

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2016

Date de la demande (.../.../...) : 07/01/2016

1- Identification du projet (en langue française)

- Acronyme du projet (8 caractères *maximum*) : RAPHYCOP

- Intitulé du projet (en langue française) : **Rôle de l'Adaptation locale, de l'histoire PHYlogéographique et de la COnnectivité dans la structure et le fonctionnement des POpulations de coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*)**

2- Domaine d'innovation stratégique (DIS) du projet

- Cocher le DIS prioritaire au sein duquel le projet de thèse s'intègre. Vous pouvez mentionner un DIS secondaire (*choix à indiquer et argumenter au point 5-Présentation du projet, paragraphe 6*). Si aucun DIS ne correspond, cocher « Projet Blanc ».

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

« Projet Blanc »

- Préciser le sous-domaine correspondant : 3D- Nouveaux modèles d'exploitation des ressources vivantes aquatiques (pêche et aquacultures)

Pour une plus ample présentation des DIS et des sous-domaines, merci de vous référer au Schéma régional de l'enseignement supérieur et de la recherche disponible à l'adresse suivante : http://www.bretagne.fr/internet/upload/docs/application/pdf/2013-11/sresr_version_finale.pdf

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

- Établissement porteur du projet (*implantation obligatoire sur le territoire régional*) : Institut Universitaire Européen de la Mer, UBO, Plouzané

NB : C'est-à-dire l'établissement bénéficiaire de l'aide régionale. Un seul établissement peut être indiqué.

- Ecole Doctorale : EDSM, IUEM

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

- Nom et prénom : BOUDRY Pierre

- Genre du/de la responsable du projet (F/H) : H

- e-mail : pierre.boudry@ifremer.fr

- Téléphone : 02 98 22 44 02

- Nom du laboratoire : Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin, Ifremer

- Code du laboratoire (U/UMR/USR/EA/JE/...) : UMR 6539 (CNRS/UBO/IRD/Ifremer)

- Nom de l'équipe de recherche : Equipe 1

- Nombre HDR dans le laboratoire : 37

- Nombre de thèses en cours : 41

- Nombre de post-docs en cours : 23

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2016

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

27 publications dans des revues de rang A depuis 2011, h-index = 31/36 selon ISI Web of Science/Google Scholar.

Morvezen R, Charrier G, Boudry P, Chauvaud L, Breton F, Strand Ø, Laroche J (2016) Genetic structure of a commercially exploited bivalve, the great scallop *Pecten maximus*, along the European coasts. *Conservation Genetics*, sous presse.

Sussarellu R, Huvet A, Lapegue S, Quillen V, Lelong C, Cornette F, Jensen L F, Bierre N, **Boudry P** (2015). Additive transcriptomic variation associated with reproductive traits suggest local adaptation in a recently settled population of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *BMC Genomics*, 16.

Lallias D, Boudry P, Batista F, Beaumont A, King J W., Turner J R., Lapegue S (2015). Invasion genetics of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in the British Isles inferred from microsatellite and mitochondrial markers. *Biological Invasions*, 17(9), 2581-2595.

Petton B, Pernet F, Robert R, Boudry P (2013). Temperature influence on pathogen transmission and subsequent mortalities in juvenile Pacific oysters *Crassostrea gigas*. *Aquaculture Environment Interactions*, 3(3), 257-273.

Rohfritsch A, Bierre N, Boudry P, Heurtebise S, Cornette F, Lapègue S (2013). Population genomics shed light on the demographic and adaptive histories of European invasion in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Evolutionary Applications* 6(7): 1064-1078.

- **Co-directeur-trice de thèse (éventuellement)** : Grégory Charrier (Maître de Conférences, UBO)

- **Laboratoire de recherche co-encadrant** (nom + code U/UMR/USR/EA/JE/...) : Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (UMR 6539 CNRS/UBO/IRD/Ifremer)

5- Présentation du projet (en langue française, 2 à 3 pages)

- **Résumé du projet** (15 lignes) :

Les espèces distribuées sur un vaste gradient latitudinal sont d'un intérêt majeur pour étudier les effets du changement climatique, car elles sont souvent structurées en populations localement adaptées à des pressions latitude-dépendantes. La coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*) est un bivalve marin présentant une forte variation de croissance le long d'un gradient latitudinal allant de la Norvège à la Galice. Les résultats obtenus jusqu'à présent ne permettent cependant pas de tester de manière rigoureuse si la variation phénotypique latitudinale observée chez cette espèce reflète 1/ des histoires phylogéographiques distinctes, 2/ l'adaptation locale des populations et/ou 3/ la plasticité phénotypique des individus. Dans ce contexte, le projet RAPHYCOP se propose d'explorer les processus façonnant les variations de croissance coquillière chez la coquille Saint-Jacques à travers une étude de génomique des populations sur l'ensemble du gradient latitudinal. Plus précisément, une approche RAD-Seq sera menée afin d'identifier dans un premier temps la **structure phylogéographique** de l'espèce ainsi que d'évaluer le **degré de connectivité** entre les populations. Dans un second temps, un « scan génomique » sera réalisé afin de détecter **des signatures génomiques reflétant l'adaptation locale** des populations face à la variabilité environnementale. Globalement, le projet RAPHYCOP devrait fournir une connaissance indispensable pour assurer l'exploitation durable des pêcheries de coquille Saint-Jacques, dans un contexte de changement climatique. Ce projet présente ainsi un intérêt socio-économique majeur pour la Région Bretagne.

- **Présentation détaillée du projet** :

1- *Contexte scientifique et socio-économique du projet* :

Comprendre l'impact du changement climatique sur la biodiversité moderne est un enjeu majeur pour permettre le développement de mesures de gestion et de conservation pertinentes. Il est en effet extrêmement compliqué de prédire la façon dont les espèces répondront aux changements environnementaux futurs, puisque leur potentiel de résilience est intimement lié à leur histoire évolutive ainsi qu'à la variabilité adaptative intra-spécifique distribuée entre les populations (e.g. Sandford & Kelly 2011). Dans ce contexte, les **espèces réparties le long d'un gradient latitudinal constituent des modèles particulièrement appropriés pour étudier la dynamique évolutive des organismes face aux changements environnementaux**, puisqu'elles sont souvent structurées en populations localement adaptées face à une large gamme de pressions latitude-dépendantes.

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2016

La coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*) est un bivalve marin dont la distribution du Maroc à la Norvège, le long des côtes de l'Atlantique Nord-Est. Cet organisme enregistre les variations environnementales au niveau de sa coquille, à travers le dépôt de stries de croissances quotidiennes (Chauvaud *et al.* 1998). De plus, la croissance de *P. maximus* est fortement influencée par les conditions environnementales telles que la température (Heilmayer *et al.* 2004). Ainsi, **la coquille de *P. maximus* est considérée comme une archive haute fréquence des conditions environnementales** rencontrées par les individus pendant la totalité de leur vie (Chauvaud *et al.* 2005). Le long du gradient latitudinal occupée par cette espèce, une forte variation de croissance a pu être observée entre les populations nord (Ecosse - Norvège) et sud (Galice – Golfe de Gascogne), suggérant des réponses plastiques et/ou adaptatives à la variabilité environnementale (Chauvaud *et al.* 2012).

Par ailleurs, la coquille Saint-Jacques est une **espèce d'intérêt majeur pour les pêcheries européennes**, qui est principalement exploitée en France et Grande-Bretagne (Beaumont & Gjedrem 2007). La majorité des débarquements proviennent actuellement de la Manche, où les unités de gestion reposent uniquement sur des bases politiques et géographiques. Or, afin de pouvoir élaborer des mesures de gestion adaptées à chaque stock qui puissent garantir une exploitation durable, il est primordial que les unités de gestion soient définies en fonction de la différenciation biologique de ces stocks. Dans ce but, il est primordial de connaître 1/ la structure des populations et le degré de connectivité entre celles-ci, pour permettre une bonne identification des stocks, ainsi que 2/ les capacités de résilience de ces populations face aux variations environnementales.

2- Hypothèse et questions posées, identification des points de blocages scientifiques que le travail de thèse se propose de lever :

Les études récentes de génétique des populations ont mis en évidence, à l'aide marqueurs présumés neutres (microsatellites), une différenciation génétique significative entre les populations nord (Norvège) et sud (Iles Britanniques - Galice), suggérant une divergence phylogéographique entre les populations nord et sud (Hold 2012, Morvezen *et al.* 2016). La forte concordance entre cette structure phylogéographique et la variation de taille et de croissance observée par Chauvaud *et al.* (2012) entre les populations nord et sud européennes suggère que les variations latitudinales de croissance pourraient être sous contrôle génétique, en reflétant de possibles processus adaptatifs (Stillwell 2010). D'une part, cette différenciation phénotypique pourrait refléter, au moins partiellement, une **évolution neutre des traits résultant d'histoires phylogéographiques distinctes (Hypothèse 1)**. D'autre part, les variations de croissance observées le long du gradient latitudinal pourraient également être issues de **l'adaptation locale des populations face à des pressions de sélection variant latitudinalement (Hypothèse 2)**.

A l'inverse, à une échelle géographique plus réduite, alors que les résultats de Chauvaud *et al.* (2012) mettent en lumière une forte variation de croissance entre la Galice et le nord des Iles Britanniques (Ecosse), cette différenciation phénotypique n'est pas soutenue par les marqueurs génétiques neutres qui montrent une absence de structure génétique et suggèrent une forte connectivité des populations à l'échelle régionale (Hold 2012, Morvezen *et al.* 2016). Ces résultats opposés pourraient ainsi refléter le fait que les variations de croissance observées chez la coquille Saint-Jacques de la Galice à l'Ecosse soient le fruit de la **plasticité phénotypique des individus en réponse à la variabilité environnementale (Hypothèse 3)**. En effet, des translocations d'individus effectuées entre différents habitats ont pu montrer que le taux de croissance de *P. maximus* pouvait être clairement gouverné par la plasticité phénotypique (Buestel *et al.* 1987).

Les résultats obtenus jusqu'à présent ne permettent pas de tester de manière rigoureuse la vraisemblance de ces trois hypothèses alternatives et non exclusives. Or, il apparaît crucial de déterminer le degré de contrôle génétique de la croissance coquillière chez la coquille Saint-Jacques, afin de pouvoir utiliser les valves de cette espèce comme proxy des changements environnementaux. Ainsi, le projet de thèse RAPHYCOP propose d'étudier les rôles respectifs de l'adaptation locale des populations, leur histoire phylogéographique et leur connectivité dans la différenciation des populations de coquille Saint-Jacques le long du gradient latitudinal allant de la Galice à la Norvège.

3- Approche méthodologique et technique envisagée :

Le projet de thèse consistera à mener une étude de génomique des populations de coquille Saint-Jacques sur l'ensemble du gradient latitudinal à l'aide d'une approche RAD-seq (Restriction-site Associated DNA Sequencing). Cette approche novatrice de « Next Generation Sequencing » permet l'analyse simultanée de plusieurs milliers de SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms) répartis dans l'ensemble du génome, grâce à la technologie Illumina (Baird *et al.* 2008). Le premier objectif de cette étude consistera à analyser la structure génétique neutre des populations, afin d'identifier la **structure phylogéographique** de l'espèce ainsi que d'évaluer le **degré de connectivité** entre les populations. Le second objectif sera de réaliser un « scan génomique » afin de détecter **des signatures génomiques reflétant l'adaptation locale** des populations face à la variabilité environnementale. Plus précisément, cette approche permettra de détecter des zones du génome subissant l'influence de la sélection naturelle locale et présentant une différenciation supérieure aux zones neutres (détection d' « outliers »).

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2016

4- Profil du candidat (compétences scientifiques et techniques requises) :

Le candidat devra présenter une forte expérience en génétique des populations. En outre, une solide formation en écologie marine sera vivement appréciée. Le candidat devra être capable à la fois de développer des approches novatrices de génomique des populations, mais également de travailler en relation étroite avec les écologistes étudiant le fonctionnement des populations de *P. maximus*, ainsi qu'avec les biologistes des pêches s'intéressant à la gestion des stocks de coquille Saint-Jacques.

5- Positionnement et environnement scientifique dans le contexte régional, et le cas échéant, national et international :

Le projet RAPHYCOP repose sur la forte expérience du LEMAR dans l'étude de la coquille Saint-Jacques, que ce soit concernant la sclérochronologie et la sclérochimie (e.g. Chauvaud *et al.* 1998, 2005, 2012, Thébault *et al.* 2009), la physiologie (e.g. Artigaud *et al.* 2014a, 2014b) ou la génétique des populations (Charrier *et al.* 2012, Morvezen *et al.* 2013, 2016).

Par ailleurs le projet reposera sur une collaboration étroite avec Eric Thiébaut (UPMC, Station Biologique de Roscoff) afin de mieux comprendre les niveaux de connectivité entre les populations de coquilles Saint-Jacques, en combinant les résultats de génétique avec les travaux de modélisation de la dispersion larvaire réalisés par E. Thiébaut. De plus, la participation d'Eric Foucher (Ifremer, Port-en-Bessin) permettra de mieux comprendre les relations entre connectivité et dynamique des populations.

Au niveau européen, le projet s'appuiera sur collaboration étroite avec des partenaires travaillant également sur la coquille Saint-Jacques, en Ecosse (Luke Holman, University of Saint-Andrews) et en Norvège (Øivind Strand, Institute of Marine Research). L'apport de ces partenaires sera particulièrement bénéfique pour l'étude des populations situées au nord du gradient latitudinal.

6- Pertinence du projet au regard du DIS de rattachement (et/ou du DIS secondaire). Si « projet blanc », préciser les raisons de ce choix :

Le projet RAPHYCOP propose d'identifier le plus précisément possible les facteurs gouvernant la différenciation biologique des stocks de coquille Saint-Jacques, et assurant leur résilience face aux changements environnementaux. Ce projet présente donc un intérêt majeur pour la durabilité des pêcheries de *P. maximus*, et s'inscrit donc naturellement dans l'axe DIS 3 « Activités maritimes pour une croissance bleue », 3D « Nouveaux modèles d'exploitation des ressources vivantes aquatiques ».

La coquille Saint-jacques est une espèce à fort intérêt patrimonial en Bretagne, et les plus importantes pêcheries pour cette espèce se situent en Baie de Saint-Brieuc. Pour l'année 2014-15, les statistiques de pêches pour cette région montrent que l'industrie de la coquille Saint-Jacques est très dynamique, avec des débarquements atteignant 5000 tonnes pour un chiffre d'affaire de 11 millions d'euros (source "Côtes d'Armor Développement : www.cad22.com"). Par ailleurs, ces mêmes chiffres montrent que cette industrie concerne 440 emplois directs dans la région. La gestion des pêcheries de coquille Saint-Jacques pour assurer une exploitation durable est donc un enjeu socio-économique majeur pour la Région Bretagne.

7- Autres informations utiles (projet relevant des Objets d'excellence -OBEX-, ou des « Projets émergents de recherche » régionaux...):

De part sa problématique et sa démarche, le projet RAPHYCOP s'inscrit complètement et naturellement dans les thématiques prioritaires de l'axe 6 du LabexMER « Evolution des habitats marins et adaptations des populations ».

8- Références

- | | |
|--|--|
| Artigaud <i>et al.</i> (2014a) <i>J Proteomics</i> 105 , 164-173 | Chauvaud <i>et al.</i> (2012) <i>PLoS ONE</i> 7 , 1-10 |
| Artigaud <i>et al.</i> (2014b) <i>Marine Genomics</i> 15 , 3-4 | Heilmayer <i>et al.</i> (2004) <i>Funct Ecol</i> 18 , 641-647 |
| Baird <i>et al.</i> (2008) <i>PLoS ONE</i> 3 (10): e3376 | Hold (2012) PhD dissertation, Bangor University |
| Beaumont & Gjedrem (2007) <i>Genimpact final scientific report</i> , 83-90 | Morvezen <i>et al.</i> (2016) <i>Cons Gen</i> 17 , 57-67 |
| Buestel <i>et al.</i> (1987) <i>Haliotis</i> 16 , 463-477 | Sanford & Kelly (2011) <i>Annu Rev Mar Sci</i> 3 , 509-535 |
| Chauvaud <i>et al.</i> (1998) <i>J Exp Mar Biol Ecol</i> 227 , 83-111 | Stillwell (2010) <i>Oikos</i> 119 , 1387-1390 |
| Chauvaud <i>et al.</i> (2005) <i>Geochem Geophys Geosyst</i> 6 , Q08001 | Thébault <i>et al.</i> (2009) <i>Limnol Oceanogr</i> 54 , 1002-1014 |
| Charrier <i>et al.</i> (2012) <i>Conserv Genet Resour</i> 4 , 931-934 | |

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2016

6- 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 :**

7- 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.) : UBO**
- **Si le cofinancement n'est pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinancier : -**
- **En cas de non-obtention du cofinancement demandé, une autre source de cofinancement est-elle identifiée (oui/non) : NON**
NB : attestation d'obtention d'un cofinancement ou à défaut, de la demande effectuée, à joindre au dépôt de cette fiche-projet.