

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2016

- **Date de la demande (.../.../...)** : 06/01/2016

1- Identification du projet (en langue française)

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

- **Intitulé du projet** (en langue française) : Cycle de vie de la crevette hydrothermale *Rimicaris exoculata*, de l'embryon au recrutement des juvéniles : développement, dispersion larvaire et rôle des bactéries symbiotiques.

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** : 3C "valorisation des ressources minières marines" et, de façon secondaire, 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) : Ifremer

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

- **Ecole Doctorale** : École Doctorale des Sciences de la Mer EDSM

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

- **Nom et prénom** : Cambon-Bonavita Marie-Anne (encadrement 20%, HDR)

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

- **e-mail** : Marie.Anne.Cambon@ifremer.fr

- **Téléphone** : 02 98 22 47 56

- **Nom du laboratoire** : Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes (LM2E)

- **Code du laboratoire (U/UMR/USR/EA/JE/...)** : UMR 6197 (UBO/CNRS/Ifremer)

- **Nom de l'équipe de recherche** : Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes

- **Nombre HDR dans le laboratoire** : 5

- **Nombre de thèses en cours** : 11

- **Nombre de post-docs en cours** : 2

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) :

52 publications

- 1- Guri M., Durand L., Cueff-Gauchard V., Zbinden M., Crassous P., Shillito B., Cambon-Bonavita M.A. (2012). Acquisition of epibiotic bacteria along the life cycle of the hydrothermal shrimp *R. exoculata*. The ISME Journal (6) 597-609. (I.F. 9,30)
- 2- Ponsard J., Cambon-Bonavita M.A., Zbinden M., Lepoint G., Joassin A., Corbari L., Shillito B., Durand L., Cueff-Gauchard V. & Compere P. (2013). Inorganic carbon fixation by chemosynthetic ectosymbionts and nutritional transfers to the hydrothermal vent host-shrimp *R. exoculata* ISME J, 7: 96-109. (I.F., 9,30)
- 3- Jan C., Petersen J., Werner J., Huang S., Teeling H., Glöckner F.O., Golyshina O.V., Dubilier N., Golyshin P.N., Jebbar M. & Cambon-Bonavita M.A. (2014). The gill chamber epibiosis of deep-sea *R. exoculata* shrimp revisited by metagenomics and discovery of zetaproteobacterial epibionts. Environmental Microbiol, 16(9) : 2723-2738. (I.F. 6,20)
- 4- Durand, L. Roumagnac, M.; Cueff-Gauchard, V.; Jan, C.; Guri, M.; Tessier, C.; Haond, M.; Crassous, P.; Zbinden, M.; Arnaud-Haond, S. and Cambon-Bonavita, M.A. (2015) Biogeographical distribution of *R. exoculata* resident gut epibiont communities along the Mid-Atlantic Ridge hydrothermal vent sites FEMS Microbiol. Ecol. *in press* (I.F. 3,56).
- 5 - I. Hernández-Ávila, M.A. Cambon-Bonavita, F. Pradillon (2015). Morphology of first zoeal stage of four genera of alvinocarid shrimps from hydrothermal vents and cold seeps. Implications for ecology, larval biology and phylogeny PLOS One *accepted*. (I.F. 3,23).

- Co-directeur-trice de thèse (éventuellement) :** Pradillon Florence (co-encadrement 80%, préparation d'HDR)
- Laboratoire de recherche co-encadrant (nom + code U/UMR/USR/EA/JE/...) : Laboratoire Environnement Profond (EP), Unité de Recherche Etude des Ecosystèmes Profond (EEP), Ifremer

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

- Résumé du projet (15 lignes) :

En milieu marin profond, la compréhension du cycle de vie des organismes reste l'un des verrous majeurs du point de vue des connaissances fondamentales requises pour évaluer l'impact des activités anthropiques. La crevette *Rimicaris exoculata*, endémique des sites hydrothermaux de la Ride Médio Atlantique, héberge deux communautés bactériennes épibiotiques très diversifiées. Si certains aspects de cette symbiose commencent à être bien connus, le volet ayant trait au cycle de vie de cet holobionte (hôte et l'ensemble de ses symbiontes) est encore très incomplet.

L'objectif général de cette thèse est l'acquisition de données concernant le cycle de vie de *R. exoculata*, incluant la caractérisation des symbioses aux stades de vie précoces. Plus particulièrement il s'agira de: 1) caractériser les conditions environnementales spécifiquement associées à la période de développement embryonnaire et la façon dont elles peuvent influencer sur le relargage des larves dans le plancton, 2) d'évaluer les modalités de dispersion larvaire (lieu, durée), 3) de caractériser les bactéries associées aux stades de vies précoces, ainsi que leur influence sur la morphogénèse embryonnaire, la transition des larves du plancton vers le compartiment benthique, et celle des juvéniles entre nurseries et agrégats adultes.

L'obtention de données quant aux lieux et rythmes (saisonnalité) de reproduction et les modalités de dispersion des larves permettra ainsi de mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes profonds, leur pérennité et capacité de résilience.

- Présentation détaillée du projet :

1-Contexte scientifique et socio-économique du projet :

L'essor récent de l'intérêt pour les ressources minérales profondes, avec l'octroi de permis d'exploration par l'Autorité Internationale des Fonds Marins (AIFM) dans les eaux internationales, accélère la nécessité de mise en place de stratégie de préservation des ressources et écosystèmes profonds, considérés comme l'héritage commun de l'humanité [1]. Nombre de verrous scientifiques perdurent, et préserver ces écosystèmes uniques signifie qu'il faut en premier lieu renforcer nos connaissances fondamentales concernant leur biodiversité et leur fonctionnement. Parmi ces verrous, la connaissance du cycle de vie des espèces endémiques est d'intérêt majeur, afin de comprendre leur dispersion larvaire, la connectivité entre populations fragmentées, et les capacités de résilience des communautés benthiques.

La France, représentée par Ifremer, détient un permis d'exploration sur la ride Médio-Atlantique (MAR), englobant plusieurs systèmes hydrothermaux. L'unité EEP travaille depuis plusieurs années sur le modèle *Rimicaris exoculata* [2-6], crevette dominant les communautés faunistiques des sites hydrothermaux TAG et Snake Pit inclus dans ce permis, et une thèse est actuellement en cours sur le cycle de vie de cette espèce (I. Hernandez, 2013-2016) [7]. En 2014, la campagne BICOSE a été menée sur ces sites. Cette campagne impliquait une diversité d'approches, dont une série d'études ciblées sur le modèle *R. exoculata*, avec comme principale nouveauté l'étude de son cycle de vie. Cette campagne a permis d'obtenir pour la première fois un grand nombre de femelles ovigères, ce qui nous permet de mieux comprendre la ponte et le développement embryonnaire de cette espèce, et suggère une reproduction saisonnière (Hernandez et al, in prep). Ces données ont aussi montré une ségrégation spatiale des sexes et l'existence de zones de nurseries où les post-larves restent séparées des adultes, ainsi qu'une distribution agrégative des femelles ovigères sur la paroi des cheminées actives. Nous avons également récolté des stades larvaires planctoniques pour la première fois [8], grâce à un système de pompage développé récemment au laboratoire (SALSA : Serial Autonomous Larval Sampler, distribuée par McLane, Falmouth, USA, sous licence Ifremer).

Ces données nouvelles nous permettent aujourd'hui de mieux comprendre le cycle de vie d'un organisme endémique des sources hydrothermales Atlantique, et de suggérer des pistes en matière de stratégie de préservation de ces écosystèmes uniques. Par exemple, elles permettent d'avoir une meilleure idée de la période de présence potentielle des larves dans la colonne d'eau, pendant laquelle elles pourraient être impactées par les panaches de particules résultant de l'activité minière. Cependant, nos récentes avancées ont également ouvert de nouvelles pistes de réflexions, notamment concernant l'existence de conditions environnementales contrastées aux différents stades de vie de l'espèce. Par ailleurs, le développement au laboratoire de nouveaux outils de récolte ciblant spécifiquement les stades larvaires (pompe SALSA) jusqu'alors restés quasiment inaccessibles, puis d'envisager l'étude *in vivo* de leur comportement (nage par exemple) et de leur tolérance physiologique à certains facteurs environnementaux. Les données ainsi acquises sur la biologie et l'écologie de ces larves pourront ensuite être confrontées aux données génétiques existantes, et déboucher sur une meilleure compréhension de la dispersion larvaire et des patrons de connectivité.

L'organisme modèle choisi présente par ailleurs la particularité de vivre en symbiose avec des bactéries, et le mode de transmission entre générations n'est pas élucidé. Très peu d'études ont été entreprises concernant l'interaction hôte-symbiontes (=holobionte) sur l'ensemble du cycle de vie. L'association des œufs avec des bactéries a déjà été décrite chez d'autres espèces d'arthropodes (insectes, crustacés), et ces bactéries peuvent jouer un rôle important dans le développement embryonnaire (protection vis à vis des champignons, morphogénèse) [9]. Chez *R. exoculata*, le rôle des bactéries symbiotiques commence à être mieux connu chez les adultes, avec la mise en évidence d'un transfert d'éléments nutritifs des symbiontes vers leur hôte [4]. La diversité microbienne, son évolution au cours du développement de son hôte, et son rôle potentiel dans ces étapes de vie précoces (qui pourrait notamment être à l'origine des transitions entre plancton et benthos, puis entre nurseries et agrégats adultes) restent cependant à déterminer.

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

Ce projet de thèse vise à poursuivre nos travaux sur le cycle de vie de *R. exoculata* et à développer un nouvel axe d'étude focalisé sur la caractérisation de l'interaction hôte-bactéries au cours des étapes précoces du cycle de vie de

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2016

cette espèce. La présence de symbiontes sur les œufs de femelles gravides a été démontrée [6], mais la nature et l'évolution de cette interaction au cours de la vie larvaire, du recrutement des post-larves et de la transition vers l'habitat adulte reste à étudier. En parallèle, il s'agira également de préciser l'environnement géochimique des différents stades de vie, puisque nos précédentes observations ont mis en évidence une nette séparation entre mâles et femelles, une distribution hétérogène des femelles ovigères et des juvéniles sur les sites hydrothermaux actifs, tandis que les larves se trouvent dans la colonne d'eau. Cette caractérisation fine de l'environnement géochimique nous permettra de mieux comprendre l'évolution de l'holobionte au cours du cycle de vie, et de mieux appréhender la façon dont il colonise les sites hydrothermaux.

Plus spécifiquement, ce projet de thèse aura pour objectif de répondre aux questions suivantes :

1) Quelles sont les caractéristiques environnementales associées à la période de développement embryonnaire (femelles ovigères) et comment influent-elles sur le relargage des larves dans le plancton, 2) Comment les larves dispersent-elles, sur quelle durée et où ? 3) Quelles sont les bactéries associées aux différents stades de développement de *R. exoculata* ? 4) Quel(s) rôle(s) ces bactéries jouent-elles au cours du développement embryonnaire, et des étapes de transition entre plancton et benthos, et entre nurseries et agrégats adultes ?

3-Approche méthodologique et technique envisagée :

Le projet repose sur une diversité d'approches qui seront menées au laboratoire à partir d'échantillons déjà acquis (campagne BICOSE 2014). Nous proposerons par ailleurs une nouvelle campagne d'observation et d'échantillonnage sur les mêmes sites, pendant laquelle d'autres échantillons seront prélevés et des expérimentations seront menées à bord, qui compléteront les échantillons de BICOSE 2014 :

Approches *in situ* : 1) prélèvements ciblés (zone à femelles ovigères, nurseries de post-larves) ou aléatoires, associés à une caractérisation fine de la géochimie locale (collaboration Ifremer REM/GM/LGM) pour mieux décrire la distribution des individus en fonction du stade de vie et définir l'existence de niches associées à ces stades de vie ; 2) observation comportementales *in situ* (vidéo) ; 3) récolte de larves planctoniques à distance croissante des sites actifs; 4) acquisition de données environnementales (géochimie fine focalisées sur les prélèvements/observation, hydrodynamique générale par mouillage de courantomètres).

Approches *in vivo* à bord : incubation expérimentales d'œufs/embryons/larves/post-larves (utilisation d'enceintes pressurisées, collaboration AMEX, UPMC) afin d'évaluer différents paramètres biologiques (vitesse de développement, flottabilité, tolérance physiologique) ainsi que l'impact de perturbations causées par l'extraction de minéraux (présence d'éléments toxiques, de particules en suspension).

Analyses de laboratoire : 1) caractérisation de l'état reproductif de individus récoltés (sex-ratio, maturité sexuelle, fécondité, stades de développement embryonnaire) par des observations macro- et microscopiques, 2) description morphologique (microdissections, microscopie) des larves planctoniques, 3) identification moléculaire des stades larvaires/post-larves, 4) caractérisation de la diversité bactérienne associée aux stades précoces par des approches moléculaires (clonage-séquencage 16S) et d'imagerie (FISH, MEB), y compris pour les individus issus d'expérimentation en enceinte pressurisées 5) caractérisation biochimique des larves/post-larves/juveniles (lipides, isotopes stables).

Approches de modélisation : les données d'hydrodynamique locale issues des mouillages de courantomètres au cours de BICOSE 2, ainsi que les données acquises sur la biologie des larves seront incorporées dans un modèle de dispersion à développer au cours de la thèse (collaborations dans le cadre de l'ANR Luckyscale).

L'ensemble des outils et équipements de laboratoire nécessaires à ce projet, ainsi que le financement de la recherche proposée sont d'ores et déjà acquis par les laboratoires d'accueil.

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

- Master en biologie, microbiologie, écologie, ou océanographie biologique, avec de bonnes connaissances en biologie marine
- Maîtrise des techniques de biologie moléculaire (extraction d'ADN, PCR, hybridation *in situ*) et de microscopie

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2016

(MEB, FISH) appréciée

- Intérêt pour la recherche pluridisciplinaire alliant la biologie à la microbiologie et la géochimie
- Goût ou aptitude pour le travail de terrain, en particulier en mer

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

Cette thèse sera réalisée au sein de deux laboratoires Ifremer, dont l'un est rattaché à l'UMR 6197 (UBO/CNRS/Ifremer), qui regroupe diverse disciplines allant de l'écologie, la microbiologie, à la chimie et la géochimie.

Au niveau local et national, plusieurs collaborations sont envisagées :

- Laboratoire de Géochimie & Métallogénie (C. Cathalot et C. Konn) : caractérisation géochimique des habitats.
- LPO (ANR Lucky Scale) : océanographie, modélisation
- Equipe Amex, UMR Borea, Université Paris 6 (B. shillito, J. Ravaux, M. Zbinden) : expérimentation sous pression

Ce projet s'inscrit également au sein des thèmes et axes de recherche du Labex Mer, du réseau CONNECT (ex-GDR ECCHIS groupant les chercheurs français travaillant sur les écosystèmes à base chimiosynthétiques profonds), ainsi que du projet européen MIDAS (qui a pour but d'étudier les impacts environnementaux de l'extraction des ressources minières et énergétiques des grands fonds marins).

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

Ce projet de thèse contribuera à l'apport de connaissances fondamentales nouvelles sur le fonctionnement des écosystèmes marins profonds, en s'attaquant à un verrou majeur : le cycle de vie d'organismes endémiques d'écosystèmes abritant des ressources minérales dont l'exploitation a connu récemment un regain d'intérêt. Une meilleure compréhension des capacités de reproduction, de dispersion larvaire et de re-colonisation de ces organismes est indispensable pour la mise en place d'études d'impact environnemental des activités minières, ainsi que par la suite, le développement de stratégies de préservation de ces environnements. En ce sens, les objectifs de cette thèse s'intègrent parfaitement dans le DIS D3 : "Activités maritimes pour une croissance bleue", et en particulier dans l'axe 3C : "valorisation des ressources minières marines" en contribuant à la préservation des richesses biologiques et à l'exploitation durable des richesses minières de l'océan.

Ce projet pourra également stimuler le développement d'outils et de capteurs innovants, indispensables pour le développement d'axes de recherche nouveaux tel que l'étude des larves marines profondes et de leurs mouvements, mais pouvant également par la suite faire partie des stratégies de suivi d'impact (bio-monitoring colonne d'eau).

Cette thèse prend comme modèle d'étude une crevette profonde vivant en symbiose avec des bactéries. L'étude de l'évolution de cette symbiose au cours de cycle de vie de la crevette, et notamment lors des phases précoce d'incubation des œufs pourra aboutir à une meilleure compréhension du rôle des bactéries dans le développement des embryons de crevette. Les œufs et embryons de crustacés d'espèces côtières, dont certaines aquacoles, sont associés à des bactéries épibiotiques, qui pourraient avoir un rôle protecteur vis à vis des infections fongiques, mais pourraient également influencer sur la morphogénèse embryonnaire. La nature de ces interactions embryon-bactéries ne sont pas encore bien comprises, et leur étude sur le modèle *R. exoculata*, espèce également symbiotique à l'âge adulte, pourrait ouvrir de nouvelles pistes dans leur compréhension, avec de possibles répercussions pour les modèles aquacoles côtiers. Bien que très fondamentaux, ces aspects relèvent directement des objectifs l'axe 3D "nouveaux modèles d'exploitation des ressources vivantes aquatiques (pêche et aquacultures)".

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

Ce projet relève des thèmes du Labex Mer, en particulier ceux de l'axe 3 "Interactions géobiologiques dans les environnements extrêmes", et pourra stimuler le développement d'outils innovants dans le cadre de l'Institut Carnot

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2016

Edrome par exemple (comme ce fût le cas de la pompe à larve SALSA récemment développée au laboratoire).

Références bibliographiques citées :

1. Van Dover, C.L. 2011. Mining seafloor massive sulphides and biodiversity: what is at risk? *ICES J. Mar. Sci.*, 68(2), 341-348.
2. Durand L, Roumagnac M, Cueff-Gauchard V, Jan C, Guri M, et al. (2015) Biogeographical distribution of *Rimicaris exoculata* resident gut epibiont communities along the Mid-Atlantic Ridge Hydrothermal vent sites. *FEMS Microbiol Ecol*, in press.
3. Jan C, Petersen JM, Werner J, Teeling H, Huang S, et al. (2014) The gill chamber epibiosis of deep-sea shrimp *Rimicaris exoculata*: an in-depth metagenomic investigation and discovery of Zetaproteobacteria. *Env Microbiol* 16: 2723-2738.
4. Ponsard J, Cambon-Bonavita M-A, Zbinden M, Lepoint G, Joassin A, et al. (2013) Inorganic carbon fixation by chemosynthetic ectosymbionts and nutritional transfers to the hydrothermal vent host-shrimp *Rimicaris exoculata*. *ISME Journal* 7: 96-109.
5. Zbinden M, Shillito B, Le Bris N, De Villardi de Montlaur C, Roussel EG, et al. (2008) New insights on the metabolic diversity among the epibiotic microbial community of the hydrothermal shrimp *Rimicaris exoculata*. *J Exp Mar Biol Ecol* 159: 131-140.
6. Guri M, Durand L, Cueff-Gauchard V, Zbinden M, Crassous P, et al. (2012) Acquisition of epibiotic bacteria along the life cycle of the hydrothermal shrimp *Rimicaris exoculata*. *The ISME Journal* 6: 597-609.
7. Hernandez-Avila I, Cambon-Bonavita MA, Pradillon F (2015) Morphology of first zoeal stage of four genera of Alvinocaridid shrimps from hydrothermal vents and cold seeps. Implications for ecology, larval biology and phylogeny. *Plos One* in press.
8. Pradillon F (2014) Développement d'un dispositif de prélèvement de larves SALSA: Serial Autonomous Larval Sampler. Rapport Carnot, 15 pp.
9. Giltunes MS, Fenical W (1992) Embryos of *Homarius americanus* are protected by epibiotic bacteria. *Biol Bull* 182: 105-108.

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) :**

(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.) :**

Co-financement Ifremer, 18 mois, en attente de réponse.

- **Si le cofinancement n'est pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinancier :** 22 février 2016

- **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.