

La thèse sera réalisée principalement au laboratoire LEMAR de l'IUEM mais inclus, au niveau national, une collaboration importante (co-direction) avec le laboratoire BOREA de l'UniCaen où le(la) doctorant(e) travaillera quelques mois sur les approches en épigénétique, avec Guillaume Rivière, expert de l'épigénétique chez les bivalves marins, et en lien avec la plateforme bioinformatique de l'Ifremer (Datarmor – SeBiMer). La thèse s'inscrit pleinement dans l'axe 4 du projet ANR HABIS incluant plusieurs partenaires scientifiques tous experts des microalgues toxiques et de leurs toxines ou de la physiologie et de la reproduction des mollusques bivalves (M. Lassudrie, LER-BO Ifremer Concarneau ; D. Réveillon, PHYTOX ifremer Nantes), ainsi que des collaborations locales avec l'écloserie du Tinduff, unique écloserie en Europe spécialisée dans la reproduction de la coquille Saint-Jacques. Nous aurons également la possibilité d'interagir avec l'écloserie d'huître plate de Porscav.

La problématique des efflorescences de microalgues toxiques et leurs impacts sur les ressources marines étant une problématique mondiale, nous travaillons depuis des années en collaboration avec des chercheurs de plusieurs pays, par le biais de projets internationaux ou de séjours sortants/entrants d'étudiants ou de séjours de chercheurs invités comme avec le Brésil (Mirella DaSilva), les Etats-Unis (Gary Wikfors), l'Espagne (Juan Blanco) par exemple. Ce projet s'insère aussi dans le projet de collaboration Catalyst seedings (2022-2024), porté par Anne Rolton Vignier entre le Cawthrow Institute (Nouvelle-Zélande), le CNRS-LEMAR (H. Hégaret) et Ifremer LER-BO (M. Lassudrie) autour de l'effet des HAB sur la reproduction des huitres *C. gigas*, qui pourrait potentiellement inclure un séjour de recherche en Nouvelle Zélande pour le doctorant.

**Demande de (co)financement ISblue****Vous sollicitez un financement ISblue,**

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

**Expliquez/précisez en quelques lignes dans quelle mesure votre demande correspond à l'un ou plusieurs des critères ISblue ci-dessous :****1- Originalité, impact potentiel du projet (4 lignes maxi)**

Ce projet entre recherche fondamentale et appliquée apportera des connaissances sur l'impact des efflorescences de microalgues toxiques (HAB), établies et émergentes, sur la durabilité des socio-écosystèmes liés à la pêche et à la conchyliculture. L'une des originalités de ce projet est la prise en compte des effets transgénérationnels des HAB sur les bivalves par l'étude des mécanismes épigénétiques.

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

Les efflorescences de microalgues toxiques sont un problème majeur dans le monde entier. Aussi les résultats acquis dans ce projet seront transférables à l'échelle internationale. De plus, le(la) doctorant(e), collaborera avec le Cawthrow Institute (Nouvelle-Zélande), potentiellement au travers d'un séjour de recherche, dans le cadre du projet Catalyst seedings (2022-2024), dont le CNRS-LEMAR est partenaire (H. Hégaret).

**3- Effet intégrateur entre unités de recherche et / ou interdisciplinarités (4 lignes maxi)**  
La thèse est intégrée dans le projet ANR HABIS « Harmful Algal Blooms: a threat for sustainability of exploited Bivalves » porté par le LEMAR. Le doctorant travaillera en collaboration avec les chimistes qui caractériseront les toxines des microalgues étudiées mais aussi avec les modélisateurs car les résultats de la thèse implémenteront les modèles bioénergétiques. Il s'impliquera aussi activement dans la tâche 5 de transfert des connaissances, notamment dans le projet art et science qui sera développé.

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

La formation scientifique (physiologie, écotoxicologie, transcriptomique, épigénétique) de haut niveau du doctorant couplée à un large réseau de collaboration national et international mais aussi à son lien avec les professionnels locaux ainsi que son implication dans les actions de médiation scientifique prévues et dans des actions de formation universitaire conféreront au jeune docteur un fort potentiel d'insertion à haut niveau.

### Financement du projet de thèse

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

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

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

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

Si oui, laquelle : ARED

Sollicitez-vous un co-financement Is-Blue (oui/non) ? oui

### Projet de thèse en cotutelle internationale

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

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

Ce projet de thèse fera-t-il l'objet d'un cofinancement international (oui/non) : non

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

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

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

### Vous sollicitez un financement UBO EDSML qui sera porté à la décision du Conseil de l'ED

Indiquez le ici, oui  non  **et sur le serveur TEBL (indispensable)**

### Le candidat

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

- Biologiste, niveau master ou équivalent

- Compétences au moins théoriques, si possible pratiques, en physiologie animale, biologie moléculaire et cellulaire, biologie du développement, cultures de microalgues
- Bon niveau d'anglais, qualités rédactionnelles, appétence pour le travail en équipe