

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

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

*pour dépôt sur le serveur <https://theses.u-bretagne.fr/sml> au format PDF**NB : ce dossier ne vous dispense pas de déposer en parallèle votre dossier à la Région***Identification du projet****Acronyme du projet** (8 caractères *maximum*) :**Intitulé du projet en langue française** : Variations spatiales, saisonnières et à plus long terme des communautés phytoplanctoniques en rade de Brest en lien avec les variations environnementales**Intitulé du projet en langue anglaise** : Spatial, seasonal and longer-term variations of phytoplankton communities in the Brest bay in relation to environmental variations**Présentation de l'établissement porteur (bénéficiaire de l'aide régionale)****Établissement porteur du projet** : Université de Brest - UBO**Ecole Doctorale** : EDSML**Identification du responsable du projet (futur directeur de thèse)****Nom du laboratoire d'accueil** : Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin**Code du laboratoire (U/UMR/USR/EA/JE/...)** : LEMAR UMR 6539**Directeur¹ du Laboratoire** : Luis Tito de Moraes**Nom de l'équipe de recherche** : Discovery

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

Nom et prénom du directeur* de thèse (HDR), porteur du projet :- **e-mail** : philippe.pondaven@univ-brest.fr- **Téléphone** : 02 98 49 87 83- **Publications récentes du directeur de thèse** (*nb total et 5 références max au cours des 5 dernières années*) :

Total : 37 articles publiés

Djaghri N., Pondaven P., Stockenreiter M., Behl S., Huang YT, Hansen T., Patris S., Ucharm G., Stibor H. (2020) Isotopic and elemental compositions reveal density-dependent nutrition in a population of mixotrophic jellyfish. *Ecosphere* 11(11):e03295. 10.1002/ecs2.3295.Djaghri, N., Stibor, H., Lebeau, O., Pondaven, P. (2020) $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, and C:N ratios as nutrition indicators of zooxanthellate jellyfishes: insights from an experimental approach. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 522, 151257 (2020).Wollrab, S., Pondaven, P., Behl, S. Beker, B., Stibor, H. (2020) Differences in size distribution of marine phytoplankton in presence versus absence of jellyfish support theoretical predictions on top-down control patterns along alternative energy pathways. *Marine Biology*, 167, 9 (2020).

Djaghri, N., Pondaven, P., Stibor, H., Dawson, M. N. (2019) Review of the diversity, traits, and ecology of zooxanthellate

¹ Ce formulaire est rédigé en style épïcène

jellyfishes. *Marine Biology*, 166, 147 (2019).

Tréguer, P., Bowler, C., Moriceau, B., Dutkiewicz, S., Gehlen, M., Aumont, O., Bittner, L., Dugdale, R., Finkel, Z., Iudicone, D., Jahn, O., Guidi, L., Leblanc, K., Lasbleiz, M., Lévy, M., Pondaven, P. (2017) Diatoms: role in biological carbon pump of present and future ocean. *Nature Geoscience*. <https://doi.org/10.1038/s41561-017-0028-x>

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

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

Prénom/Nom : **Nicolas Djeghri** – Financement : UBO (100%)

Thèse soutenue le 2 décembre 2019.

Sujet : Variabilité et plasticité de la nutrition des méduses à zooxanthelles - apports expérimentaux et de terrain.

Situation professionnelle : post-doctorat (2020-2021 : Université de Munich, LMU, Allemagne – durée 6 mois ; 2021-2023 : Plymouth, G.B. – durée : 3 ans à partir de mars 2021)

Co-directeur de thèse (HDR ou équivalent étranger) éventuel : Chapelle Annie (HDR)

Laboratoire de recherche : (nom + code U/UMR/USR/EA/JE/...) Laboratoire Dyneco/Pelagos – IFREMER centre de Brest

- **e-mail :** Annie.Chapelle@ifremer.fr

- **Téléphone :**

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

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

Prénom/Nom : **Samuelson Nzeneri** – Financement : IFREMER (50%) - ARED (50%)

Thèse soutenue le 6 décembre 2019.

Sujet : Modélisation des efflorescences de l'algue toxique (*Alexandrium minutum*) en compétition interspécifique en Rade de Brest, France

Situation professionnelle : recherche d'emploi

Et/ou co-encadrant-e scientifique : Klein Cécile

Laboratoire de recherche co-encadrant (nom + code U/UMR/USR/EA/JE/...) Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin – LEMAR UMR 6539

- **e-mail :** cecile.klein@univ-brest.fr

- **Téléphone :** 02 98 49 87 16

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

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

Pas d'encadrement à signaler

Financement du projet de thèse

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

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

Si le cofinancement n'est pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinancier : Mars-Avril 2021

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

Si oui, laquelle : partenaire privé (demande en cours)

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

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

Projet de thèse en cotutelle internationale

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

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

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

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

merci de respecter ce format maxi compatible avec extranet région

Résumé du projet (4000 caractères maxi espaces compris) :

Le phénomène d'eutrophisation est une perturbation anthropique majeure qui impacte la structure des communautés d'organismes et le fonctionnement des écosystèmes côtiers. Ce phénomène est lié à une augmentation des flux d'éléments nutritifs vers les milieux aquatiques qui entraîne une série de réponses des écosystèmes, dont l'augmentation de la biomasse autotrophe et du métabolisme respiratoire, jusqu'à l'apparition de phénomènes d'hypoxie ou d'anoxie, sont les premiers symptômes. Cependant, les symptômes du processus d'eutrophisation ne se limitent pas à l'augmentation de la biomasse autotrophe et aux phénomènes d'hypoxie ou d'anoxie. En effet, ces flux de nutriments entraînent également une modification de la structure et de la dynamique des communautés de microalgues (apparition d'espèces toxiques), ce qui impacte directement plusieurs services écosystémiques (pêcheries, etc.). Néanmoins, la sensibilité vis-à-vis du processus d'eutrophisation, et les modifications de structure des communautés phytoplanctoniques qui en résultent, varient non seulement d'un écosystème à l'autre, mais également au sein d'un même écosystème, sans que les mécanismes sous-jacents soient toujours bien compris. En effet, les différentes hypothèses concernant les facteurs qui influencent la structure et la dynamique des communautés phytoplanctoniques associent le rôle de l'hydrodynamisme, l'hétérogénéité spatiale et temporelle des habitats, leur favorabilité, les interactions biotiques, ou le couplage pélagos-benthos. La compréhension de ces facteurs et de leurs interactions est complexe en raison du caractère dispersif du milieu marin qui modifie les propriétés chimiques et biologiques des masses d'eau sur des échelles de temps qui peuvent être très courtes (quelques heures).

Cette compréhension est cependant cruciale dans une perspective de « surveillance des écosystèmes marins et de leurs interactions, et pour une gestion intégrée et durable des environnements côtiers ». Elle passe par le développement d'outils d'observation des écosystèmes couplés, par exemple, à des outils de modélisation ou à l'utilisation d'images satellites de couleur de l'océan qui sont capables d'intégrer différentes échelles spatiales et temporelles. Le projet de thèse se focalise sur l'observation in situ dans un écosystème donné : la rade de Brest. Au cours de cette thèse, trois séries d'observations in situ seront analysées et complétées par de nouvelles mesures. La modélisation et les outils satellites viennent en perspectives de valorisation de ce travail. Plus spécifiquement, les questions posées dans ce projet sont les suivantes : (1) en rade de Brest, est-ce que l'on détecte (en certains points pour lesquels les données existent) un changement de structure des groupes dominants de phytoplancton au cours des dernières années (10-20 ans) ? Si oui, quelles sont les causes possibles de ces changements ? (2) Dans ce même écosystème, peut-on mettre en évidence une variabilité spatiale à petite échelle (± 1 km) de la structure et de la dynamique des groupes dominants de phytoplancton, y compris les espèces potentiellement toxiques ? Si oui, quels sont, localement, les facteurs de contrôle (facteurs physiques et/ou chimiques, interactions biotiques) qui sont en jeu.

Présentation détaillée du projet :

1 - Hypothèse et questions posées, état de l'art, identification des points de blocages scientifiques

La croissance de la population mondiale, qui devrait atteindre les 9,7 milliards d'habitants à l'horizon 2050 (source : <https://www.un.org/fr/>), impliquera une dépendance accrue vis-à-vis des ressources et autres services écosystémiques que procurent les régions côtières (Finlayson et al., 2005). Celles-ci sont en effet des composantes majeures de la biosphère : elles assurent ~30% de la production primaire nette des océans, et alimentent ~90% des captures mondiales de poissons (Chapelle, 2017). Alors que la forte anthropisation de ces régions conduit d'ores et déjà à une perte d'habitats et une érosion de la biodiversité généralisées (Lotze et al., 2006 ; Worm et al., 2006 ; Halpern et al., 2008 ; Barbier et al., 2011), l'un des défis à venir sera de concilier l'augmentation de la pression anthropique avec des objectifs de développement durable (e.g. Eikeset et al., 2018). Dans ce contexte, comprendre/prévoir les impacts des perturbations anthropiques sur les écosystèmes et leurs conséquences sur les services écosystémiques associés constituent des enjeux scientifiques majeurs (e.g. Cardinale et al., 2012). Parmi les groupes d'organismes/espèces « clés de voûte » - i.e. qui jouent un rôle déterminant dans le fonctionnement des écosystèmes (cf. Paine, 1969) -, les microalgues (ou phytoplancton) occupent une place prépondérante. Situées à la base de nombreux réseaux trophiques pélagiques et benthiques, elles absorbent des composés inorganiques dissous dans leur environnement (CO₂, NO₃⁻, PO₄³⁻) pour les transformer et les assimiler dans des molécules organiques riches en énergie (e.g. sucres, lipides). Le phytoplancton marin, qui représente ~1% de la biomasse autotrophe, assure ainsi près de la moitié de la fixation annuelle de carbone (CO₂) à l'échelle de la biosphère, soit 40-50 gT C an⁻¹ (Falkowski et Raven, 2013). Cette matière organique et cette énergie d'origine autotrophe transitent ensuite vers les maillons trophiques supérieurs, et soutiennent une part essentielle de la productivité des systèmes marins et de nombreux services écosystémiques (Duffy et Stachowicz, 2006 ; Cloern et al., 2014).

A l'heure actuelle, tous les facteurs qui influencent la biologie et l'écologie du phytoplancton (température, teneurs en éléments nutritifs, pH, état redox, disponibilité en lumière) sont directement impactés par les activités humaines (Hutchins et Fu, 2017), avec des conséquences sur la répartition géographique des espèces, la biodiversité et la dynamique des communautés phytoplanctoniques (e.g. Oziel et al., 2020). En zones côtières, l'augmentation des flux anthropiques d'éléments nutritifs entraîne une série de réponses dont les augmentations de la production primaire et de la biomasse autotrophe, la diminution de la profondeur de la couche euphotique, ou l'apparition de phénomènes d'anoxie, constituent les premiers symptômes du processus d'eutrophisation (e.g. Cloern, 2001 ; Billen et Garnier, 2007). De plus, ces flux de nutriments sont généralement déséquilibrés - dans le sens où ils présentent un excès d'azote et/ou de phosphore par rapport aux autres nutriments essentiels -, ce qui affecte également la structure et la dynamique des communautés phytoplanctoniques et des réseaux trophiques associés (e.g. Chauvaud et al., 2000 ; Heisler et al., 2008) ; viennent interférer avec ce processus d'eutrophisation d'autres perturbations anthropiques telles que le changement climatique, l'apparition d'espèces invasives, ou la pression de pêche qui impactent également les communautés de microalgues et le fonctionnement des systèmes (e.g. Reid et al., 2000; Cloern, 2001 ; Ragueneau et al., 2018; Bestion et al., 2020).

La multiplicité des pressions naturelles et anthropiques, et le caractère non linéaire de leurs interactions (e.g. Hewitt et al., 2016), complexifient notre capacité à identifier et comprendre les mécanismes qui contrôlent la dynamique de la biodiversité et des communautés marines. C'est la raison pour laquelle ces problématiques font partie des enjeux scientifiques prioritaires pour la décennie à venir (Borja et al., 2020). Au delà du caractère fondamental de ces questions, la compréhension des mécanismes qui contrôlent la dynamique des communautés est essentielle afin de prévoir/anticiper les réponses de ces communautés face au changement global ; ainsi que les impacts que cela peut avoir sur les services écosystémiques, dans une perspective de développement durable des zones côtières (Waltham et al., 2020).

2 - Approche méthodologique et techniques envisagées :

2.1 Objectif général – Il s'agira de comprendre/quantifier l'influence relative des facteurs déterminants la variabilité spatiale et temporelle de la biodiversité et de la dynamique des communautés phytoplanctoniques. En zone côtière, cet objectif intègre une problématique spécifique qui est celle des développements récurrents de microalgues productrices de toxines (e.g. Heisler et al., 2008). En effet, ces développements ont des conséquences majeures sur différents services écosystémiques (pêche, aquaculture), et la question de leur déterminisme, et de notre capacité à prévoir ces événements, constituent des préoccupations scientifiques d'actualité (Hallegraeff, 2010).

Plusieurs études ont déjà permis de mieux contraindre les facteurs qui régulent la dynamique des populations de microalgues, toxiques ou non (e.g. Lelong et al., 2012 ; Sourisseau et al., 2017). Néanmoins, certains obstacles/verrous scientifiques demeurent. En particulier, l'une des difficultés majeures est de traiter la question de la variabilité spatiale à petite échelle des développements phytoplanctoniques dans des écosystèmes côtiers macrotidaux où l'hydrodynamique joue un rôle déterminant. Evaluer cette variabilité spatiale à petite échelle, et comprendre les mécanismes qui la sous-tendent – i.e.

pourquoi telle espèce et pas une autre se développe à tel endroit et à telle période de l'année -, présentent un intérêt non seulement en terme de recherche fondamentale, mais également en terme de recherche appliquée ; notamment lorsqu'il s'agit de prévoir les changements/évolutions de la qualité biologique des eaux, ou d'évaluer le risque de dispersion de phycotoxines dans des écosystèmes qui alimentent une économie liée au tourisme, à l'aquaculture ou à la pêche.

2.2 Objectif spécifique - Les outils tels que les données satellites de couleur de l'océan ou les modèles couplés physique-biologie permettent d'aborder la variabilité spatiale et temporelle à différentes échelles. Néanmoins, ces outils nécessitent d'être calibrés et validés à partir d'observations et d'études de processus in situ (cf. revue dans Yates et al., 2018). A ce sujet, il n'existe pas, à notre connaissance, de séries d'observations et d'études de processus qui abordent simultanément la question de la variabilité spatiale à petite échelle et la dimension temporelle (infra-annuelle et pluri-annuelle). L'objectif spécifique de la thèse sera donc de réaliser (et de relier) des observations et des études de processus in situ (cf. paragraphe 3.1), à différentes échelles spatiales et temporelles, dans le but d'améliorer notre compréhension des mécanismes qui contrôlent la dynamique des efflorescences phytoplanctoniques. A terme, les résultats de cette thèse aideront à calibrer/valider les outils de modélisation actuellement en cours de développement (e.g. Sourisseau et al., 2017).

2.3 Trois sites d'étude - Les côtes bretonnes présentent une diversité marine remarquable en termes d'habitats (types sédimentaires etc.), auxquels sont associés une flore et une faune particulièrement riches. A la base des chaînes alimentaires, les communautés de microalgues y alimentent un réseau de consommateurs, dont plusieurs espèces sont activement exploitées (Février et Le Guen, 2018). Comme beaucoup d'écosystèmes côtiers d'Europe Occidentale, ils subissent diverses pressions et stress d'origines naturelles et anthropiques qui affectent la biodiversité et la dynamique des communautés (e.g. Chauvaud et al., 2000 ; Chappelle, 2017), et posent des questions quant au caractère soutenable des activités économiques qui dépendent de ces écosystèmes (Ragueneau et al., 2018).

Dans ce contexte, l'Institut Ecologie et Environnement (INEE) du CNRS a notamment intégré la rade de Brest et la Mer d'Iroise dans les « Zones ateliers » (<http://www.za-inee.org/fr/frontpage>). Parmi les 14 zones ateliers labellisées par le CNRS, la Zone Atelier Brest-Iroise (ZABrI) a pour ambition « d'améliorer nos connaissances du fonctionnement et de l'évolution des socio-écosystèmes côtiers situés à l'interface entre Terre et Mer, dans un contexte de changement global et dans une perspective de soutenabilité ».

Le projet de thèse s'inscrit dans cette dynamique générale. Il s'appuie sur un réseau d'observation et d'étude du plancton marin en Bretagne qui associe des institutions scientifiques, des citoyens (plaisanciers bénévoles), et différentes structures de médiation (cf. paragraphe 3. Méthodologie). Les objectifs scientifiques de ce réseau sont ceux indiqués aux paragraphes 2.1 et 2.2.

Au sein de ce réseau, trois sites sont suivis et étudiés en parallèle: la rade de Brest, la baie de Concarneau et la rade de Lorient. Les protocoles d'échantillonnages qui sont utilisés permettent d'aborder la question de la variabilité spatiale et temporelle à différentes échelles (cf. paragraphe 3. Méthodologie). Dans le cadre de la thèse, un focus sera réalisé sur la rade de Brest, en intégrant la dimension pluriannuelle étudiée sur les sites SOMLIT, LANVEOC et Pointe du Château. Les données acquises sur les sites de Concarneau et de Lorient - dans le cadre du programme Objectif Plancton - seront également intégrées au projet de thèse pour aborder la question de la variabilité inter-sites.

2.4- Questions posées- Plus spécifiquement trois questions scientifiques seront posées :

- 1- Dans un écosystème côtier, peut-on mettre en évidence une variabilité spatiale à petite échelle (± 1 km) de la structure et de la dynamique des communautés et de la biodiversité phytoplanctoniques, y compris les espèces productrices de toxines (dinoflagellés, diatomées) ? Si oui, quels sont, localement, les facteurs de contrôle (facteurs physiques et/ou chimiques, interactions biotiques) qui peuvent expliquer cette variabilité ?
- 2- Dans ce même écosystème côtier, est-ce qu'un changement de structure et de composition des communautés phytoplanctoniques est observé au cours des dernières années (10-20 ans) ? Si oui, quelles sont les causes possibles de ces changements ?
- 3- En lien avec les questions n°1 et 2, la question de la connectivité entre les différentes parties de la rade de Brest sera également évaluée. Pour ce faire, des sorties « off-line » de modèles hydrodynamiques développés par le laboratoire Dyneco-Ifremer permettront en particulier d'estimer les échelles de temps caractéristiques de la dispersion horizontale en différents points de la rade de Brest, et d'en déduire le niveau de connectivité entre les différents points d'échantillonnage précédemment cités.

2.5 Méthodologie

2.51- Observations et expérimentations in situ- Le corps de la thèse repose sur deux approches: (1) l'observation et l'échantillonnage in situ et l'analyse de séries de données, (2) l'expérimentation in vitro (bioessais, microcosmes).

En ce qui concerne l'observation in situ et l'analyse de données, la thèse utilisera quatre séries d'observations en rade de Brest, à savoir : (1) « Objectif Plancton », (2) SOMLIT, (3) LANVEOC, et (4) la Pointe du Château.

(1) « Objectif Plancton » a été créé en 2014. « Objectif plancton » est une opération de science citoyenne qui regroupe des associations de plaisanciers, l'aquarium d'Océanopolis (Brest'AIM, coordination), et des partenaires scientifiques (IUEM/UBO, IFREMER, MNHM/Sorbonne Université). L'objectif scientifique général de ce projet est de caractériser la variabilité spatiale à petite échelle des communautés planctoniques (cf. paragraphe 2). Pour ce faire, les communautés planctoniques sont échantillonnées en plusieurs points d'un même système à un même instant « t » ; et ce à différentes périodes au cours de l'année (avril, juin et septembre). Cette stratégie permet d'obtenir une vue synoptique de la répartition spatiale (horizontale) du plancton et de diverses variables associées :

> Mesure des paramètres hydrologiques de base : température et salinité de surface, turbidité de l'eau (disque de Secchi) et concentrations en éléments nutritifs (NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻ et Si(OH)₄).

> Biodiversité et composition des communautés phytoplanctoniques: quatre techniques seront utilisées afin de décrire ces communautés : (1) la taxonomie par microscopie optique qui permet d'aller jusqu'au genre et à l'espèce pour des microalgues dont la taille des cellules est > 10 μm (méthode Utermöhl, 1958) ; (2) l'analyse des pigments photosynthétiques par HPLC permettra de quantifier la proportion relative des principales classes de microalgues, y compris celles dont la taille des cellules est < 10 μm (Van Heukelem et Thomas, 2001), et enfin (3) la cytométrie en flux qui permet de quantifier la densité des cellules de microalgues dont la taille des cellules est également < 10 μm (notamment les pico- et nano-eucaryotes qui peuvent être abondant dans le système à certaines périodes de l'année).

Dans le cadre de la thèse, l'échantillonnage in situ sera également couplé à des expérimentations in vitro (sur certains sites d'échantillonnage préalablement choisis) ; ceci afin d'évaluer/quantifier l'importance relative des facteurs de contrôle de la croissance des groupes dominants de phytoplancton. En l'occurrence il s'agira de :

(a) Quantifier les performances photosynthétiques des communautés phytoplanctoniques prélevées in situ en utilisant la technique du PAM (Pulse Amplitude Modulation). Ces mesures seront couplées à l'utilisation de techniques isotopiques (utilisation du ¹⁴C) pour mesurer la fixation de carbone (production primaire ; des tests préliminaires effectués lors des opérations « objectif plancton » précédentes ont permis de valider la méthode).

(b) Quantifier le degré de limitation de la croissance des communautés phytoplanctoniques par la disponibilité en éléments nutritifs majeurs (azote, phosphore et silicium) (Tamminen et Andersen, 2007).

(c) Quantifier le taux de mortalité des microalgues dû à la consommation par les herbivores en utilisant une technique de dilution (Calbet and Landry, 2004).

(d) Par ailleurs, pour ces 5 points, des prélèvements réalisés l'aide d'un filet (maille : 200 μm) permettront de caractériser la communauté de mésozooplancton (richesse spécifique et position trophique moyenne). Le trait de filet s'effectue en subsurface pendant une période de temps donnée ($\Delta t=14$ mn). L'échantillon est ensuite séparé en deux parties égales (à l'aide d'une boîte de Motoda). L'une des parties est conservée dans l'alcool (Black and Dodson, 2003), pour la taxonomie (richesse spécifique). Pour l'autre partie, plusieurs individus des différents groupes taxonomiques de zooplancton seront isolés (sous loupe binoculaire), placés dans des capsules *ad hoc*, congelés et enfin lyophilisés. Après lyophilisation, l'analyse de la signature isotopique $\delta^{15}\text{N}$ permettra de caractériser la position trophique des organismes. Cette analyse sera réalisée au PSO (<https://www.pso-brest.org/>), en collaboration avec l'Université de Munich (LMU, Allemagne).

(2) SOMLIT. Cette station est située devant Saint-Anne-du-Portzic à la jonction entre la Mer d'Iroise et la Rade de Brest, et est ouverte à l'influence océanique. Depuis 1998, une analyse de la composition des communautés phytoplanctoniques est réalisée en ce point, en parallèle au suivi SOMLIT des paramètres physiques et chimiques (T, S, nutriments a). La communauté phytoplanctonique est échantillonnée avec une fréquence hebdomadaire. Elle est caractérisée en utilisant la méthode Utermöhl (1958), qui permet de quantifier l'abondance des groupes phytoplanctoniques dominants (en terme de biovolume et de biomasse carbonée).

(3) LANVEOC- Depuis 2011, un deuxième site, situé dans le bassin sud de la Rade de Brest (48°17'41.23"N - 4°27'12.63" W), est échantillonné de manière régulière (fréquence mensuelle ou bimensuelle). Les prélèvements sont réalisés en surface à l'aide de bouteille Niskin, et la communauté phytoplanctonique est analysée en utilisant la méthode Utermöhl (1958).

(4) Pointe du Château- Ce site est échantillonné depuis 2009, chaque semaine à Pleine Mer (PM). Il assure un suivi du microphytoplancton, température, salinité, MES, et, depuis 2016, se sont rajoutés le suivi des nutriments, de la chlorophylle fractionnée et du phytoplancton par cytométrie de flux. Situé à l'entrée de l'estuaire de Daoulas, ce site est représentatif des estuaires du fond de rade.

2.52- Analyse quantitative- Les questions 1-3 (paragraphe 2.4) seront traitées en utilisant différents outils d'analyses multivariées construits pour l'étude de l'écologie des communautés d'organismes en lien avec les facteurs de l'environnement. On peut citer, par exemple, les méthodes d'ordination (e.g. Legendre et Gallagher, 2001), ou les outils d'analyses de séries temporelles et spatiales (e.g. Legendre et Gauthier, 2014).

2.53- Perspectives de valorisation scientifique des résultats – Comme indiqué précédemment, ce projet se fait en collaboration étroite avec le laboratoire Dyneco-Ifrémer (Annie Chapelle –co-directrice de thèse-, Marc Sourisseau et Martin Plus). A terme, les résultats obtenus au cours de la thèse permettront de contraindre le modèle couplé physique-biologie en cours de développement au laboratoire Dyneco ; modèle qui décrit les variations spatiales et temporelles de la structure des communautés phytoplanctoniques en rade de Brest. L'évolution simulée du phytoplancton permettra aussi de situer les prélèvements dans une dynamique temporelle et spatiale de l'ensemble de la rade.

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

La rade de Brest présente une biodiversité marine exceptionnelle en termes d'habitats (types sédimentaires etc.), auxquels sont associés une flore et une faune particulièrement riches (Hily, 1989). A la base des chaînes alimentaires, les communautés de microorganismes (microalgues pélagiques et benthiques, zooplancton) jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement de ces écosystèmes et leur capacité à alimenter un réseau de consommateurs, dont plusieurs espèces sont exploitées (mollusques bivalves, crustacés, poissons...). Comme beaucoup d'écosystèmes côtiers d'Europe Occidentale, il subit diverses pressions et stress d'origines naturelles et anthropiques (apports accrus en éléments nutritifs depuis les rivières, récurrence des efflorescences de phytoplanctons toxiques, apparition d'espèces invasives, etc.) qui influent sur la dynamique des communautés et la biodiversité (Ragueneau et al., 2005 ; Chapelle, 2017).

Cet écosystème de la rade de Brest fait donc l'objet d'études scientifiques qui ont initié des partenariats entre les collectivités (Communauté Urbaine de Brest, Département du Finistère, Région Bretagne, Agence de l'eau Loire-Bretagne) et les institutions scientifiques (Université de Bretagne Occidentale/Institut Universitaire Européen de la Mer, CNRS, IFREMER, MNHM).

Au niveau national, la rade de Brest fait notamment partie des 10 stations marines reconnues dans le cadre du Service d'Observation en Milieu Littoral (SOMLIT), labellisé par l'INSU depuis 1996. De plus, en mai 2012, l'Institut Ecologie et Environnement (INEE) du CNRS a validé la labellisation de la rade de Brest et de la Mer d'Iroise comme « Zone atelier ». Les Zones Ateliers (<http://www.za-inee.org/fr/frontpage>) « forment un réseau inter-organismes de recherches interdisciplinaires sur l'environnement et les anthroposystèmes en relation avec les questions sociétales d'intérêt national ». Ce réseau national est devenu « Infrastructure de Recherche » en 2018, chacune des ZA étant maintenant une plateforme LTSER (Long-Term Social-Ecological Research, intégrée dans un réseau international) qui vise à améliorer la soutenabilité des socio-écosystèmes par des approches inter- et trans-disciplinaires. Parmi les 14 zones ateliers labellisées par le CNRS, la particularité de la Zone Atelier Brest-Iroise (ZABri) est sa composante littorale. Elle a pour ambition « d'améliorer nos connaissances du fonctionnement et de l'évolution du socio-écosystème côtier situé à l'interface entre Terre et Mer, dans un contexte de changement global et dans une perspective de soutenabilité ».

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

Au niveau local, ce projet se fera en étroite collaboration avec l'IFREMER (laboratoire DYNECO), ainsi que l'aquarium d'Océanopolis (Brest'AIM), au travers notamment de l'opération "objectif plancton" mentionnée précédemment. L'aquarium d'Océanopolis (Brest'AIM) est un centre de culture scientifique, technique et industrielle dédié à la mer, et basé à Brest. Ce parc de découverte des océans met régulièrement le plancton à l'honneur à travers diverses opérations de médiation et de sensibilisation auprès du public. Depuis 2014, Océanopolis a souhaité aller plus loin dans la démarche en proposant à quelques partenaires scientifiques une véritable action de science participative (l'opération « objectif plancton »). Ce réseau d'observation s'appuie sur la collaboration entre des institutions scientifiques (l'Institut Universitaire Européen de la Mer, IUEM/UBO, l'IFREMER

et le Muséum National d'Histoire Naturel, MNHM), les usagers du milieu marin à travers les associations de plaisanciers (acteurs du projet pour la collecte des données), et Océanopolis. Du point de vue des institutions scientifiques, il est également à noter que les sciences ou l'observation participative sont explicitement intégrées comme outils d'acquisition de nouvelles connaissances dans les projets de l'IFREMER à l'horizon 2030 (<https://wwz.ifremer.fr/L-institut/Documents-de-reference>).

Vous sollicitez un financement ISblue, ou une ARED ISblue :

Précisez le lien du sujet avec les thèmes ISblue

Thème ISblue	Thème principal	Thème secondaire (si nécessaire)	Autre (si nécessaire)
la régulation du climat par l'océan			
les interactions entre la Terre et l'océan			
la durabilité des systèmes côtiers			
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)

Le projet de thèse est bâti autour d'un programme de sciences participatives qui a débuté en 2014. L'originalité de ce programme est qu'il permet d'étudier conjointement la variabilité spatiale et temporelle de la diversité des communautés planctoniques dans des écosystèmes côtiers soumis à plusieurs perturbations anthropiques. Ce projet s'inscrit pleinement dans les problématiques de la zone atelier ZABRI, à laquelle il pourra contribuer de manière significative.

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

La thématique du projet de thèse s'insère dans le cadre d'une collaboration pérenne avec le département d'écologie aquatique de l'Université de Munich en Allemagne (LMU ; Pr. Herwig Stibor ; <http://www.aquatic-ecology.bio.lmu.de/>). Cette collaboration a donné lieu à la réalisation de plusieurs projets de recherche, notamment dans le cadre des réseaux européens d'Hydralab+ (projet StartWeb : 2017) et Aquacosm (projets Zoomix : 2018 ; Mixostar : 2019). Un projet de recherche est en cours de rédaction sur le thème des efflorescences phytoplanctoniques (à soumettre pour une demande de financement avant avril 2021).

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

Le projet de thèse se fera en collaboration étroite avec le laboratoire Dyenco/pelagos du centre IFREMER de Brest. La co-direction de la thèse serait assurée par Annie Chapelle, en collaboration avec (Marc Sourisseau et Martin Plus du centre IFREMER-Brest)

4- Potentiel d'insertion à un haut niveau dans la communauté académique ou non académique du docteur

A l'issue de la thèse, le docteur pourra poursuivre dans le domaine académique (enseignement et/ou recherche). Par ailleurs le sujet de thèse impliquera une interaction forte (participation à des événements de médiation avec le public : vulgarisation, etc) avec une structure de médiation scientifique (Océanopolis) et le milieu associatif, les écoles et les lycées. Cette aspect de la thèse permettra potentiellement un insertion dans les domaines de la médiation.

Le candidat

Profil souhaité du candidat (spécialité/discipline principale, compétences scientifiques et techniques requises) : L'étudiant ou l'étudiante sera titulaire d'un master 2, ou équivalent, dans le domaine de l'écologie.

ATTENTION :

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