

## 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

#### Identification du projet

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

**Intitulé du projet en langue française** : Effet de la baisse en Oméga 3 dans les océans sur les poissons : approche écophysiological.

**Intitulé du projet en langue anglaise** : Effects of Omega 3 depletion on marine fish: ecophysiological approach.

#### Domaine d'innovation stratégique (DIS) du projet

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

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

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

- « Projet Blanc »

**Préciser le sous-domaine correspondant** : liste en dernière page de ce document

**DIS secondaire si nécessaire** :

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

**Établissement porteur du projet** : Ifremer

**Ecole Doctorale** : École doctorale des Sciences de la Mer et du Littoral.

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

**Nom du laboratoire d'accueil :** Laboratoire des sciences de l'environnement marin

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

**Directeur du Laboratoire :** Luis Tito De Morais

**Nom de l'équipe de recherche :** Panorama (Physiologie intégrative et adaptation des organismes marins : du gène à la population).

**Nombre HDR dans le laboratoire :** 48

**Nombre de thèses en cours :** 47

**Nombre de post-docs en cours :** 12

**Nom et prénom du directeur de thèse (HDR), porteur du projet :** José-Luis Zambonino-Infante (HDR)

- **e-mail :** Jose.Luis.Zambonino@ifremer.fr

- **Téléphone :** 02 98 22 40 90

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

-138 publications; H-index=43

[1] **Zambonino-Infante, J.L.**, Panserat, S., Servili, A., Mouchel, O., Madec, L. & Mazurais, D. 2019 Nutritional programming by dietary carbohydrates in European sea bass larvae: Not always what expected at juvenile stage. *Aquaculture* 501, 441-447. (doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.11.056>).

[2] Gourtay, C., Chabot, D., Audet, C., Delliou, H.L., Quazuguel, P., Claireaux, G. & **Zambonino-Infante, J.-L.** 2018 Will global warming affect the functional need for essential fatty acids in juvenile sea bass (*Dicentrarchus labrax*)? A first overview of the consequences of lower availability of nutritional fatty acids on growth performance. *Mar Biol* 165, 143. (doi:[10.1007/s00227-018-3402-3](https://doi.org/10.1007/s00227-018-3402-3)).

[3] **Zambonino-Infante, J.L.**, Mazurais, D., Dubuc, A., Quéau, P., Vanderplancke, G., Servili, A., Cahu, C., Le Bayon, N., Huelvan, C. & Claireaux, G. 2017 An early life hypoxia event has a long-term impact on protein digestion and growth in juvenile European sea bass. *J Exp Biol* 220, 1846-1851. (doi:[10.1242/jeb.154922](https://doi.org/10.1242/jeb.154922)).

[4] Crespel, A., **Zambonino-Infante, J.-L.**, Mazurais, D., Koumoundouros, G., Fragkoulis, S., Quazuguel, P., Huelvan, C., Madec, L., Servili, A. & Claireaux, G. 2017 The development of contemporary European sea bass larvae (*Dicentrarchus labrax*) is not affected by projected ocean acidification scenarios. *Mar Biol* 164, 155. (doi:[10.1007/s00227-017-3178-x](https://doi.org/10.1007/s00227-017-3178-x)).

[5] Vagner, M., Lacoue-Labarthe, T., **Zambonino Infante, J.-L.**, Mazurais, D., Dubillot, E., Le Delliou, H., Quazuguel, P. & Lefrançois, C. 2015 Depletion of Essential Fatty Acids in the Food Source Affects Aerobic Capacities of the Golden Grey Mullet *Liza aurata* in a Warming Seawater Context. *PLoS ONE* 10, e0126489. (doi:[10.1371/journal.pone.0126489](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126489)).

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

Gwenaëlle Vanderplancke, « Effets d'une exposition à l'hypoxie pendant les jeunes stades de vie du bar Européen (*Dicentrarchus labrax*) et de la sole commune (*Solea solea*) : voies moléculaires de l'adaptation et conséquences sur les stades ultérieurs. », Bourse Ifremer-Région Bretagne, Février 2015, Assistante clinique.

Clémence Gourtay, «Aspects évolutifs et environnementaux de la plasticité phénotypique chez les Moronidae : comparaison du bar Européen (*Dicentrarchus labrax*) et du bar d'Amérique (*Morone saxatilis*)», Bourse Ifremer- CRSNG (Canada), Décembre 2018, Post-doctorante au Québec (UQAR).

**Co-directeur-trice de thèse et co-encadrant scientifique : (précisé si HDR) :** Karine Salin

**- Laboratoire de recherche co-encadrant** (nom + code U/UMR/USR/EA/JE/...): Laboratoire des sciences de l'environnement marin, UMR LEMAR 6539

- e-mail : [karine.salin@ifremer.fr](mailto:karine.salin@ifremer.fr)

- Téléphone : 02 98 22 43 77

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

Récemment recrutée en tant que chercheure à l'Ifremer, Karine Salin n'a encore encadré aucun doctorant.

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

**Collaboration locale :** Marie Vagner (CR CNRS, UMR 6539 LEMAR) : Marie Vagner a effectué les premières recherches sur l'effet des baisses en oméga 3 sur le métabolisme énergétique, le comportement et la croissance chez le mullet. Elle a une forte expertise en métabolisme des lipides chez les poissons marins.

**Collaboration nationale :** Loïc Teulier (Maître de Conférence, UMR 5023, Lyon). Ses recherches ont porté sur les effets des conditions environnementales (température, disponibilité de la nourriture, etc.) influençant les performances des poissons et leur métabolisme *in vivo* et *in vitro* – sur des d'organismes modèles et non modèles.

**Collaboration internationale :** Anthony Hickey (Professeur associé en écologie et évolution du fonctionnement mitochondrial, Université de Auckland, Nouvelle Zélande) est un chercheur internationalement reconnu en biologie marine avec une expertise unique dans les modifications du fonctionnement des mitochondries chez les poissons dans un contexte de changement climatique.

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

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

### **Résumé – Français**

De nombreuses études montrent que le changement climatique risque d'appauvrir de façon critique les nutriments dans la chaîne trophique des poissons marins. En particulier, le réchauffement des océans causerait une diminution de la production en Oméga 3 ( $\Omega 3$ ) par les phytoplanctons. Les  $\Omega 3$  sont des acides gras indispensables à la nutrition des poissons et sont des constituants essentiels des membranes cellulaires. Un appauvrissement en  $\Omega 3$  de la chaîne trophique marine peut donc engendrer des conséquences néfastes sur les performances des poissons. Cependant, les mécanismes qui régulent ces effets sont à ce jour totalement méconnus.

Les mitochondries pourraient jouer un rôle clé dans les réponses des poissons face aux carences en Oméga 3. Il est possible que les changements dans la composition en  $\Omega 3$  des membranes mitochondriales affectent leur efficacité énergétique. Les organismes qui ont des mitochondries moins efficaces sont moins capables de maintenir leur production de molécules énergétiques – l'ATP [AdénosineTriPhosphate], une caractéristique qui est susceptible d'affecter la performance de l'animal.

Ce projet de thèse a pour but d'évaluer comment une baisse de la disponibilité alimentaire en Oméga 3 dans un contexte de changement climatique pourrait affecter la fonction mitochondriale et, par conséquent, la performance d'un poisson, le mullet (*Liza aurata*).

**Mots-clés** : Changement climatique, Oméga 3, Efficacité mitochondriale, Nutrition du poisson.

### **Summary – English**

There is increasing evidence that climate change might critically deplete nutrients in food web of marine fish. In particular, a reduction in the production of Omega 3 ( $\Omega 3$ ) in phytoplankton as a result of ocean warming can have negative impact on fish.  $\Omega 3$  are fatty acids that are essential components of cell membranes. Such depletion in  $\Omega 3$  in membranes can impair fish performance, however, the underlying mechanisms remain obscure.

Mitochondria are likely to be involved in the fish response to  $\Omega 3$  depletion. Changes in the composition of membrane fatty acid of mitochondria affect their efficiency. Organisms that have less efficient mitochondria are less able to maintain ATP [Adenosine TriPhosphate] production, a feature that is likely to affect the overall animal performance.

This PhD work will therefore evaluate how the reduction in dietary  $\Omega 3$  affect mitochondrial function and in turn the performance of a fish, the mullet (*Liza aurata*).

**Key-words** : Climate change, Omega 3, Mitochondrial efficiency, Fish nutrition.

## **Présentation détaillée du projet :**

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

### **Contexte Scientifique**

De nombreuses études montrent que le changement climatique risque d'appauvrir de façon critique les nutriments dans la chaîne trophique des poissons marins. En particulier, à cause du réchauffement des océans, les communautés phytoplanctoniques produiraient significativement moins d'Oméga 3 ( $\Omega 3$ ) - acides gras indispensables au maintien des fonctions physiologiques des poissons. Les  $\Omega 3$  sont des constituants essentiels des membranes cellulaires mais ne sont que faiblement synthétisés *de novo* par les poissons. Un appauvrissement en  $\Omega 3$  de la chaîne trophique marine peut engendrer des conséquences

néfastes sur les performances des poissons (coût de la locomotion, développement des larves, croissance, ainsi que résistance aux maladies, tolérance au stress, etc.).

Les mécanismes qui régulent ces effets sont méconnus. Des études chez les mammifères ont montré qu'une alimentation carencée en  $\Omega 3$  provoque une baisse importante de l'efficacité des mitochondries, centrales énergétiques des cellules animales. Ce projet a pour but de déterminer si, comme les rongeurs, une alimentation carencée en  $\Omega 3$  diminue l'efficacité énergétique des mitochondries, et ainsi les performances des poissons. Par ailleurs, les prédictions de baisse de la disponibilité en  $\Omega 3$  dans la chaîne trophique des poissons pour 2100 sont quantitativement et qualitativement très différentes des régimes carencés jusqu'alors étudiés. Afin d'accroître nos connaissances sur les effets possibles du changement global sur les poissons, nous proposons d'évaluer les niveaux d' $\Omega 3$  prédits pour 2100 et de déterminer les effets de ces niveaux en  $\Omega 3$  sur l'efficacité des mitochondries des poissons et leurs performances.

Il existe naturellement une grande variabilité intra-populationnelle du phénotype mitochondrial. Puisque la sélection naturelle agit sur la variation phénotypique entre les individus d'une population, il est particulièrement important d'examiner les conséquences des différences individuelles d'efficacité mitochondriale sur les performances du poisson. Ce projet de thèse a aussi pour objectif de tester si les individus qui ont des mitochondries plus efficaces seront plus performants dans les océans du futur ; une sélection sur le fonctionnement mitochondrial pourrait produire un changement majeur de la composition des populations de poissons.

### Objectifs scientifiques du sujet (Obj)

**Obj. 1 :** Définir empiriquement la disponibilité en Oméga 3 du poisson dans son milieu naturel.

**Obj. 2 :** Déterminer expérimentalement les effets de la baisse en Oméga 3 prédite pour 2100 sur les performances du poisson.

**Obj. 3 :** Développer une méthode de diagnostic du (dys)fonctionnement mitochondrial applicable aux poissons dans leur milieu.

**Obj. 4 :** Tester si la variabilité inter-individuelle de l'efficacité mitochondriale est maintenue face à différentes disponibilités alimentaires en Oméga 3.

2 - Approche méthodologique et techniques envisagées :

**Origine et Maintenance des Animaux :** Les mullets *Liza aurata* seront échantillonnés en populations naturelles puis les expérimentations seront conduites dans les structures expérimentales dédiées au sein du Centre Ifremer de Bretagne. Les structures aquacoles sont agréées pour l'expérimentation animale. Le choix de cette espèce est lié au fait que le mullet est un consommateur primaire, puis est ensuite la proie d'autres poissons carnivores comme le bar ; il contribue donc significativement aux transferts trophiques des  $\Omega 3$  dans le milieu marin.

**Fabrication des Aliments :** La teneur en  $\Omega 3$  dans les aliments du groupe contrôle sera déterminée par une estimation empirique de la disponibilité des  $\Omega 3$  dans l'alimentation où les mullets seront collectés (*régime contrôle*). Le 1<sup>er</sup> régime alimentaire appauvri en  $\Omega 3$  (*régime appauvri 1*) sera basé sur les réductions prédites

en  $\Omega 3$  dans le phytoplancton en réponse à une augmentation de la température de l'eau de 2,5°C. D'autres facteurs environnementaux (radiations UV, pH, *etc.*) peuvent réduire encore davantage la disponibilité en  $\Omega 3$ . Aux vues de ces possibles effets multifactoriels - encore non quantifiés - des changements océaniques sur la production  $\Omega 3$ , un 2<sup>nd</sup> régime alimentaire très appauvri (*régime appauvri 2*) sera formulé avec un apport en  $\Omega 3$  deux fois moindre que le régime 1.

**Mesure de l'efficacité mitochondriale** : les poissons seront sacrifiés, le foie, les muscles et le sang seront prélevés. L'efficacité des mitochondries sera déterminée par le nombre d'ATP générés par molécules d'oxygène consommées par les mitochondries. La respiration sera mesurée avec un respiromètre à haute précision, équipé d'un module fluorescent qui permet la mesure de la production en ATP.

**Composition membranaire en acides gras** : la composition en acide gras des membranes mitochondriales des différents tissus d'intérêt sera évaluée par chromatographie couplée à un spectromètre de masse à la plateforme [lipidocean](#).

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

Cette thèse s'inscrit dans l'étude de l'impact des changements climatiques sur les écosystèmes marins, thématique qui représente un axe fort pour les recherches de notre UMR ; elle s'inscrit aussi totalement dans les objectifs du thème 4 de l'EUR ISblue « océan vivant et services écosystémiques », ce qui souligne la visibilité et portée internationale de cette thématique. La mutation rapide du climat et des océans a des implications fortes sur notre société humaine, en terme écologique, économique et humain. La compréhension de la vulnérabilité des espèces à un environnement en rapide mutation est un élément clé pour anticiper les changements attendus dans les communautés animales des zones côtières. Il est urgent d'identifier les espèces, les stades de développement et les interactions écologiques qui sont les plus vulnérables. Des informations sur la physiologie d'espèces clés de la chaîne trophique et des écosystèmes permettrait de comprendre comment le niveau des communautés sera affecté, et par conséquent constituerait un outil d'aide à la décision pour nos agences environnementales et gouvernants. Le projet d'étude proposé s'inscrit dans cette perspective qui est une problématique écologique d'intérêt à l'échelle de notre planète.

Les collaborations locales (au sein du laboratoire UMR 6539), national (Université de Lyon) et internationale (Université de Auckland, Nouvelle Zélande) pour ce sujet de thèse démontrent que ce projet se positionne dans un environnement scientifique riche et international. Par ailleurs, les résultats de ce projet auront des impacts à de multiples échelles géographiques via des publications d'articles scientifiques en anglais, des communications orales aux congrès locaux, nationaux et internationaux, ainsi que le développement d'un outil de diagnostic du (dys)fonctionnement mitochondrial applicable aux poissons dans leur milieu à toutes échelles géographique. Enfin, la Région Bretagne est fortement sensibilisée à ces thématiques de par son importante façade océanique et des activités économiques qui en découlent.

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

Ce projet de thèse s'inscrit dans le domaine 3 – Activités maritimes pour une croissance bleue, plus précisément l'objectif 3B – Valorisation de la biomasse marine et biotechnologies, pour « soutenir l'exploration et l'exploitation plus poussées de l'immense potentiel qu'offrent la biodiversité marine et la biomasse aquatique, pour (...) des applications possibles dans des secteurs comme (...) la pêche et

l'aquaculture ». En effet, ce sujet de thèse contribuera à produire de la connaissance pour comprendre et prédire comment les futurs changements climatiques pourraient affecter les espèces de poissons exploitées. La capacité de prédiction de risque environnemental pour certaines espèces clés des écosystèmes (et/ou commerciales) pourrait contribuer à l'adoption de stratégies pour tenter de réduire les effets négatifs des effets climatiques et anthropiques, sur les écosystèmes côtiers i/ par la mise en place d'aires protégées qui pourraient agir comme des tampons vis à vis des stress liés aux changements climatiques globaux; les populations stables présentant une plus forte résilience vis à vis des perturbations environnementales, ii/ en prenant en compte les changements environnementaux lors de la mise en œuvre des mesures de gestion des pêcheries.

Bien que le mullet soit une espèce halieutique peu consommée, il est la source alimentaire en Ω3 d'autres poissons à fort intérêt halieutique tel que le bar. La diminution des teneurs en Ω3 des mullets avec le réchauffement global sera donc prédicteur d'une diminution de la teneur en Ω3 du bar et de la vulnérabilité d'une ressource alimentaire majeure en Ω3 pour la population humaine. Ce projet permettra d'obtenir des données et de développer un outil de surveillance de la physiologie des poissons sauvages. Grâce à ces connaissances, nous pouvons prédire quel pourrait être l'impact sur les poissons de la diminution en Ω3 et d'évaluer les risques de carences en Ω3 dans la chaîne trophique marine. Anticiper ce risque permettra une meilleure mise en place de source alternative en Ω3 et aidera à maintenir une alimentation de qualité pour assurer la bonne santé des populations humaines.

5 - Si « projet blanc » (hors DIS), préciser les raisons de ce choix : Ce n'est pas un projet blanc car il s'inscrit pleinement dans le DIS 3.

6 - Si lien avec projet ERC, préciser lequel :

Ce projet n'a pas de lien avec un projet ERC existant, mais est issue d'un projet ERC starting grant 2018 décliné (Note B à l'étape 1). Les travaux qui seront réalisés durant cette thèse constitueront une avancée nécessaire pour déposer un projet à l'ERC consolidator grant en 2022.

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

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

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

Comprendre les réponses physiologiques mises en place par les animaux marins a des implications majeures pour prédire la capacité – ou l'incapacité – des animaux à faire face aux changements océaniques prédits pour 2100. Les outils développés au cours de la thèse seront applicables à d'autres espèces de poissons et permettront à de nombreux groupes de recherches d'effectuer un diagnostic sur les populations de poissons

dans leur milieu. Notre capacité de prédire la vulnérabilité et la résilience des populations de poissons face aux changements climatiques est cruciale pour mitiger les effets négatifs ; le sujet proposé s'inscrit parfaitement dans la thématique 4 d'ISblue « l'océan vivant et les services écosystémiques », sur les conséquences à long-terme du changement global sur la physiologie des poissons et le fonctionnement des écosystèmes.

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

Le projet de recherche fera l'objet d'un suivi lors d'une réunion hebdomadaire avec le doctorant afin de s'assurer de la réalisation des objectifs. Le projet de recherche, en collaboration avec un laboratoire de l'université d'Auckland en Nouvelle-Zélande, est approprié pour assurer la compétitivité du futur doctorant. Ceci implique la soumission d'un article de recherche à des journaux scientifiques de premier plan dès la première année de thèse, d'autres articles de recherche sur la thèse, la formation aux méthodes de pointe, la participation à deux congrès (inter)nationaux par an. L'environnement scientifique international du sujet de thèse permettra au doctorant d'être très bien préparé et « armé » passer à l'étape suivante de sa carrière

#### 9 - Contexte scientifique et partenarial : éléments généraux

Ce projet de thèse bénéficiera de l'appui de deux projets portant sur l'effet des changements environnementaux sur les poissons marins à différents stades de vie. Le projet LabexMer «OASYS» (2017-2019) et le projet FRB « PACIO » (2017-2019) sont deux projets dont les financements sont assurés. Une demande de demie bourse de thèse est acquise à l'Ifremer (date: 2019 –2022). Une demande de financement de type ANR JCJC est en cours (date envisagée : 2019 –2022). Une demande de bourse de mobilité sera déposée à différents guichets pour que l'étudiant(e) en thèse puisse effectuer un séjour de 4 mois dans le laboratoire de A. Hickey en Nouvelle-Zélande. La mise au point d'un tampon de préservation des mitochondries permettant le diagnostic sur mitochondries prélevées de poisson dans leur milieu (obj. 3) pourra faire l'objet d'une valorisation commerciale avec l'aide de la direction du développement, de la valorisation et des partenariats économiques de l'Ifremer.

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

Il n'y aura pas de co-tutelle mais une collaboration internationale avec l'Université de Auckland, Nouvelle Zélande. L'étudiant effectuera un séjour de plusieurs mois en Nouvelle-Zélande. Le laboratoire d'accueil a déjà été contacté, A. Hickey est d'accord pour accueillir l'étudiant(e) et l'encadrer pendant son séjour. Le laboratoire d'accueil subviendra aux besoins financiers pour atteindre l'objectif 3.

11 - Financements Région Bretagne acquis par le porteur au cours des 3 dernières années (titre, montant) : Le porteur n'a pas acquis de financement de la région Bretagne au cours des 3 dernières années.

12 - Si projet cofinancé, nom du cofinancier (sollicité et ou acquis) : Le projet a déjà obtenu un cofinancement de l'Ifremer.

13 - Si cofinancement refusé, autres sources de cofinancement identifiées : Cofinancement accepté.



## Le – la candidat.e

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

### Profil de candidature souhaité – Français

Le - la candidat.e idéal.e pour cette thèse est attendu.e d'avoir une expérience en physiologie animale ou biochimie, un diplôme de master ou équivalent, une volonté d'apprendre diverses méthodes de laboratoire et d'expérimentation animale ; ainsi qu'une forte aptitude à gérer son temps et à communiquer, et une capacité à travailler de manière autonome et en équipe. Une expérience préalable de travail avec des poissons et de mesures de l'énergique mitochondriale serait un atout mais elle n'est pas un prérequis.

### Expected profile – Anglais

An ideal candidate for this position is expected to have experience in animal physiology or biochemistry at the MSc levels, willingness to learn diverse laboratory and animal handling methods, strong time management and communication skills; and an ability to work independently and in a team. A prior experience working with fish or measuring mitochondrial metabolism would be an asset but is not required.

## Projet de thèse en cotutelle internationale

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

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

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

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

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

## Financement du projet de thèse

**Part de l'enveloppe financière régionale affectée au projet :**

Financement Région 100 %

Financement Région 50 % (préconisé)

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

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

**Si le cofinancement n'est pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinancier :** Le cofinancement a été confirmé.

**En cas de non-obtention du cofinancement demandé, une autre source de cofinancement est-elle identifiée** (*oui/non*) : Le cofinancement demandé à l'Ifremer a été obtenu.

## **Annexe : Domaines et sous-domaines d'innovation stratégique**

### **Domaines d'innovation stratégique**

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

### **Ventilation en sous-domaines**

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

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

#### **D2- Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité**

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

#### **D3- Activités maritimes pour une croissance bleue**

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

#### **D4- Technologies pour la société numérique**

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

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

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

#### **D6- Technologies de pointe pour les applications industrielles**

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

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

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