

## OMEGA PROPOSITION DE SUJET DE THESE- Version française

## Identification du projet

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

Intitulé du projet *en langue française* : Effets des scénarios de changement global sur l'accumulation des acides gras polyinsaturés à longue chaîne n-3 et les performances des poissons - Approche expérimentale

Intitulé du projet *en langue anglaise* : Effects of global change scenarios on n-3 LC PUFA accumulation and fish performances – Experimental approach

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

Établissement porteur du projet : Université de Bretagne Occidentale

Ecole Doctorale : EDSML  SPI ou MATHSTIC pour les projets ISblue

## Identification du responsable du projet (futur directeur de thèse)

Nom du laboratoire d'accueil : Laboratoire Environnement Marin

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

Directeur<sup>1</sup> du Laboratoire : Luis Tito de Morais

Nom de l'équipe de recherche : PANORAMA

Nombre HDR dans le laboratoire : 51      Nombre de thèses en cours : 47      Nombre de post-docs en cours : 16

Nom et prénom du directeur\* de thèse (HDR), porteur du projet : Philippe Soudant

- e-mail : philippe.soudant@univ-brest.fr

- Téléphone : 02 98 49 86 23

- Publications récentes du directeur de thèse (nb total et 5 références max au cours des 5 dernières années) : 169 publications

- Salin, K., Mathieu-Resuge, M., Graziano, N., Dubillot, E., Le Grand, F., **Soudant, P., & Vagner, M. (2020)**. The relationship between membrane fatty acid content and mitochondrial efficiency differs within-and between-omega-3 dietary treatments. *Marine Environmental Research*, 163, 105205. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105205>
- Couturier, L. I. E., Michel, L. N., Amaro, T., Budge, S. M., da Costa, E., De Troch, M., Di Dato, V., Fink, P., Giraldo, C., Le Grand, F., Loaiza, I., Mathieu-Resuge, M., Nichols, P. D., Parrish, C. C., Sardenne, F., **Vagner, M., Pernet, F.\*, and Soudant, P. (2020)**. State of art and best practices for fatty acid analysis in aquatic sciences. – ICES Journal of Marine Science, doi:10.1093/icesjms/fsaa121. [https://www.researchgate.net/publication/343833498\\_State\\_of\\_art\\_and\\_best\\_practices\\_for\\_fatty\\_acid\\_analysis\\_in\\_aquatic\\_sciences#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/343833498_State_of_art_and_best_practices_for_fatty_acid_analysis_in_aquatic_sciences#fullTextFileContent)
- Marchetti, J., da Costa, F., Bougaran, G., Quéré, C., **Soudant, P., & Robert, R. (2018)**. The combined effects of blue light and dilution rate on lipid class and fatty acid composition of *Tisochrysis lutea*. *Journal of Applied Phycology*, 1483-1494. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1340-y>  
[https://www.researchgate.net/publication/321297383\\_The\\_combined\\_effects\\_of\\_blue\\_light\\_and\\_dilution\\_rate\\_on\\_lipid\\_class\\_and\\_fatty\\_acid\\_composition\\_of\\_Tisochrysis\\_lutea](https://www.researchgate.net/publication/321297383_The_combined_effects_of_blue_light_and_dilution_rate_on_lipid_class_and_fatty_acid_composition_of_Tisochrysis_lutea)
- González-Fernández, C., Lacroix, C., Paul-Pont, I., Le Grand, F., Albentosa, M., Bellas, J., Vinas, L., Campillo, J.A., Hégarret, H., & **Soudant, P. (2016)**. Effect of diet quality on mussel biomarker responses to pollutants. *Aquatic*

<sup>1</sup> Ce formulaire est rédigé en style épïcène

*Toxicology*, 177, 211-225. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.05.027>  
[https://www.researchgate.net/publication/303712986\\_Effect\\_of\\_diet\\_quality\\_on\\_mussel\\_biomarker\\_responses\\_to\\_pollutants](https://www.researchgate.net/publication/303712986_Effect_of_diet_quality_on_mussel_biomarker_responses_to_pollutants)

- da Costa F., Robert R., Quéré C., Wikfors GH., **Soudant, P. (2015)**. Essential fatty acid assimilation and synthesis in larvae of the bivalve *C.gigas*. *Lipids* 50(5) 503-511. <https://doi.org/10.1007/s11745-015-4006-z>  
[https://www.researchgate.net/publication/273640118\\_Essential\\_Fatty\\_Acid\\_Assimilation\\_and\\_Synthesis\\_in\\_Larvae\\_of\\_the\\_Bivalve\\_Crassostrea\\_gigas](https://www.researchgate.net/publication/273640118_Essential_Fatty_Acid_Assimilation_and_Synthesis_in_Larvae_of_the_Bivalve_Crassostrea_gigas)
- **Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours sur les 6 années passées)**
- **2020-2023** : Mickaël Péron, Financement ARED – EDSML. Rôle de l'habitat actuel et du stade ontogénique sur la capacité du bar *D. labrax* à faire face au scénario futur de réchauffement et de baisse de disponibilité en oméga-3 polyinsaturés à longue chaîne dans le réseau trophique. Co-direction : M. Vagner, F. Le Grand, D. Mazurais. Soutenance prévue en 2023.
  - **2019-2022** : Mariana VENTURA, financement Interreg NWE – UBO. Production d'acides gras polyinsaturés n-3 (Omega 3) par la culture des Thraustochytrides sur des effluents issus de la méthanisation. Soutenance prévue fin 2022.
  - **2017 – 2020** : Sarah ITOIZ, financement Région Bretagne-UBO. Écologie fonctionnelle de micro-parasites eucaryotes invasifs en rade de Brest. Co-direction : A. Chambouvet (CNRS). Soutenance prévue février 2021.
  - **2016 – 2019** : Marine REMIZE, financement UBO-UNCW. Origine et production des acides gras polyinsaturés essentiels 20:5n-3 et 22:6n-3 par les protistes autotrophes et hétérotrophes et transferts dans les chaînes trophiques marines pélagiques. Co-direction: F. Planchon (UBO), A.-L. Loh (UNCW), A. Volety (UNCW), F. Le Grand (UBO). Soutenue le 24 janvier 2020. Situation actuelle : Chef de projet à GREENSEA
  - **2015 – 2018**. Justine CASTREC, financement Région Bretagne-UBO. Impact des efflorescences de dinoflagellés toxiques sur la reproduction des huîtres d'intérêt économique en Rade de Brest. Co-direction : H. Hégarret et C. Fabioux. Soutenue décembre 2018. Situation actuelle : ATER
  - **2013 - 2017** : Sonia GASMI, financement Université Bordeaux. Écologie trophique et reproduction d'une population sauvage d'huître creuse *Crassostrea gigas* dans un écosystème macrotidal, peu profond : cas du bassin d'Arcachon. Co-direction : V. David. Soutenue Juin 2017. Situation actuelle : Post-doc Université NANCY
  - **2014 – 2017** : Floriane BOULOT, financement Région-UBO, Implication des canaux sodium voltage-dépendant dans la réponse aux toxines chez l'huître creuse *Crassostrea gigas* : le cas des PST. Co-direction : P. Boudry (Ifremer), H. Hégarret (CNRS) et C. Fabioux (UBO). Soutenue décembre 2017. Situation actuelle : ATER UBS

**Co-encadrant-e scientifique** : Marie VAGNER

- **Laboratoire de recherche co-encadrant** : Laboratoire Environnement Marin, UMR LEMAR 6539

- **e-mail** : marie.vagner@univ-brest.fr

- **Téléphone** : 02 98 22 43 89

- **Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours sur les 6 années passées)**

- **2020-2023** : Mickaël Péron, Financement ARED – EDSML. Rôle de l'habitat actuel et du stade ontogénique sur la capacité du bar *D. labrax* à faire face au scénario futur de réchauffement et de baisse de disponibilité en oméga-3 polyinsaturés à longue chaîne dans le réseau trophique. Co-direction : P. Soudant, F. Le Grand, D. Mazurais. Soutenance prévue en 2023.
- **2020-2023** : Mireia Kohler, Financement Etablissement La Rochelle Université - ANR PAMPAS. Ichtyofaune des marais côtiers des Pertuis charentais face à l'aléa de submersion marine : caractérisation, fonctionnement écologique et fonction patrimoniale. Co-direction : N. Bécu, E. Réveillac. Soutenance prévue en 2023.
- **2018-2021** : Marie Angelica Martinez Silva. Financement canadien (CRSNG). Indicateurs physiologiques de la croissance et du métabolisme chez des poissons d'intérêt commercial. Co-direction : C. Audet (ISMER, Rimouski, Canada). Soutenance prévue fin 2021.

## Financement du projet de thèse

Cette thèse est financée (fonctionnement et salaire) à 100% par ISblue dans le cadre du projet emblématique Flagship OMEGA financé sur la période 2021-2024.

## 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) : NA**

**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 : NA**

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

## Présentation du projet

### Résumé du projet:

Pour les populations humaines, le poisson constitue une source majeure d'acides gras polyinsaturés n-3 à longue chaîne (AGPI n-3 LC), communément appelés oméga 3, nécessaires au maintien des fonctions vitales. Les petits poissons pélagiques exploités (PPP), provenant principalement des systèmes de remontées d'eau froide des frontières orientales (Eastern Boundary Upwelling Systems ou EBUS, de Humboldt, du Benguela, des Canaries et de Californie), sont les principaux contributeurs à la consommation et à l'utilisation directe des AGPI n-3 LC par la population humaine mondiale. L'exploitation de cette ressource atteint aujourd'hui un plateau face à une population humaine en constante augmentation.

La richesse des organismes marins en AGPI n-3 LC dépend presque entièrement de la production de ces molécules à la base des réseaux trophiques marins (producteurs primaires), et de leur transfert à travers la chaîne trophique. Le changement global entraîne une réduction de la production globale d'AGPI n-3 LC à la base du réseau trophique marin, en altérant les assemblages d'espèces de producteurs primaires et leur physiologie. Une telle perturbation de la production d'AGPI n-3 LC pourrait se propager jusqu'aux niveaux trophiques supérieurs, incluant les PPP et l'homme. Ainsi, le changement climatique, combiné à l'augmentation de la population humaine, conduit actuellement à un avertissement clair que l'approvisionnement en AGPI n-3 LC pourrait devenir insuffisant d'ici 2040. Il devient urgent d'évaluer l'impact des changements environnementaux sur l'accumulation des AGPI n-3 LC par les PPP et leurs conséquences sur les populations de PPP afin de maintenir le fonctionnement des écosystèmes et l'approvisionnement en AGPI n-3 LC pour la population humaine. Cette question scientifique, pourtant fondamentale d'un point de vue écologique, socio-économique et de santé publique, n'a pas encore été prise en compte à l'échelle mondiale.

Dans ce contexte, l'objectif de la thèse sera d'évaluer comment les principales performances physiologiques et comportementales des PPP, qui sont déterminantes pour la croissance et le recrutement des populations, seront affectées par les changements de disponibilité alimentaire en AGPI n-3 LC, en utilisant un modèle biologique de PPP du Golfe de Gascogne, la sardine *Sardina pilchardus*.

Ce projet de thèse s'inscrit dans un projet de plus grande envergure, OMEGA (2021-2024, 400 k€), financé par l'EUR ISblue et qui se concentre d'abord sur le golfe de Gascogne en tant que site d'étude de référence pour développer une méthodologie de recherche interdisciplinaire, qui sera ensuite diffusée aux quatre EBUS (Humboldt, Benguela, Canaries et Californie). OMEGA combine les observations, l'expérimentation, la modélisation, les analyses économiques et sociologiques afin d'évaluer (1) la variabilité spatio-temporelle du contenu en AGPI n-3 LC dans les PPP, (2) l'influence de la disponibilité trophique des AGPI n-3 LC sur la physiologie et le comportement des PPP, et (3) ses impacts à l'échelle de la population et les changements potentiels futurs des approvisionnements en AGPI n-3 LC, (4) les effets des méthodes de production de la pêche sur la qualité du poisson en termes d'AGPI n-3 LC, et (5) les représentations des pêcheurs et des consommateurs, et les sources alternatives acceptables d'AGPI n-3 LC pour les consommateurs.

Les résultats expérimentaux obtenus au cours de cette thèse, couplés aux observations *in situ* menées dans OMEGA, contribueront alors à (i) développer des modèles mathématiques au niveau individuel qui incluent le transfert d'AGPI n-3 LC vers les PPP et son impact sur la croissance et le développement des poissons, la reproduction et le risque de mortalité, ii) extrapoler ces effets à l'échelle de la population pour iii) présenter des évaluations de premier ordre des futures réserves mondiales d'AGPI n-3 LC par les populations de PPP.

### Présentation détaillée du projet :

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

Les acides gras polyinsaturés n-3 à longue chaîne (AGPI n-3 LC ou oméga 3 LC) sont des molécules essentielles pour l'homme<sup>1</sup>. Ils sont des composants majeurs des membranes cellulaires et jouent donc un rôle clé dans de nombreuses fonctions vitales (ex : fonctions cérébrales, cardiovasculaires et immunitaires)<sup>1-3</sup> ; l'EPA (acide écosapentaénoïque) et le DHA (acide docosahéxaénoïque) étant les plus bénéfiques. L'être humain ne peut pas synthétiser ces molécules à partir de leurs précurseurs en quantité suffisante, et elles doivent donc être apportées par l'alimentation pour répondre à nos besoins en matière de santé<sup>4</sup>.

Les principales sources d'AGPI n-3 LC pour l'homme sont les ressources marines et les petits poissons pélagiques (PPP) en particulier<sup>5</sup>, qui représentent le plus grand groupe d'espèces débarquées dans les pêcheries marines. Ils sont principalement pêchés dans les systèmes d'upwelling de bord-est (Eastern Boundary Upwelling Systems EBUS) hautement productifs (Humboldt, Benguela, Canaries et Californie), à la fois pour la consommation humaine et pour l'alimentation animale. Alors que la consommation hebdomadaire de poisson est recommandée par de nombreuses autorités sanitaires (FAO, FDA, ANSES)<sup>4</sup>, son approvisionnement a atteint un plateau, les stocks étant entièrement exploités ou surexploités dans certaines régions. Cela entraîne un risque évident que ces molécules deviennent insuffisantes pour une population humaine mondiale croissante d'ici 2040<sup>6</sup>.

La richesse des organismes marins en AGPI n-3 LC dépend presque entièrement de la production de ces molécules à la base des réseaux trophiques marins (producteurs primaires), et de leur transfert le long de la chaîne trophique. La plupart des poissons marins de niveaux trophiques supérieurs au PPP ont des voies de biosynthèse d'AGPI n-3 LC très peu fonctionnelles<sup>7,8</sup>. Mais nous ne savons pas si les PPP, qui sont planctonivores, ont des voies de biosynthèse fonctionnelles ou non. Cependant, on suppose que leur teneur élevée en AGPI n-3 LC dépend aussi presque entièrement de la production de ces molécules à la base des réseaux trophiques marins et de leur transfert dans la chaîne alimentaire.

Le changement global (réchauffement, acidification, hypoxie des eaux)<sup>9-11</sup> entraîne une réduction de la production globale d'AGPI n-3 LC à la base du réseau trophique marin, en altérant les assemblages d'espèces de producteurs primaires et leur physiologie<sup>11,12</sup>. Cette réduction modifierait la composition membranaire des organismes supérieurs<sup>13</sup>, avec des conséquences à large échelle, en modifiant leurs fonctions physiologiques à différents stades de vie (e.g. croissance, reproduction, locomotion), avec des conséquences sur le recrutement et la fitness<sup>14-21</sup>. De plus, cette réduction interagirait négativement avec une hausse de température sur la composition membranaire, en altérant d'autant plus les fonctions physiologiques des organismes ectothermes tels que les poissons<sup>20,21</sup>, et soulignant la nécessité de considérer ces facteurs de façon combinée, en particulier dans le contexte du réchauffement des eaux. Ces altérations au niveau individuel sont susceptibles de se répercuter en cascade dans la dynamique des populations, et le fonctionnement des écosystèmes, et altérer la disponibilité en AGPI n-3 LC pour l'homme. Mais jusqu'à présent, ces effets n'ont pas été étudiés chez les PPP, ni d'un point de vue expérimental ni d'un point de vue de modélisation. L'hypothèse est qu'une limitation des AGPI à CL n-3 dans l'alimentation résultant d'un changement global réduira la condition corporelle des PPP, modifiera leur comportement avec des conséquences sur la dynamique des populations, et la disponibilité des AGPI n-3 LC pour l'homme.

L'objectif de cette thèse sera donc d'évaluer comment les principales performances physiologiques et comportementales des PPP, qui sont déterminantes pour la croissance et le recrutement et la dynamique de population, seront affectées par les changements de disponibilité alimentaire en AGPI n-3 LC et la température.

## 2 - Approche méthodologique et techniques envisagées :

Une approche expérimentale sera menée pour tester l'effet combiné de la disponibilité alimentaire en AGPI n-3 LC et de la température sur des performances physiologiques et comportementales déterminantes pour la croissance et le recrutement des PPP.

Les expérimentations seront menées sur un modèle de PP, la sardine *Sardina pilchardus* du Golfe de Gascogne, site de référence du projet OMEGA dans lequel s'inscrit cette thèse. Comme l'EBUS, le Golfe de Gascogne se caractérise par une riche production primaire, et supporte une forte abondance et exploitation de PP (30 000 T de sardines débarquées en 2017). Le choix de la sardine du Golfe est également renforcé par le déclin actuel inexplicable de la condition corporelle des anchois et des sardines observé depuis 2008<sup>22-24</sup>. Les causes potentielles de ce déclin n'ont jamais été étudiées à travers le prisme de la variabilité de la teneur en AGPI n-3 LC des poissons, et ses conséquences potentielles sur la physiologie et le recrutement.

L'élevage de la sardine sera mis en place à partir de gonades matures prélevées sur des poissons sauvages et apportés immédiatement au laboratoire pour la fertilisation. Les larves et les juvéniles obtenus seront respectivement nourris d'*Artemia* enrichies et de granulés avec différents niveaux d'AGPI n-3 LC jusqu'à la maturation des gonades (~1 an).

Pour évaluer les effets de la variation des AGPI n-3 LC sur la sardine, différents scénarios seront testés :

- Un scénario dans lequel les animaux seront nourris avec un niveau d'AGPI actuel couvrant les gammes de ces composés dans le plancton naturel (actuellement en cours d'étude au LEMAR),
- un scénario dans lequel les animaux seront nourris avec une teneur en AGPI n-3 LC plus faible pour tester l'hypothèse selon laquelle l'EPA et le DHA diminueront dans le plancton en raison des changements globaux<sup>11</sup>.

Ces scénarios alimentaires seront combinés avec deux températures d'acclimatation, qui simulent les conditions environnementales futures (c'est-à-dire la température moyenne réelle actuelle du Golfe de Gascogne, et +2,5°C par rapport à cette température).

L'accumulation, l'origine trophique et la régulation moléculaire des AGPI n-3 LC seront évaluées chez des larves regroupées et dans différents tissus d'intérêt pour les jeunes et les adultes (yeux, cerveau, muscles et gonades) en effectuant: i) des analyses des acides gras par GC-FID (Gas Chromatography Flame Ionisation detector)<sup>25</sup>, et des analyses isotopiques de composés spécifiques (CSIA) par GC-c-IRMS (Gas chromatography-Combustion- Isotope Ratio Mass Spectrometry)<sup>25,26</sup>, et ii) en mesurant l'expression des gènes codant les enzymes impliquées dans la biosynthèse des AGPI n-3 LC (telles que les désaturases et les élongases) par PCR quantitative<sup>27,28</sup>. La CSIA permettra de faire la différence entre l'incorporation d'AGPI n-3 LC préformés provenant de régimes alimentaires, et la synthèse d'AGPI n-3 LC endogènes provenant de précurseurs.

Des données comportementales et physiologiques difficiles à obtenir sur le terrain seront collectées : suivi individuel des taux de survie et de croissance, performances de reproduction<sup>29,30</sup>. Les mesures des taux métaboliques<sup>19</sup> et de la capacité digestive (specific dynamic action)<sup>31</sup> pourront être envisagées. Les mécanismes moléculaires et cellulaires à l'origine de ces réponses métaboliques clés (analyses transcriptomiques et enzymatiques) seront évalués dans les différents tissus d'intérêt. Le comportement pourra être étudié à travers (i) le comportement de nage en banc<sup>18</sup>, (ii) l'évitement des prédateurs<sup>32,33</sup>, (iii) d'autres traits comportementaux comme la phototaxie (décision d'orientation vers la lumière), la rhéotaxie (tourner pour faire face à un courant) et la réponse opto-cinétique rotative (mouvement des yeux en réponse au mouvement)<sup>34</sup>.

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

Comprendre la réponse des organismes marins au changement global est au cœur des préoccupations **mondiales**. En particulier, comprendre l'avenir des populations de poissons est un défi à la fois économique et de santé publique pour les populations humaines, pour qui elles sont la principale source d'AGPI n-3 LC. La dynamique et la résilience de la teneur en AGPI n-3 LC des petits pélagiques est encore loin d'être comprise, bien qu'elle puisse avoir des conséquences considérables sur la santé humaine dans un avenir proche (par exemple, pénurie d'huile de poisson d'ici 2040). Une meilleure compréhension de ce contenu et de la manière dont il peut être modifié par le changement mondial contribuera à préserver les services des écosystèmes, avec des implications directes sur la santé humaine et la sécurité alimentaire.

Cette thèse, basée sur une approche expérimentale, est intégrée dans un projet **international** de plus grande envergure, OMEGA (2021-2024, 51 membres, 400 k€), financé par l'École Universitaire de Recherche ISblue, et dont l'objectif est d'étudier les effets de la pénurie trophique d'acides gras polyinsaturés n-3 à longue chaîne sur les petits poissons pélagiques et les populations humaines à travers l'élaboration d'un cadre interdisciplinaire combinant des approches physiques, biologiques, économiques et sociologiques. OMEGA se concentre d'abord sur le golfe de Gascogne en tant que site de référence pour développer une méthodologie de recherche interdisciplinaire, qui sera ensuite diffusée aux quatre EBUS (Humboldt, Benguela, Canaries et Californie). OMEGA combine les observations, l'expérimentation, la modélisation, l'économie et les analyses sociologiques afin d'évaluer (1) la variabilité spatio-temporelle du contenu en AGPI n-3 LC dans les PPP, (2) l'influence de la disponibilité trophique des AGPI n-3 LC sur la physiologie et le comportement des PPP, et (3) ses impacts à l'échelle de la population et les changements potentiels futurs des approvisionnements en AGPI n-3 LC, (4) les effets des méthodes de production de la pêche sur la qualité du poisson en termes d'AGPI n-3 LC, et (5) les représentations des pêcheurs et des consommateurs, et les sources alternatives acceptables d'AGPI n-3 LC pour les consommateurs.

Ainsi, couplés aux observations *in situ* faites dans ce projet, les résultats expérimentaux obtenus au cours de cette thèse contribueront à (i) développer des modèles mathématiques au niveau individuel qui incluent le transfert d'AGPI n-3 LC vers les PPP et son impact sur la croissance et le développement des poissons, la reproduction et le risque de mortalité selon différents scénarios environnementaux, ii) extrapoler ces effets à l'échelle de la population pour iii) présenter des évaluations de premier ordre des  **futures réserves mondiales**  d'AGPI n-3 LC par les populations de PPP.

### 4 - Contexte scientifique et partenarial : éléments généraux (ERC, CPER, FEDER, Breizhcop ...) :



Comme dit précédemment, ce projet s'inscrit dans un projet international OMEGA (2021-2024), qui rassemble plus de 50 scientifiques, provenant de 7 laboratoires régionaux (UMR LEMAR, Ifremer-STH, UMR AMURE, UMR LOPS, LP3C, Audencia Business School), 2 laboratoires nationaux (LOCEAN, UMMISCO), 7 laboratoires académiques étrangers (UCAD & CRODT, au Sénégal ; UCT & DAFF, en Afrique du Sud ; IMARPE au Pérou ; CICIMAR & CIBNOR au Mexique), et un partenaire économique (Conserverie Chancerelle-Connetable). Cette thèse permettra donc de poursuivre efficacement l'intégration de notre laboratoire dans le réseau régional, national et international des centres de recherche qui travaillent dans ce domaine.

Durant la thèse, un dialogue étroit sera mené entre modélisateurs (LEMAR, Ifremer-STH) et expérimentateurs/physiologistes pour l'utilisation ultérieure des données physiologiques obtenues dans les modèles individuel et populationnel. Aussi, nos collaborateurs péruviens sont très intéressés pour développer les techniques expérimentales développées pendant la thèse, des échanges privilégiés seront menés avec eux.

## Bibliographie :

1. Siriwardhana, N., Kalupahana, N. S. & Moustaid-Moussa, N. Health Benefits of n-3 Polyunsaturated Fatty Acids. in *Advances in Food and Nutrition Research* vol. 65 211–222 (Elsevier, 2012).
2. Amminger, G. P., Schäfer, M. R., Schölgerhofer, M., Klier, C. M. & McGorry, P. D. Longer-term outcome in the prevention of psychotic disorders by the Vienna omega-3 study. *Nature Communications* 6, (2015).
3. Crawford, M. A. & Broadhurst, C. L. The role of docosahexaenoic and the marine food web as determinants of evolution and hominid brain development: the challenge for human sustainability. *Nutr Health* 21, 17–39 (2012).
4. *Fats and fatty acids in human nutrition: report of an expert consultation: 10-14 November 2008, Geneva*. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010).
5. Metian, A. G. J. T. M. Fishing for Feed or Fishing for Food: Increasing Global Competition for Small Pelagic Forage Fish. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 38, 294–302 (2009).
6. Food and agriculture organization of the United States. *State of the world fisheries and aquaculture 2014*. (Food & Agriculture Org, 2014).
7. Strandberg, U. et al. Selective transfer of polyunsaturated fatty acids from phytoplankton to planktivorous fish in large boreal lakes. *Science of The Total Environment* 536, 858–865 (2015).
8. Tocher, D. Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish. *Revs. in Fisheries Sc.* 11, 107–184 (2003).
9. Doney, S. C. Plankton in a warmer world. *Nature* 444, 695–696 (2006).
10. Marinov, I., Doney, S. C. & Lima, I. D. Response of ocean phytoplankton community structure to climate change over the 21st century: partitioning the effects of nutrients, temperature and light. *Biogeosciences* 7, 3941–3959 (2010).
11. Hixson, S. M. & Arts, M. T. Climate warming is predicted to reduce omega-3, long-chain, polyunsaturated fatty acid production in phytoplankton. *Glob Change Biol* 22, 2744–2755 (2016).
12. Galloway, A. W. E. & Winder, M. Partitioning the relative importance of phylogeny and environmental conditions on phytoplankton fatty acids. *PLOS ONE* 10, e0130053 (2015).
13. Pethybridge, H. R. et al. Spatial patterns and temperature predictions of tuna fatty acids: Tracing essential nutrients and changes in primary producers. *PLOS ONE* 10, e0131598 (2015).
14. Nandi, S. et al. Reproductive performance of carp, *Catla catla* (Ham.), reared on a formulated diet with PUFA supplementation. *Journal of Applied Ichthyology* 23, 684–691 (2007).
15. Izquierdo, M. S., Fernández-Palacios, H. & Tacon, A. G. J. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture* 197, 25–42 (2001).
16. Yanes-Roca, C., Rhody, N., Nystrom, M. & Main, K. L. Effects of fatty acid composition and spawning season patterns on egg quality and larval survival in common snook (*Centropomus undecimalis*). *Aquaculture* 287, 335–340 (2009).
17. Bell, M. V. et al. Dietary deficiency of docosahexaenoic acid impairs vision at low light intensities in juvenile herring (*Clupea harengus* L.). *Lipids* 30, 443–449 (1995).
18. Ishizaki, Y. The effect of dietary docosahexaenoic acid on schooling behaviour and brain development in larval yellowtail. *Journal of Fish Biology* 58, 1691–1703 (2001).
19. Vagner, M. et al. Reduced n-3 highly unsaturated fatty acids dietary content expected with global change reduces the metabolic capacity of the golden grey mullet. *Marine Biology* 161, 2547–2562 (2014).
20. Vagner, M. et al. 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 (2015).
21. Vagner, M. et al. Ocean warming combined with lower omega-3 nutritional availability impairs the cardio-respiratory function of a marine fish. *The Journal of Experimental Biology* jeb.187179 (2019) doi:10.1242/jeb.187179.
22. Doray, M. et al. Monitoring small pelagic fish in the Bay of Biscay ecosystem, using indicators from an integrated survey. *Progress in Oceanography* 166, 168–188 (2018).
23. ICES. *Report of the Working Group on Southern Horse Mackerel, Anchovy and Sardine (WGHANSA)*. 554 p. (2016).
24. ICES. Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in Division 9.a (Atlantic Iberian waters). (2018) doi:10.17895/ICES.PUB.4497.
25. Soudant, P., Marty, Y., Moal, J., Masski, H., & Jean François Samain. Fatty acid composition of polar lipid classes during larval development of scallop *Pecten maximus* (L.). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 121, 279–288 (1998).
26. Mathieu-Resuge, M. et al. Different particle sources in a bivalve species of a coastal lagoon: evidence from stable isotopes, fatty acids, and compound-specific stable isotopes. *Mar. Biol.* 166, 89 (2019).
27. Vagner, M. & Santigosa, E. Characterization and modulation of gene expression and enzymatic activity of delta-6 desaturase in teleosts: A review. *Aquaculture* (2010) doi:10.1016/j.aquaculture.2010.11.031.
28. Yamamoto, Y. et al. Cloning and nutritional regulation of polyunsaturated fatty acid desaturase and elongase of a marine teleost, the nibe croaker *Nibea mitsukurii*. *Fisheries Science* 76, 463–472 (2010).

29. Servili, A., Canario, A. V. M., Mouchel, O. & Antonio Muñoz-Cueto, J. Climate change impacts on fish reproduction are mediated at multiple levels of the brain-pituitary-gonad axis. *General and Comparative Endocrinology* 113439 (2020) doi:10.1016/j.ygcn.2020.113439.
30. Miranda, L. A., Chalde, T., Elisio, M. & Strüssmann, C. A. Effects of global warming on fish reproductive endocrine axis, with special emphasis in pejerrey *Odontesthes bonariensis*. *General and Comparative Endocrinology* 192, 45–54 (2013).
31. Dupont-Prinet, A., Vagner, M., Chabot, D., Audet, C. & MacLatchey, D. Impact of hypoxia on the metabolism of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 70, 461–469 (2013).
32. Benítez-Santana, T. et al. Increased Mauthner cell activity and escaping behaviour in seabream fed long-chain PUFA. *British Journal of Nutrition* 107, 295–301 (2012).
33. Lefrançois, C., Shingles, A. & Domenici, P. The effect of hypoxia on locomotor performance and behaviour during escape in *Liza aurata*. *Journal of Fish Biology* 67, 1711–1729 (2005).
34. Masuda, R. Behavioral Ontogeny of Marine Pelagic Fishes with the Implications for the Sustainable Management of Fisheries Resources. *Aqua-BioScience Monographs* 2, (2009).

## Le candidat

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

Le candidat idéal doit posséder de l'expérience en physiologie animale, écophysiologie ou biochimie au niveau Master, être disposé à apprendre diverses méthodes de manipulation en laboratoire et sur des animaux, posséder de solides compétences en gestion du temps et en communication et être capable de travailler de façon autonome et en équipe. Une expérience préalable de manipulation des poissons ou du métabolisme des lipides serait un atout, mais ce n'est pas obligatoire. La langue anglaise doit être maîtrisée. Une attention particulière sera portée à la mobilité géographique du candidat (années académiques à l'étranger, année de césure...). Il devra faire preuve d'une maturité et d'un recul suffisants avant de choisir de s'investir dans ce projet.

Les candidatures devront être adressées à [philippe.soudant@univ-brest.fr](mailto:philippe.soudant@univ-brest.fr) ET [marie.vagner@univ-brest.fr](mailto:marie.vagner@univ-brest.fr)