Rentrée 2020

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

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

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

Identification du projet

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

Intitulé du projet *en langue française* : Approche multistress : Impact du changement climatique et d'un stress chimique (perturbateur endocrinien) sur le cycle de vie d'un poisson sentinelle marin

Intitulé du projet en langue anglaise : Multistress approach : **I**mpact of **C**limate change and chemical stress (**E**ndocrine disruptor) on the life cycle of a sentinel marine **fish**

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 7 A : « Observation, surveillance et gestion de l'environnement et des éco-systèmes et de leurs inter-actions »

DIS secondaire si nécessaire :

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

Établissement porteur du projet : UBO

Ecole Doctorale : EDSML (Ecole Doctorale 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 : LEMAR (LABORATOIRE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT MARIN)

Code du laboratoire (U/UMR/USR/EA/JE/...) : UMR 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 : 49

Nombre de thèses en cours : 49

Nombre de post-docs en cours : 12

Nom et prénom du directeur de thèse (HDR), porteur du projet : Guy CLAIREAUX

- e-mail : guy.claireaux@univ-brest.fr

- Téléphone : 02 98 22 49 38

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

112 publications totales, H-index : 34

1: Aimon C, Le Bayon N, Le Floch S, Claireaux G. 2019. Food deprivation reduces social interest in the European sea bass Dicentrarchus labrax. J Exp Biol. 222(Pt 3). pii: jeb190553. doi: 10.1242/jeb.190553. PubMed PMID: 30606796.

2: Howald S, Cominassi L, LeBayon N, Claireaux G, Mark FC. 2019. Future ocean warming may prove beneficial for the northern population of European seabass, but ocean acidification will not. J Exp Biol. 222(Pt 21). pii: jeb213017. doi:10.1242/jeb.213017. PubMed PMID: 31624098.

3: Kunz KL, Claireaux G, Pörtner HO, Knust R, Mark FC. Aerobic capacities and swimming performance of polar cod (Boreogadus saida) under ocean acidification and warming conditions. J Exp Biol. 2018 Oct 31;221(Pt 21). pii: jeb184473. doi:10.1242/jeb.184473.

4: Lavergne E, Pedron N, Calves I, Claireaux G, Mazurais D, Zambonino-Infante J, Le Bayon N, Cahu C, Laroche J. 2015. Does the chronic chemical contamination of a European flounder population decrease its thermal tolerance? Mar Pollut Bull. 95(2):658-64. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.01.006

5: Cominassi L, Moyano M, Claireaux G, Howald S, Mark FC, Zambonino-Infante JL, Le Bayon N, Peck MA. 2019. Combined effects of ocean acidification and temperature on larval and juvenile growth, development and swimming performance of European sea bass (Dicentrarchus labrax). PLoS One. 14(9):e0221283. doi: 10.1371/journal.pone.0221283.

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

Le Pr Guy Claireaux a encadré 12 thèses. Les quatre dernières sont :

Florian Mauduit. Thèse de doctorat de l'Université de Brest. Sujet : Evaluer l'état de santé des poissons : la pierre angulaire manquante dans l'évaluation et la gestion des risques écologiques. Thèse soutenue le 31 mars 2017. Il est actuellement post doc à L'université de Californie, Davis, USA.

Cassandre Aimon. Thèse de doctorat de l'Université de Brest. Sujet : Effet de l'environnement sur les stratégies

comportementales du bar Dicentrarchus labrax. Cas d'une pénurie de nourriture et d'une marée noire. Thèse soutenue le 25 novembre 2019.

Louise Cominassi. Thèse de doctorat de l'Université de Hambourg. Sujet : Stratégie d'adaptation du bar Dicentrarchus labrax face à l'acidification des océans. Thèse soutenue le 29 novembre 2019. Elle est actuellement post-doc à l'Université d'Alaska, Anchorage, USA.

Clémence Gourtay. Thèse de doctorat de l'Université de Brest et de Rimouski (bi-diplomation). Sujet : Aspects évolutifs et environnementaux de la plasticité phénotypique chez deux Moronidés, le bar Européen (Dicentrarchus labrax) et le bar rayé (Morone saxatilis). Thèse soutenue le 7 décembre 2018. Elle est actuellement post-doc à l'Université du Québec à Rimouski, Canada.

Co-encadrantes scientifiques : (précisé si HDR)

1) - Laboratoire de recherche co-encadrant : Véronique Loizeau, Ifremer RBE/PFOM/ARN

- e-mail : veronique.loizeau@ifremer.fr

- Téléphone : 02 98 22 46 79

- Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants

Xavier **Bodiguel**. Thèse de doctorat de l'Université Montpellier I (UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques). Sujet : "Caractérisation et modélisation des processus de bioaccumulation des PCB chez le merlu (*Merluccius merluccius*) du golfe du Lion". Période : Octobre 2004 - Juin 2008. Co-encadrement avec Capucine Mellon (Ifremer-Sète). Thèse soutenue le 9 juillet 2008. Co-financement Ifremer – Région Languedoc-Roussillon

Mélanie **Chambosse**. Thèse de doctorat Université du Havre, Laboratoire Ecotoxicologie des Milieux Aquatiques (LEMA) ; ED 497. Sujet : "Devenir des Polybromodiphényléthers (PBDE) et des Polychlorobiphényles (PCB) chez la sole commune (*Solea solea L.*) adulte". Période : débutée en novembre 2012, abandonnée en novembre 2015. Co-encadrement avec Catherine Munschy (Ifremer Nantes). Co-Financement Ifremer-Région Haute Normandie

Florence **Mounier**. Thèse de doctorat ED 304 Sciences et Environnements, Université Bordeaux I Sujet : "Modélisation de la bioaccumulation des contaminants organiques dans le réseau trophique de la Sole *Solea solea* dans l'estuaire de la Gironde". Période : Novembre 2014- Novembre 2018. Co-encadrement avec Jérémy Lobry (Irstea-Bordeaux). Thèse soutenue le 27 mars 2019 Co-Financement Ifremer-Irstea. Actuellement en post-doctorat à l'IRSTEA-Bordeaux dans le cadre du projet GIP-SA « CHOPIN »

2) - Laboratoire de recherche co-encadrant Arianna Servili, Ifremer- LEMAR UMR 6539

- e-mail : arianna.servili@ifremer.fr

- Téléphone : 02 29 00 85 16

Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants

Co-encadrent de la thèse de Laura **Càdiz Barrera** (2015-2017, bourse Ifremer-region). Titre de thèse : « Environment and early life stage in fish : developmental plasticity responds to seawater changes in oxygen and temperature ». Date de soutenance : 20/12/2017. Laura Càdiz Barrera est actuellement en post doctorat à l'Université d'Ottawa, Canada

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

Principales collaborations :

- Local : Christophe Lebigre (Ifremer, Laboratoire de Biologie Halieutique, **ISblue**) apportera au projet son expertise en analyse de donnés (modèles mixte non linéaires) et David Mazurais (Ifremer, LEMAR), son expertise en biologie moléculaire
- National : Salima Aroua, Univ du Havre, SEBIO : contribuera au projet compte tenu de son expertise sur exposition et effets de l'EE2 chez le poisson
- International : Evaristo Mañanos, (CSIC, Castellon, Espagne) : participera à l'évaluation des impacts du multistress sur la maturation sexuelle (détection plasmatique des stéroïdes sexuels et de la vitellogénine)

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

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

Cette étude se propose d'évaluer les effets d'un perturbateur endocrinien dans un contexte de changement climatique (multi-stress : réchauffement et acidification) sur le cycle de vie complet d'une espèce marine. Les conditions de température et pH/PCO_2 sont celles prévues par le GIEC pour 2100. Le poisson retenu pour cette étude est l'épinoche marine qui est une espèce sentinelle utilisable pour la surveillance des milieux aquatiques. Elle présente un cycle de vie court, fréquente les eaux tempérées de l'hémisphère nord (majorité des estuaires français) et est couramment utilisée en expérimentation. Le projet repose sur une approche expérimentale et se décline en 3 questions majeures : **1/** Les conditions d'acidification et de réchauffement des océans prévues pour 2100 impactent-elles les fonctions physiologiques de l'épinoche et à quel(s) stade(s) de son cycle de vie ? Cette question sera principalement abordée à travers deux axes : l'axe gonadotrope pour appréhender la fonction de reproduction et l'axe thyréotrope pour la croissance/développement. **2**/ Les capacités adaptatives de l'épinoche face au changement global, sont-elles affectées par un stress supplémentaire (perturbateur endocrinien de type xenoestrogène) en fin de développement larvaire ? Focus sur une contamination par l'éthinylestradiol (EE2). **3**/ Le changement climatique associé à la contamination chimique oestrogénique impactent-ils le comportement de l'épinoche ? Des tests comportementaux seront utilisés pour évaluer les potentiels impacts sur le comportement social, reproducteur et sur les activités de nage de l'épinoche.
Les effets combinés du réchauffement et de l'acidification de l'eau sur la physiologie et le comportement de l'épinoche à trois épines et la modulation potentielle de ces effets suite à une contamination oestrogénique restent inexplorés et constituent l'une des originalités de cette étude. L'étude combinée des effets tant sur les fonctions physiologiques que sur le comportement, sur une espèce représentative des estuaires tempérés, constitue également une approche assez novatrice dans le cas du multistress.
Ce projet bénéficiera également d'un contexte collaboratif enrichissant aux niveaux local (Ifremer, Laboratoire de Biologie Halieutique, ISblue et LEMAR), national (Université du Havre, SEBIO) et international (CSIC, Castellon, Espagne).

Présentation détaillée du projet :

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

Contexte scientifique

La combinaison du réchauffement et de l'acidification des océans (AO) pose des problèmes écophysiologiques aux organismes, entraînant des effets néfastes sur la survie, la croissance, la reproduction et le comportement[3,5]. Des résultats récents de notre laboratoire montrent que l'AO agit comme un perturbateur endocrinien impactant fortement la reproduction des poissons (décalage de la maturation sexuelle et des pontes, qualité médiocre des œufs). Ces effets devraient être particulièrement notoires dans les estuaires et les zones côtières des milieux tempérés compte tenu des prévisions envisagées[2,4]. Par ailleurs, les effets du changement climatique peuvent également compromettre la résilience de ces espèces à d'autres facteurs de stress, tels que la contamination chimique[6]. Or les zones estuariennes concentrent plus de 60 % de la population humaine et sont de plus en plus exploitées et contaminées[7]. Dans le vaste « cocktail » des contaminants chimiques, les perturbateurs endocriniens (PE) suscitent un intérêt croissant. Un sous-groupe de PE, les xénoestrogènes (XE), est constitué de produits chimiques exogènes capables de se lier aux récepteurs des œstrogènes (ER) et de les activer. Les effets générés peuvent être observés à différents niveaux : expression de gènes, concentrations hormonales et anomalies des gonades impactant directement la reproduction[8] et indirectement la dynamique de population des poissons[9]. Les effets des mélanges d'œstrogènes agissent selon le principe de l'addition de concentration (CA)[10] d'après lequel les composants du mélange agissent de manière similaire. Ainsi, le remplacement total ou partiel d'un ou plusieurs composés par une fraction égale (d'une concentration équivalente) d'un autre composant du mélange, produit le même résultat. Ce principe de CA, permet de s'affranchir de l'utilisation d'un mélange de composé difficile à caractériser *a priori*. L'éthinylestradiol (EE2), présent dans les pilules contraceptives orales, possède un potentiel oestrogénique 10 fois plus élevé que l'œstradiol naturel (E2), et n'est pas complètement éliminé lors du traitement des eaux usées, entraînant une contamination des eaux de surface du monde entier [11] comprises entre 0,2 et 75 ng / L[13,14]. L'EE2 peut ainsi représenter un « proxy de xénoestrogène ».
L'épinoche à trois épines *Gasterosteus aculeatus* (L. 1758) est une espèce euryhaline de petite taille, qui présente un cycle de vie court. Elle est fréquemment utilisée comme organisme modèle, commun aux recherches tant évolutives qu'écologiques[16] et comme espèce sentinelle pour la surveillance des milieux aquatiques. Le choix de l'épinoche marine dans cette étude est motivé par trois atouts majeurs : 1/ habitat tempéré de l'hémisphère nord, elle est présente dans les grands estuaires français (Seine[17] ; Gironde[18]) ainsi que dans les estuaires et aber bretons (Aber Wrac'h, Elorn…[22]) ; 2/ sa réponse physiologique à une contamination oestrogénique est connue[19] ; 3/ les effets du réchauffement et de l'AO sur le développement larvaire précoce et les adultes ont été mis en évidence[20,21].

Objectifs scientifiques

Dans un contexte de multistress, l'objectif général de cette thèse est d'étudier les effets du changement climatique (pH-température) sur le cycle de vie complet de l'épinoche marine en réalisant un stress chimique supplémentaire (effet de type oestrogénique par contamination à l'EE2) dans une préoccupation de pertinence écologique et environnementale.

Cet objectif général se décline en 3 questions spécifiques :

1- Les conditions d'acidification et de réchauffement des océans impactent elles les fonctions physiologiques de l'épinoche marine (*Gasterosteus aculeatus*) ? Et à quel(s) stade(s) de son cycle de vie (larves-juvéniles-adultes-œufs -larves F1) ? Focus sur la fonction de reproduction (axe gonadotrope) et croissance/développement (axe thyréotrope).
2- La réponse physiologique de l'épinoche face au changement global est-elle affectée par un stress supplémentaire (perturbateur endocrinien de type xenoestrogène) en fin de développement larvaire ? Focus sur une contamination par l'éthinylestradiol (EE2).
3- La réponse comportementale est-elle également impactée par la combinaison de stress environnementaux et chimique ? Focus sur le comportement social et reproducteur ainsi que sur les performances de nage.

2 - Approche méthodologique et techniques envisagées :

Le design expérimental sera optimisé pour étudier les 3 objectifs scientifiques de cette étude et les analyses biochimiques et moléculaires seront adaptées aux stades de vie.

Phase 1 (Objectifs 1 et 3) : Production d'œufs et développement larvaire F0.

80 épinoches marines à trois épines adultes seront réparties en 2 modalités d'exposition avec des effectifs et sexratio équivalents :

- ✓ « Situation actuelle » : conditions de température et PCO_2/pH actuelles.
- ✓ « Scénario 2100 » : température et PCO_2/pH selon le scenario le plus pessimiste du GIEC (2019[1]) pour 2100.

Les conditions expérimentales de chacune des modalités seront maintenues pendant la reproduction et l'élevage larvaire. Le succès reproducteur (fécondité, taux de fertilisation et éclosion) ainsi que la qualité et viabilité des œufs et des larves, croissance et organogénèse seront évalués pour les deux scénarios. Une attention particulière sera accordée à l'étude de l'ontogénèse de l'axe gonadotrope (reproduction/maturation gonadique) et thyréotrope (croissance et développement) par deux approches : *1)* le niveau d'expression, *2)* la localisation des cellules exprimant les principaux gènes impliqués dans ces deux axes* qui seront déterminés par RTqPCR et immunohistochimie et hybridation *in situ*. Les impacts des conditions environnementales 2100 seront testés sur le comportement de nage des animaux en fin de développement larvaire.

Phase 2 (Objectifs 2 et 3) : Exposition EE2 et stade juvénile.

En fin de développement larvaire la modalité « scénario 2100 » sera séparée en 3 groupes : *i)* groupe **«** témoin 2100 » ; *ii)* groupe « EE2 2100 **»** (EE2 à 0.05 nM) ; *iii)* groupe **«** solvant 2100 **»** (éventuel impact du diméthylsulfoxyde DMSO, solvant utilisé pour la contamination à l'EE2). L'exposition chimique (EE2+DMSO et DMSO seul) sera réalisée par exposition en continu de type «Flow-through» des poissons et de leurs proies afin de prendre en compte deux voies possibles de contamination pendant la phase juvénile. Un suivi analytique de l'EE2 du milieu (eau+proies) sera effectué[24]. Une caractérisation phénotypique de chaque groupe sera réalisée pendant l'exposition avec un focus sur le fonctionnement des axes gonadotrope et thyréotrope et également sur le comportement social et de nage.

Phase 3 (Objectifs 1, 2 et 3) : Maturité sexuelle et reproduction F1.

L'impact des conditions environnementales (2020 *vs* 2100) et contamination (EE2 pendant la phase juvénile) sera évalué sur la reproduction par différents paramètres : 1/ Niveaux plasmatiques de stéroïdes sexuels et vitellogénine par ELISA ; 2/ Qualité des gamètes par histologie et marqueurs moléculaires (œufs) ou test de motilité (sperme) ; 3/ Succès reproducteur, qui sera comparé à ceux obtenus chez les géniteurs à l'origine de cette étude. Une attention particulière sera accordée aux potentielles perturbations du comportement reproducteur (en particulier la capacité des mâles à construire le nid et fournir des soins parentaux[23]).

Compte tenu de l'approche multifactorielle, les modèles non linéaires mixtes seront mis en œuvre.

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

Cette thèse s'inscrit dans trois axes scientifiques de l'UMR-LEMAR : *Impact du changement global* ; *Réponses aux polluants émergents et multi-stress* et *Etude du continuum terre-mer* qui constituent des enjeux de recherche importants avec des implications fortes en terme écologique, économique et social. Les effets combinés du réchauffement et de l'acidification de l'eau sur la physiologie et le comportement, au cours de l'intégralité du cycle de vie d'un poisson, et l'altération potentielle de ces effets suite à une contamination oestrogenique restent inexplorés et constituent l'originalité de cette étude. Elle s'inscrit pleinement dans les objectifs du thème : « *Océan vivant et services écosystémiques* », de l'EUR ISblue (cf 8/). Enfin, cette thèse s'inscrit dans la démarche de la directive-cadre "Stratégie pour le milieu marin" de l'Union européenne (DCSMM) pour renforcer l'évaluation de l'état écologique des zones côtières et estuariennes ainsi que le rôle des diverses pressions et impacts auxquels ils sont soumis. En particulier, la thèse considère de manière conjointe les stress chimique et climatique, au cours du cycle de vie complet des espèces afin d'appréhender les conséquences à l'échelle des populations puis des écosystèmes.

Ce travail de thèse constitue une **première approche pour aborder la complexité des réponses des organismes aux perturbations de leurs environnements**. Les **perspectives** à plus long terme sont nombreuses et peuvent concerner tant, la transposition au milieu naturel, que d'autres familles de contaminants, que d'autres espèces présentant un intérêt halieutique ou écologique.

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

Ce projet s'inscrit dans le DIS 7A : » « *Observation, surveillance et gestion de l'environnement et des éco-systèmes et de leurs interactions* » qui vise à apporter des réponses aux principaux défis environnementaux tels que la préservation des milieux naturels,

---

* *Axe gonadotrope : GnRH, kisspeptines, gonadotrophines, récepteurs aux stéroïdes sexuels, aromatases ; axe thyréotrope : TRH, TSH, hormones thyroïdiens, deiodinases*

tout en assurant le développement durable et la mise en valeur du continuum terre-mer. La réalisation de ces objectifs implique inévitablement une meilleure compréhension de la réponse des organismes aux changements environnementaux, en tenant compte du stade de vie impacté et des conséquences possibles sur la population.
Ce projet contribuera au programme régional Breizh COP concernant la transition écologique et climatique, à travers plusieurs de ces objectifs : **Obj1**. « *Amplifier le rayonnement de la Bretagne* » en augmentant l'attractivité de la recherche bretonne dans le domaine phare du climat et océan ; **Obj2** « *Développer des alliances territoriales et assurer la place européenne de la Bretagne* » par l'élaboration d'un projet H2020 (cf §6) ; **Obj7**. « *Développement de la recherche et l'enseignement supérieur sur les enjeux de transitions et de l'adaptation aux changement climatique et de biodiversité* » en étudiant les effets du réchauffement et de l'acidification des océans sur un poisson marin présent dans les zones côtières et estuariennes bretonnes.
Enfin, les résultats obtenus dans cette étude devraient nous permettre d'avoir des éléments pour sensibiliser « le public » **(Obj 29)** sur les impacts d'une contamination chimique dans le cadre du changement global, sur le cycle de vie d'une espèce présente en Bretagne. Un effort de communication (vulgarisation) auprès du public (lycéens notamment) est envisagé avec l'appui de la cellule communication de l'Ifremer. Par ailleurs, le laboratoire participe régulièrement en tant que partenaire scientifique aux « Projets Jeunes reporters des arts, des sciences et de l'environnement ».

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

6 - Si lien avec projet ERC, préciser lequel :

La thématique et les objectifs de ce projet de thèse ont un lien direct avec le work package 3 du programme SEAWISE (Shaping ecosystem based fisheries management) en cours de montage pour l'AAP H2020.

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

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 climatiques prédits pour 2100, particulièrement dans un environnement contaminé susceptible d'impacter ces capacités. Les approches développées au cours de la thèse permettront de cibler le stade de développement plus vulnérable à étudier en priorité pour transposer l'approche à des espèces ayant un cycle de vie plus long. 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

Ce projet permettra au doctorant d'acquérir de larges compétences scientifiques en écotoxicologie, comportement et physiologie des poissons à différents niveaux d'intégration (moléculaire, tissulaire, individuelle). Au cours de son doctorat, le doctorant aura l'opportunité de développer ses compétences d'encadrement, sa capacité de gestion du temps, de travail en équipe, de communication et de rigueur scientifique à travers notamment l'encadrement de stages, le séjour dans un laboratoire étranger (cf §10), sa participation à des conférences scientifiques internationales et à des événements scientifiques de vulgarisation. La valorisation des résultats est d'ores et déjà envisagée à travers la participation à des congres nationaux (GDR ReproScience, GDR Ecotoxicologie Aquatique) et internationaux (CECE, SETAC) et potentiellement 4 publications : 1/Effets synergiques du réchauffement et de l'acidification des océans sur l'ensemble du développement larvaire de l'épinoche. 2/Réponse physiologique de l'épinoche juvénile face au changement globale et à une contamination oestrogénique. 3/Effets à long terme du changement global et une perturbation oestrogénique sur la reproduction et le stade larvaire F1. 4/Rôle des neurotransmetteurs dans la médiation des effets de l'acidification des océans chez le poisson.

9 - Contexte scientifique et partenarial : éléments généraux

Ce projet de doctorat s'inscrit dans une volonté mondiale forte de comprendre la réponse des organismes marins aux changements environnementaux afin de conserver la biodiversité et les services écosystémiques associés. Toutefois, peu de projets combinent le stress climatique et le stress chimique sur l'ensemble du cycle de vie d'une espèce représentative de l'environnement. Cette étude élargit le questionnement du projet PACIO (FRB, 2017-2019) sur les régulations endocrines et se situe dans la continuité des projets 'FITNESS' (Deutsche Forschungemeinschaft, PE 1157/8-1), 'OASYS' (Labexmer, 2017-2019) et 'IVA' (Ifremer, 2019-2020).
L'expertise en physiologie et comportement des poissons face aux environnements changeants de Guy Claireaux, en endocrinologie de la reproduction d'Arianna Servili ainsi que les compétences de Véronique Loizeau sur les contaminants organiques sont complémentaires et requises pour l'encadrement du/de la doctorant/e et le bon déroulement du projet. Les méthodes analytiques

et équipements nécessaires pour le développement de cette thèse sont maîtrisés et disponibles dans l'unité LEMAR ou à travers la collaboration avec le CSIC (Espagne). L'élevage de l'épinoche sera réalisé dans les structures expérimentales Ifremer de Plouzané avec l'implication directe du personnel zootechnicien du laboratoire (Sophie Collet et Nicolas Le Bayon) et la collaboration du personnel INERIS de Verneuil en Halatte, qui utilise cette espèce en expérimentation. Ce projet bénéficiera également d'un contexte collaboratif enrichissant (cf page 3).

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

Le projet ne bénéficie pas d'une cotutelle internationale, néanmoins un séjour de 3 mois est prévu au sein du laboratoire du Dr. Evaristo Mañanos (CSIC, Castellon, Espagne) afin de réaliser les dosages plasmatiques de stéroïdes sexuels et de vitellogenine, qui permettront d'évaluer les impacts du multistress sur la maturation sexuelle de l'épinoche.

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

12 - Si projet cofinancé, nom du cofinanceur (sollicité et ou acquis). **ISblue et UBO-EDSML sollicités**

13 - Si cofinancement refusé, autres sources de cofinancement identifiées. **BMO**

Références bibliographiques page 9.

Le – la candidat.e

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

Profil de candidature souhaité

Le candidat devra avoir de bonnes connaissances de la physiologie des poissons, une volonté d'apprendre diverses méthodes de laboratoire et d'expérimentation animale ainsi qu'une forte aptitude à gérer son temps, à communiquer, et une capacité à travailler de manière autonome et en équipe. Une expérience en expérimentation animale serait appréciée. De bonnes qualités rédactionnelles en français et anglais sont requises.

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.*) : **Cofinancement ISblue et UBO-EDSML sollicités**

Si le cofinancement n'est pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinanceur : Mars (ISblue) et Mai (UBO-EDSML)

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

Références

[1] GIEC, 2019. https://www.ipcc.ch/srocc/

[2] Melzner F. J. Thomsen W. et al. 2013 Future ocean acidification will be amplified by hypoxia in coastal habitats. Mar Biol 160:1875–1888

[3] Pimentel, M.S., Faleiro, F., et al. 2015 Compromised development of flatfish (Solea senegalensis) larvae under ocean warming and acidification. Microsc. Microanal. 2 1, 16e17

[4] Rodriguez-Mozaz, S., et al., 2017. Pharmaceuticals in marine environment: analytical techniques and applications. In: García Barrera, T., G_omez Ariza, J.L. (Eds.), Environmental Problems in Marine Biology: Methodological Aspects and Applications. Taylor & Francis Publisher, CRC Press, Abingdon, UK, pp. 268e316.

[5] Madeira, C., et al. 2016b. Thermal acclimation in clownfish: an integrated biomarker response and multi-tissue experimental approach. Ecol. Indicat. 71, 280e292.

[6] Jesus, T.A., Rosa, I.C. et al., 2018. Different ecophysiological responses of freshwater fish to warming and acidification. Comp. Biochem. Physiol., A 216, 34e41.

[7] Matthiessen P, Gibbs PE. 1998. Critical appraisal of the evidence for tributyltin-mediated endocrine disruption in molluscs. *Environ. Toxicol. Chem.*, *17*, 37-43.

[8] Ankley GT, Kathleen M. Jensen et al., 2010 Use of chemical mixtures to differentiate mechanisms of endocrine action in asmall fish model. Aquatic Toxicology 99 389–396

[9] Monosson E. 2005 Chemical mixtures: considering the evolution of toxicology and chemical assessment. *Environ. Health Perspect.*, *113,* 383-390.

[10] Brian JV, Harris CA et al., 2005. Accurate prediction of the response of freshwater fish to a mixture of estrogenic chemicals. Environ Health Persp;113:721–8.

[11] Bhandari RK, S L. Deem et al., 2015. Effects of the environmental estrogenic contaminants bisphenol A and 17a-ethinyl estradiol on sexual development and adult behaviors in aquatic wildlife species. General and Comparative Endocrinology 214 195–219

[12] Jobling S, Williams R. et al., 2006. Predicted Exposures to Steroid Estrogens in U.K. Rivers Correlate with Widespread Sexual Disruption in Wild Fish Populations (114) Environmental Health Perspectives

[13] Liu, J.L., Wang, R.M., et al., 2012. Biological effects and bioaccumulation of steroidal and phenolic endocrine disrupting chemicals in high-back crucian carp exposed to wastewater treatment plant effluents. Environ. Pollut. 162, 325–331.

[14] Juan Yang, et al. 2014. Distribution and bioconcentration of endocrine disrupting chemicals in surface water and fish bile of the Pearl River Delta, South China. Chemosphere 107 () 439–446

[15] Thorpe, K.L., et al., 2003. Relative potencies and combination effects of steroidal estrogens in fish. Environmental Science and Technology 37, 1142-1149

[16] Des Roches S, Shurin JB. Et al., 2013. Ecological and evolutionary effects of stickleback on community structure. PLoS ONE 8:e59644. doi: 10.1371/journal.pone.0059644

[17] Chouquet B & Duhammel S. 2016. Evaluation des peuplements benthiques et halieutiques des mares et fosses de la réserve naturelle de l'estuaire de Seine.- SE1.Rap de Synthese. 140p

[18] Sautour B & Baron J. 2018. Bref panorama scientifique de l'estuaire de la Gironde 2018. Rapport d'Etude LABEX-COTE 56p

[19] Hahlbeck, E., R. Griffiths et al., 2004.The juvenile three-spined stickleback (Gasterosteus aculeatus L.) as a model organism for endocrine disruption: I. Sexual differentiation. Aquatic Toxicology, 70(4): p. 287-310.

[20] Glippa, O. et al., 2017. Early Development of the Threespine Stickleback in Relation to Water pH. Frontiers in Marine Science,. 4.

[21] Hovel, RA, Carlson SM et al., 2017. Climate change alters the reproductive phenology and investment of a lacustrine fish, the three-spine stickleback. Glob Chang Biol,. 23(6): p. 2308-2320

[22] AQUASCOP – Ingénierie des ressources aquatiques, 2007. Inventaire des poissons dans 6 estuaires Breton. Rapport Agence de l'Eau Loire Bretagne. 63p

[23] Whoriskey, FG.; FitzGerald, GJ. Ecology of the threespine stickleback on the breeding grounds. In: Bell, MA.; Foster, SA., editors. The evolutionary biology of the threespine stickleback. Oxford University Press; Oxford: 1994. p. 188-206

[24] Ke, K, ; Wang,C. ; Zhang, H. ; Zhang, Y. ; Gui, S., 2015. Characterization of estrogenic receptor agonists and evaluation of estrogenic activity in the sediments of Liaohe River protected area. Marine Pollution Bulletin 100, 176-181

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 sureté 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.