

Projet de Recherche Doctoral Concours IPV 2021

Intitulé du Projet de Recherche Doctoral :

Contribution à l'élucidation de l'origine géographique et des trajectoires de migration possibles des post-larves des gobies amphidromes cosmopolite et endémiques, recrutant dans les rivières de la Réunion et de Mayotte

Directeur de Thèse porteur du projet (titulaire d'une HDR) :

NOM : **FEUNTEUN** Prénom : **Eric**
Titre : **Professeur**
e-mail : eric.feunteun@mnhn.fr
Adresse professionnelle : CRESCO - Station de biologie marine de Dinard
38 rue du Port Blanc - BP 70134
35800 Dinard

Unité de Recherche :

Intitulé : BOREA (Biologie des Organismes et des Ecosystèmes Aquatiques)
Code : 8067

Equipe de Recherche (au sein de l'unité) :

Intitulé : **BIOPAC (Biodiversité, plasticité, adaptation, conservation : des espèces aux communautés)**
Thématique de recherche : Ecologie aquatique, structure des communautés, migration des organismes diadromes, otolithométrie et traits d'histoire de vie des poissons.

Responsable d'équipe :

NOM : **KEITH** Prénom : **Philippe**
Ecole Doctorale de rattachement de l'équipe & **ED 227**
d'inscription du doctorant :

Doctorants actuellement encadrés par le directeur de thèse (préciser le nombre de doctorants, leur année de 1ere inscription et la quotité d'encadrement) :

CO-DIRECTION (obligatoire)

Co-Directeur de Thèse (titulaire d'une HDR) :

NOM : **BACRI** Prénom : **Charles-Olivier**
Titre : **Directeur de recherche CNRS** HDR
e-mail : charles-olivier.bacri@csnsm.in2p3.fr

Unité de Recherche :

Intitulé : IJCLab – Laboratoire de Physique des 2 Infinis Irène Joliot-Curie
Code: 9012

Equipe de Recherche (au sein de l'unité) :

Intitulé : **Physique-Santé – Equipe Radiation et Vivant**
Thématique de recherche : Fabrication de radionucléides innovants pour le médical

Responsable d'équipe :

NOM : **Ménard** Prénom : **Laurent**
Ecole Doctorale de rattachement : Ou si ED non SU :
ED 576 PHENIICS
Particules, Hadrons, Énergie, Noyau,
Instrumentation, Imagerie, Cosmos et Simulation

Doctorants actuellement encadrés par le co-directeur de thèse (préciser le nombre de doctorants, leur année de 1^{ere} inscription et la quotité d'encadrement) :

Cotutelle internationale : Non Oui, précisez Pays et Université :

Précisez ici les éventuels co-encadrants (non HDR)

Co-encadrant :

NOM : **ELLIEN** Prénom : **Céline**
Titre : **Maître de Conférence SU** HDR
e-mail : celine.ellien@sorbonne-universite.fr

Unité de Recherche :

Intitulé : BOREA
Code : 8067

Equipe de Recherche (au sein de l'unité) :

Intitulé : **BIOPAC (Biodiversité, plasticité, adaptation, conservation : des espèces aux communautés)**

Thématique de recherche : Ecologie aquatique et dynamique des populations des poissons diadromes en région tropicale : étude des traits d'histoire de vie et de leur variabilité spatio-temporelle

Responsable d'équipe :

NOM : **KEITH** Prénom : **Philippe**
Ecole Doctorale de rattachement : **ED 227**
Ou si ED non SU :

Co-encadrant :

NOM : **BAUMIER** Prénom : **Cédric**
Titre : **Ingénieur de recherche** HDR
e-mail : cedric.baumier@in2p3.fr

Unité de Recherche :

Intitulé : IJCLab Laboratoire de Physique des 2 infinis Irène Joliot-Curie
Code : 9012

Equipe de Recherche (au sein de l'unité) :

Intitulé : **Plateforme SCALP**
Thématique de recherche : Microscopie électronique

Responsable d'équipe :

NOM : **BACHELET** Prénom : **Cyril**
Ecole Doctorale de rattachement : Ou si ED non SU :
ED 576 PHENIICS
Particules, Hadrons, Énergie, Noyau,
Instrumentation, Imagerie, Cosmos et Simulation

Résumé (2 000 caractères maximum) :

Dans l'Océan Indien, la biodiversité des rivières repose essentiellement sur les espèces amphidromes, parmi lesquelles les gobies endémiques *Cotylopus acutipinnis* (archipel des Mascareignes) et *C. rubripinnis* (archipel des Comores) vivent en sympatrie avec le cosmopolite *Sicyopterus lagocephalus*. Ces espèces amphidromes sont caractérisées par un cycle de vie au cours duquel les adultes se reproduisent en rivières ; des larves éclosent des œufs et dévalent les rivières en quelques heures pour atteindre la mer où elles se dispersent pendant plusieurs mois, avant de revenir coloniser les rivières insulaires. Chez l'espèce cosmopolite, la durée de cette phase marine peut permettre une dispersion à l'échelle du sud-ouest du bassin océanique, comme l'attestent des études de génétiques montrant des flux possibles entre Mayotte et La Réunion. Néanmoins, les trajectoires de migration des larves en mer restent mystérieuses, de même que l'origine géographique des larves recrutant dans une rivière donnée. L'étude que

nous proposons vise à étudier la variabilité des traits d'histoire de vie, dont l'âge des post-larves des trois espèces au moment de leur recrutement dans les rivières des deux îles, en fonction des saisons. Il sera ainsi possible de vérifier si l'endémisme vs le cosmopolitisme des espèces peut être lié à des durées de dispersion larvaire, et à des schémas de migrations différents. Nous envisageons d'investiguer les trajectoires de migrations possibles des différentes espèces en fonction des saisons par une approche de modélisation hydrodynamique, couplée à l'analyse des éléments et traces inclus dans les otolithes par microscopie électronique à balayage ou transmission couplée à un détecteur EDX. Les éléments inclus dans l'otolithe devraient nous renseigner sur l'environnement traversé au cours de la dispersion, ce qui permettra d'identifier les trajectoires les plus probables, parmi celles proposées par le modèle hydrodynamique.

**Joindre en annexe un descriptif du PRD avec références au format pdf
(« NOM_2_IPV_2021 » / 3 pages maximum, taille police 11)**

AVIS et VALIDATION de l'ECOLE DOCTORALE :

Sujet validé. Avis très favorable.



Nathalie Machon directrice de l'ED227

**à envoyer simultanément par e-mail à l'ED de rattachement et au programme :
[interfaces pour le vivant@listes.upmc.fr](mailto:interfaces.pour.le.vivant@listes.upmc.fr) avant le lundi 15 février minuit.**

Sujet : Contribution à l'élucidation de l'origine géographique et des trajectoires de migration possibles des post-larves des gobies amphidromes cosmopolite et endémiques, recrutant dans les rivières de la Réunion et de Mayotte

Contexte de l'étude

Les hydrosystèmes insulaires tropicaux sont généralement constitués de jeunes rivières oligotrophes qui subissent des alternances de crues et d'assèchements plus ou moins marqués, liées aux alternances de saisons humides et sèches. Ces événements météorologiques fréquents, ainsi qu'une importante pression anthropique, provoquent régulièrement de fortes diminutions de l'abondance de la faune des rivières allant parfois jusqu'à l'extinction (Keith, 2003). Ces particularités hydrologiques saisonnières expliquent pourquoi les rivières insulaires de la région Indo-Pacifique, abritent de nombreuses espèces d'organismes diadromes. La diadromie est un type particulier de migration au cours de laquelle les organismes migrent entre deux biomes radicalement différents (i.e. eau douce vs océan) au cours de leur cycle de vie. L'amphidromie, quant à elle, caractérise un type de diadromie dans lequel le changement de biome est indépendant de l'événement de reproduction (McDowall, 1992). L'amphidromie s'avère donc particulièrement adaptée aux rivières insulaires tropicales car ces organismes sont les seuls capables de coloniser ou re-coloniser naturellement les cours d'eau *via* des post-larves qui retournent dans les rivières après une phase de dispersion marine, qui les a protégées des aléas climatiques subis en rivières. Ainsi, la persistance de ces espèces à l'échelle insulaire et/ou régionale dépend des échanges entre les zones de ponte en rivière et zone de croissance en mer, échanges qui reposent sur les stades larvaires dispersifs. Néanmoins, ces larves vont subir les processus stochastiques inhérents à l'environnement marin au sein duquel elles se dispersent durant quelques semaines à quelques mois avant de revenir coloniser les rivières. Cette stochasticité environnementale induit une variabilité du recrutement larvaire, tant en terme d'abondances qu'en terme d'âge, de poids et de taille au recrutement (Teichert et al, 2016 ; Thomas et al, 2018).

Les espèces ciblées par cette étude sont les gobies amphidromes : *Sicyopterus lagocephalus*, espèce cosmopolite distribuée dans tout le bassin Indo-Pacifique, qu'on trouve en sympatrie à la Réunion avec *Cotylopus acutipinnis*, endémique des Mascareignes, et à Mayotte avec *Cotylopus rubripinnis*, endémique des Comores. Les cycles de vie de ces 3 espèces sont similaires : les pontes ont lieu en rivière ; des pro-larves éclosent des œufs et dévalent vers la mer en quelques heures ; en mer, elles se développent en larves marines et sont emportées par les courants pendant quelques mois avant de coloniser des rivières au stade post-larvaire lors de l'étape de recrutement ; elles passent alors au stade juvénile et grandissent dans les rivières où elles atteignent le stade adulte.

Dans cette région de l'Océan Indien, la biodiversité des rivières repose majoritairement sur ces gobies amphidromes. Or, ces espèces subissent différents stress, tant anthropiques (pollution des cours d'eau, fragmentation de leur habitat, pêcheries) qu'environnementaux (climatique dans le contexte du changement global, volcanique avec la subsidence de l'île de Mayotte qui s'enfonce dans l'Océan Indien du fait du siphonage de la poche magmatique sous-jacente à l'île, qui va alimenter la formation d'un volcan sous-marin situé plus au large) susceptibles d'affaiblir les stocks et de compromettre la persistance de ces espèces, en particulier des endémiques. Il est de ce fait crucial d'étudier et de comprendre la dynamique de ces populations au cycle de vie si complexe.

Objectifs du projet

Le projet de thèse est structuré autour de 3 axes, basés sur des approches pluridisciplinaires et des techniques innovantes et originales. Ces trois axes visent, ensemble, à déterminer l'origine des post-larves qui recrutent dans les rivières des deux îles au cours des deux saisons australes. Il s'agit d'une étude pluridisciplinaire qui repose sur un axe d'écologie ciblant la dynamique de population des 3 espèces d'intérêt, un axe de modélisation hydrodynamique qui permettra d'investiguer les trajectoires de migration possibles des larves des trois espèces, en fonction des périodes de ponte et des rivières où les

post-larves recrutent, et un axe d'analyse microchimique de la matière de l'otolithe, qui permettra, en identifiant la composition en éléments et éléments trace de l'otolithe, d'élucider l'origine des larves et de valider, parmi les trajectoires de migration possibles, celles qui semblent les plus probables au vu de la matière incluse dans l'otolithe.

1^{er} axe : Variabilité spatio-temporelle du recrutement des post-larves (encadré par Céline Ellien/Eric Feunteun)

A travers cet axe, nous envisageons d'étudier et de comparer les traits de vie au recrutement des post-larves des trois espèces de gobies amphidromes, entre les deux îles et les deux saisons (été et hiver austral). Les rivières sont sélectionnées en fonction de leur localisation géographique sur la côte au vent ou sous le vent, la côte sous le vent étant caractérisée par un climat plus sec que la côte au vent. Nous aurons ainsi un premier élément de réponse pour vérifier si les traits au recrutement varient en fonction des faciès du rivage. L'échantillonnage sera réalisé sur une base saisonnière à Mayotte. A la Réunion, les post-larves des deux espèces de gobies des Mascareignes seront fournies par l'Observatoire des Flux migratoires (projet DYNAPOP, auquel participe l'une des co-directrices de la thèse), dans le cadre duquel un échantillonnage mensuel est prévu. Chaque échantillon comptera 50 individus, qui seront pesés et mesurés. Leur âge sera estimé par otolithométrie. Les otolithes sont des concrétions calcaires, dans l'oreille interne des poissons, composés de couches d'aragonite et de protéines déposées à une fréquence journalière au cours du stade larvaire. Sachant que le nucleus est déjà présent dans l'œuf, le nombre de stries indique l'âge de la post-larve au moment de sa capture.

2^{ème} axe : Modélisation hydrodynamique (encadré par Stéphane Pous/Céline Ellien/Eric Feunteun)

Au cours de leur phase marine, les larves dépendent des courants marins, auxquels elles sont incapables de résister, et qui conditionnent la structure et la dynamique de ces espèces particulières. Une étude de modélisation hydrodynamique, intégrant la date de ponte estimée par otolithométrie, et le lieu de recrutement (i.e. rivières où les post-larves ont été échantillonnées) permettra d'identifier les trajectoires de migration possibles. Pour cet axe, nous utiliserons la ré-analyse océanique GLORYS, issue du modèle NEMO, qui fournit une série temporelle des propriétés océaniques. Pour modéliser la dispersion larvaire, le modèle centré-individu ICHTHYOP sera utilisé pour calculer les trajectoires de migration probables, à partir des résultats de la ré-analyse GLORYS. Ce modèle lagrangien constitue un outil pertinent et puissant pour vérifier les hypothèses de structuration des populations de *S. lagocephalus* en métapopulation, et pour identifier les populations sources et puits, sachant qu'une étude de génétique de populations a mis en évidence des flux de migrants possibles entre Réunion et Mayotte pour cette espèce (Lord et al., 2012). Cet outil permettra d'une part de déterminer la possible origine géographique des post-larves, étape préliminaire indispensable à l'élaboration de plans de conservation adaptés, et d'autre part de vérifier dans quelle mesure les larves se dispersent au large, ou restent en zone côtière, ce qui peut contribuer à expliquer le cosmopolitisme vs l'endémisme des espèces cibles. Ce type d'analyses couplant données biologiques et modélisation hydrodynamique a été menée précédemment avec succès sur les anguilles de l'Océan Indien (Pous et al., 2010).

3^{ème} axe : Composition élémentaire des otolithes (encadré par Cédric Baumier/Charles-Olivier Bacri)

Cet axe vise à déterminer la composition élémentaire des otolithes, du nucleus jusqu'à la périphérie, afin d'élucider l'origine géographique des post-larves, ainsi que leurs routes de migration. En utilisant des microscopes à balayage et à transmission, chacun équipé de détecteurs EDX (Bacri et al., 2017), nous pourrons réaliser une cartographie de l'otolithe indiquant comment les différents éléments constitutifs sont distribués dans cette structure biominérale. Cette méthode devrait donner des indices sur l'histoire de vie des individus. En ciblant le nucleus, nous pourrons déterminer les éléments qui sont incorporés dans cette partie de l'otolithe. Formé dans l'oeuf, il est probable que le nucleus incorpore les éléments

de sa rivière d'origine. En comparant les éléments qui seront identifiés dans l'otolithe avec la composition élémentaire et en éléments traces des rivières insulaires, aux deux saisons, nous pensons pouvoir déterminer où les post-larves échantillonnées ont été pondues. Quant à la composition des stries d'accroissement, elle doit pouvoir nous éclairer sur les routes de migrations possibles des larves, et confirmer ou non celles prédites par le modèle hydrodynamique. Les analyses microchimiques des otolithes ont déjà fait la preuve de leur pertinence pour étudier l'histoire de vie des poissons téléostéens (Laugier et al., 2015). Il ne fait donc aucun doute que l'approche de microscopie électronique avec détecteurs EDX, plus puissante, permettra une avancée majeure dans ce type d'études en écologie.

Faisabilité :

Les post-larves seront collectées mensuellement aux embouchures des rivières de la Réunion dans le cadre du projet DYNAPOP, financé pour 3 ans, renouvelables. En ce qui concerne les échantillonnages aux embouchures des rivières de Mayotte, deux projets ont été déposés (Emergence SU 2021 et PEPS 2021) afin de financer des campagnes de collecte, sur une base saisonnière (2 collectes par an). Des financements complémentaires (financements via l'axe migration/dispersion de l'UMR BOREA, ou via les ATM du MNHN) seront sollicités également. Les échantillonnages seront réalisés par le bureau d'études Océa Consult, partenaire des projets scientifiques listés ci-dessus : le candidat n'aura pas de mission de terrain à effectuer. Le projet est donc indubitablement faisable dans le temps imparti.

Références bibliographiques des encadrants

BACRI C.-O., BACHELET C., BAUMIER C., BOURCOIS J., DELBECQ L., LEDU D., PAUWELS N., PICARD S., RENOUF S., TANGUY C., 2017.- SCALP, a platform dedicated to material modifications and characterization under ion beam. *Nucl. Instrum. Meth. B*, 2017, 406, pp.48-52. [10.1016/j.nimb.2017.03.036](https://doi.org/10.1016/j.nimb.2017.03.036)

KEITH P., 2003.- Biology and ecology of amphidromous Gobiidae in the Indo-Pacific and the Caribbean regions. *J. Fish Biol.*, 63: 831-847.

LAUGIER, F., FEUNTEUN E., PEYCHERAN C., CARPENTIER A. (2015) Life history of the Small Sandeel, *Ammodytes tobianus*, inferred from otolith microchemistry. methodological approach, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2015.05.022>

LORD C., LORION J., DETTAI A., WATANABE S., TSUKAMOTO K., CRUAUD C., KEITH P., 2012.- Phylogeography of three amphidromous *Sicyopterus* species (Teleostei: Gobioidae: Sicydiinae): extensive genetic connectivity with breaks identified at biogeographical barriers. *Mar Ecol Prog Ser* 455:269–285

MCDOWALL R.M., 1992.- Diadromy: origins and definition of terminology. *Copeia* 1992, 1: 248-251.

POUS S., FEUNTEUN E., ELLIEN C., 2010.- Investigation of tropical eel spawning area in the South-Western Indian Ocean: Influence of the oceanic circulation. *Prog. in Oceanogr.* **86**: 396-413 (DOI: [10.1016/j.pocean.2010.06.002](https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.06.002))

TEICHERT N., VALADE P., GRONDIN H., TRICHET E., SARDENNE F., GAUDIN P., 2016, Pelagic larval traits of the amphidromous goby *Sicyopterus lagocephalus* display seasonal variations related to temperature in La Réunion Island, *Ecology of Freshwater Fish* 2016: 25: 234–247

THOMAS C., BECHELER E., TRINH A.-M., ELLIEN C., (2018). Spatial variability in post-larval traits of *Sicyopterus lagocephalus* Pallas 1770 around Reunion Island. *Environmental Biology of Fishes* **101** (5): 829-841 (doi:10.1007/s10641-018-0740-4)