

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Formulaire demande de financement : ARED - ISblue – Etablissement(s) - ...

pour dépôt sur le serveur [SML — TEBL \(doctorat-bretagneloire.fr\)](http://SML — TEBL (doctorat-bretagneloire.fr)) au format PDF

NB : ce dossier ne vous dispense pas de déposer en parallèle votre dossier sur l'extranet de la Région

Acronyme : MICYFER

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

Établissement porteur du projet : UBO UBS Institut Agro Rennes Ifremer

IMTA ENSTA ENIB

Ecole Doctorale : EDSML

SPI BZH SPIN MATHSTIC Bretagne Océane pour les projets ISblue

Identification du projet

Intitulé du projet	Influence de l'activité hydrothermale sur les communautés microbiennes impliquées dans le cycle du fer et interactions avec les minéraux.
--------------------	---

Demande d'ARED

Se reporter à la notice ARED Région Bretagne et préciser :

Priorité régionale	OUI
DIS	1
Levier thématique	6
DIS secondaire	1
Levier thématique secondaire	5
Axe transversal	Transition environnementale et écologique

Organisme de tutelle : encadrement et unité de recherche

Porteur du projet HDR

Date obtention de l'HDR	Novembre 2007
Nom	CAMBON
Prénom	Marie-Anne

Unité de recherche	Biologie et Ecologie des Ecosystèmes marins Profonds, BEEP, IUEM, Plouzané
Adresse électronique	Marie.Anne.Cambon@ifremer.fr
Tel	02 98 22 47 56
Expérience d'encadrement	<p>Iván Hernández Ávila, 2013-2016, co encadrement F. Pradillon: « Dispersion larvaire et cycles de vie en milieu profond ». Chercheur Université Autonome del Carmen, Campeche, Mexique</p> <p>Vincent Apremont, 2014-2017 co encadrement M. Zbinden « Etude des symbioses chez les Alvinocaridae, fonctionnement et adaptation aux variations physico-chimiques de l'environnement ».</p> <p>Pierre Methou 2016-2019, co encadrement F. Pradillon. « Cycle de vie de la crevette hydrothermale <i>Rimicaris exoculata</i>, de l'embryon au recrutement des juvéniles ». Post doctorat au Jamstec, Japon (3 ans)</p> <p>Valérie Cueff-Gauchard, 2019-2023 en cours. « Fonctionnement des communautés symbiotiques chez la crevette hydrothermale <i>Rimicaris</i> sp. par approches <i>in situ</i>». Collaboration with B Shillito. Ingénieure Ifremer</p> <p>Marion Guéganton, 2019-2023, co encadrement F. Pradillon. « Acquisition des partenaires symbiotiques: modalités et conséquences sur l'établissement, la distribution et l'écologie des sources hydrothermales ». En cours</p> <p>Alicia Veillot 2021-2024, co-encadrement J Sarrazin et F Pradillon « Processus de COLONisation en périphérie des sources hydrothermales : Zones potentiellement convoitées pour leurs rEssources minérales ». En cours</p>

Unité de recherche

Nom de l'unité	Laboratoire de Biologie et Ecologie des Ecosystèmes marins Profonds
Acronyme de l'Unité (umr xx, ...)	BEEP UMR9167
Nom et prénom du responsable	SARRADIN Pierre-Marie
Le cas échéant, nom de l'équipe de recherche	
Le cas échéant, nom du responsable de l'équipe de recherche	

Co-directeur de thèse – si nécessaire

Nom	
Prénom	
Unité de recherche	

Etablissement de tutelle	
Expérience d'encadrement	

Co-encadrant (s) de thèse – si nécessaire

Nom	MIESZKIN
Prénom	Sophie
Unité de recherche	Biologie et Ecologie des Ecosystèmes marins Profonds, BEEP, IUEM, Plouzané
Etablissement de tutelle	UBO
Expérience d'encadrement	Eva Poudet. Etudiante en thèse de l'université de Bretagne Occidentale. Financement UBO EDSML. Thèse co-dirigée par Karine Alain (40%) et moi-même (60%) (UMR6197). Sujet : Microorganismes impliqués dans le cycle du fer en contexte hydrothermal profond et chaud : diversité taxonomique, physiologique et fonctionnelle ». 1 ^{er} Octobre 2021 -> fin prévue en octobre 2024.

Nom	
Prénom	
Unité de recherche	
Etablissement de tutelle	
Expérience d'encadrement	

Description du projet : complément

Lieu principal de déroulement du projet en Bretagne : UBO, IUEM, UMR 6197 BEEP

Lieu principal de déroulement du projet si hors Bretagne :

Libellé (attention veiller à respecter le nombre de caractères imposés par le serveur de la Région)

Résumé synthétique du projet (2 000 caractères maximum)

Face à la demande croissante de la société pour l'exploitation minière et l'exploitation potentielle future des ressources minérales en eaux profondes, il est important de mieux comprendre la contribution du compartiment microbien sur les processus d'altération minérale qui peuvent participer à la modification de la nature des ressources minérales dans les sites hydrothermaux actifs (avec sortie de fluide hydrothermal) et inactifs (sans sortie visible de fluide hydrothermal) en eaux profondes. Les sources hydrothermales actives en eaux profondes émettent des fluides chauds, anoxiques, réduits et chargés en gaz dissous et en ions métalliques. Les dépôts hydrothermaux se forment alors par précipitations successives des minéraux présents dans le fluide lorsqu'ils se mélangent à l'eau de mer environnante. Globalement, les sites hydrothermaux profonds sont caractérisés par des dépôts de sulfures massifs (SMS) durs, enrichis d'une forte teneur en métaux de base (fer (Fe), zinc, plomb et cuivre...), en sulfures et en éléments rares. Depuis plusieurs décennies, ces gisements de SMS attirent les compagnies minières qui sont encouragées par la demande croissante de matières premières minérales due à la croissance démographique constante, aux progrès technologiques et à la transition vers une économie à faible

émission de carbone. Malgré les importantes ressources scientifiques déployées pour étudier ces écosystèmes profonds, des efforts considérables sont nécessaires pour mieux les caractériser et anticiper l'impact des futures exploitations minières. Parmi les métaux présents dans les SMS, le Fe se trouve à des concentrations importantes dans les minéraux sulfurés et est impliqué dans le métabolisme énergétique de communautés microbiennes encore peu explorées, en tant que donneur (Fe²⁺) ou accepteur (Fe³⁺) d'électrons. Or, ces microorganismes sont parmi les acteurs clés dominants des écosystèmes hydrothermaux et leur activité métabolique interagit avec les milieux environnants en affectant la formation et l'altération des minéraux. Il est intéressant de noter qu'à ce jour, il y a moins d'informations disponibles concernant les gisements SMS inactifs (diversité microbienne et interactions microbes-minéraux) par rapport aux gisements SMS actifs, alors qu'ils sont beaucoup plus abondants.

L'objectif principal de cette thèse sera d'enrichir nos connaissances sur l'influence des cheminées hydrothermales actives versus inactives profondes sur la diversité et les fonctions des communautés microbiennes impliquées dans le cycle du fer et plus largement sur l'altération des minéraux riches en fer.

Hypothèses, questions posées, points de blocage, approche méthodologique, technique (4 000 caractères maximum)

Hypothèse : les cheminées hydrothermales actives en eaux profondes ont un impact sur la structure taxonomique et fonctionnelle des communautés microbiennes impliquées dans le cycle du fer, modifiant ainsi la nature des minéraux.

Il y a 3 questions principales :

- 1- Quel est l'effet du niveau d'activité du fluide hydrothermal (évent actif versus inactif) sur la diversité des microorganismes impliqués dans le cycle du fer ?
- 2- Quel est l'effet du fluide hydrothermal sur le taux d'activité des communautés microbiennes du Fe?
- 3- Comment les microorganismes interagissent-ils avec les minéraux riches en Fe ?

La thèse sera soutenue par la campagne BICOSE3 (20 Oct - 5 Dec 2023 ; MA. CAMBON chef de mission). Cette campagne explorera deux champs hydrothermaux situés dans l'Atlantique nord sur la ride Médio Atlantique, les sites TAG et Snake Pit. Certains échantillons sont déjà disponibles au laboratoire et ont été collectés sur le site TAG lors de la campagne HERMINE2 de l'été 2022.

Le principal défi technique sera la visualisation des micro-organismes et de leurs interactions avec les minéraux riches en fer. Cette étude nécessitera une longue période de développement. Cependant, l'unité BEEP possède les compétences en microscopie et nous avons à notre disposition différentes techniques et technologies en microscopie. Le premier objectif est à faible risque car l'unité BEEP possède de solides compétences en méta-omique et des connaissances sur l'étude des communautés microbiennes de ces écosystèmes. Le deuxième objectif est également à faible risque car il repose sur une expérience maîtrisée par l'unité BEEP en cultures et mesures d'activités.

Pour répondre à nos 3 questions principales, nous appliquerons une approche originale et pluridisciplinaire qui combine les analyses omiques, la géomicrobiologie, les mesures de taux d'activité et la microscopie.

Question 1 : Quel est l'effet du niveau d'activité du fluide hydrothermal sur la diversité des microorganismes impliqués dans le cycle du Fe ?

Au cours de la campagne BICOSE3, on procédera à un échantillonnage du site hydrothermal TAG afin de recueillir 3 fragments de cheminée hydrothermale active (conditions réduites) et 3 fragments de cheminée hydrothermale inactive (conditions oxydées) soumis (ou ayant été soumis - pour les cheminées inactives -) au même fluide hydrothermal, afin de comparer les communautés microbiennes (à l'échelle du mètre) en fonction de la minéralogie de la cheminée active par rapport à la cheminée inactive. De plus, la partie extérieure oxydée et la partie intérieure réduite des cheminées actives et inactives seront également comparées pour accéder à la diversité taxonomique et fonctionnelle au sein de l'échantillon (à l'échelle du cm).

Pour chaque échantillon, la diversité taxonomique et fonctionnelle des communautés microbiennes impliquées dans le cycle du fer sera étudiée en effectuant : (i) un métabarcodage ciblant les séquences génétiques de l'ARNr 16S des bactéries et des archées, et (ii) des analyses métagénomiques. Des paramètres physico-chimiques *in situ* et *ex situ* seront également mesurés ainsi que des informations minéralogiques permettant d'établir des corrélations entre l'abondance des microorganismes et les paramètres physico-chimiques de cet écosystème.

Question 2 : Comment évaluer les mesures de taux d'activité ?

Pour déterminer la contribution des communautés réductrices de Fe^{3+} et oxydantes de Fe^{2+} à la production microbienne autotrophe et hétérotrophe *in situ* dans les écosystèmes hydrothermaux, des mesures à bord du navire (campagne BICOSE3) des taux de fixation du carbone seront effectuées dans des conditions *in situ* (pression et température) avec et sans supplémentation en Fe^{2+} et Fe^{3+} (gamme de mM). Les fluides seront collectés et couplés à l'utilisation de très petites quantités de substrats radiomarqués ($[^3H]$ -leucine, ^{14}C -bicarbonate) pour mesurer le taux de fixation du carbone.

Question 3 : Comment visualiser les assemblages microbiens ?

Les assemblages microbiens et leurs interactions avec les minéraux riches en Fe seront visualisés en utilisant des techniques d'imagerie telles que l'hybridation *in situ* en fluorescence (FISH) en combinaison avec des observations par épifluorescence et/ou microscopie confocale et MEB. Si le signal libéré par les sondes doit être amplifié pour mieux visualiser les micro-organismes, nous utiliserons également la technique CARD-FISH (Catalyzed Reporter Deposition Fluorescence *In Situ* Hybridization).

Environnement scientifique, positionnement dans contexte régional/national/international (2 000 caractères maximum)

L'unité BEEP maîtrise la culture de micro-organismes anaérobies et notamment les réducteurs et oxydants de fer, ainsi que les approches omiques. En effet, l'unité est composée de microbiologistes, de bioinformaticiens et de biochimistes.

Au niveau international, ce travail sera réalisé en collaboration avec le Key Laboratory of Marine Biogenetic Resources (KLAMBR) du Third Institute of Oceanography (TIO) State Oceanic Administration (SOA) de Xiamen (dirigé par le prof. Zongze SHAO) (Chine), dans le cadre du Laboratoire International Franco-Chinois Associé MicrobSea (IRP 1211), auquel l'unité BEEP est associée (IRP 1211 Microbsea dirigé par Dr. Karine ALAIN et Pr. Zongze SHAO).

A l'échelle régionale, ce projet s'inscrit dans le thème 2 (Ocean-Earth Interactions) de l'EUR ISBlue (Interdisciplinary Graduate School for the blue planet).

A l'échelle locale, nous collaborerons avec un expert minéralogiste et spécialiste de la géochimie isotopique des métaux de l'UMR Geo-Oceans (Dr. Olivier Rouxel, UMR 6538).

Collaborations scientifiques (nature/partenariat/pays) et partenariat socio-économique envisagé

Comme détaillé ci-dessus, au niveau international, ce projet se déroulera dans le cadre du Laboratoire International Associé franco-chinois Microbsea et renforcera les liens entre l'unité mixte de recherche BEEP et le partenaire chinois KLAMBR du 3^{ème} Institut d'Océanographie de Xiamen dirigé par Zongze Shao.

A l'échelle nationale, nous collaborerons avec le Dr. Olivier Rouxel (géochimiste de Geo-Ocean, UMR 6538) qui est un expert en minéralogie et un spécialiste de la géochimie isotopique du fer avec lequel nous collaborons dans le cadre du JCJC ANR IRON2MI 'The IRON cycle in deep-sea hydrothermal vents : contribution of iron-reducing and iron-oxidizing Microorganisms and impact on Minerals alteration' (oct. 2022 - sept.2026), coordonné par S. Mieszkina. Les partenaires du BEEP et de Geo-Ocean sont également co-impliqués dans un projet PPR Ocean & Climate avec une composante sur le thème de ce projet de thèse (Projet LIFEDEEPER : Living together in Future : vulnerability of DEEP-sea ecosystems facing potential mineral Resources exploitation ; coordinator : Marie-Anne Cambon).

Pour les demandes Région Bretagne

Adéquation du projet avec le DIS de Rattachement

Pour les demandes Région Bretagne (3 000 caractères maximum)

Ce projet de thèse s'inscrit principalement dans le DIS 1 " L'économie maritime pour une croissance bleue " et l'axe transversal " Transitions environnementales et écologiques ". En effet, les gisements de sulfures massifs issus des écosystèmes hydrothermaux des grands fonds sont attractifs pour les compagnies minières qui sont encouragées par la demande croissante en matières premières minérales due à la croissance démographique constante, aux progrès technologiques et à la transition vers une économie à faible émission de carbone. Cependant, malgré les importants moyens scientifiques déployés pour étudier ces écosystèmes profonds, des efforts considérables sont nécessaires pour mieux les caractériser et anticiper l'impact des futures exploitations minières. Ainsi, ce projet de thèse fournira des éléments à la société pour mieux gérer ces ressources minérales et ainsi entrer dans un processus de gestion durable de ces écosystèmes qui est obligatoire pour effectuer la transition vers une économie à faible émission de carbone. De plus, le projet s'inscrit également dans le levier thématique " bioressources marines et biotechnologies " puisque ce projet s'intéresse au rôle des microorganismes dans l'altération des minéraux. En effet, les microorganismes impliqués dans l'altération des minéraux seront ciblés et les voies métaboliques seront étudiées.

Si priorité régionale, préciser (2000 caractères maximum)

L'étude des écosystèmes marins profonds, et en particulier l'étude du rôle de l'activité des cheminées hydrothermales sur les communautés microbiennes et leurs interactions avec les minéraux, peut également s'inscrire dans une priorité régionale (atténuation et/ou adaptation au changement climatique) avec pour objectif la valorisation des ressources naturelles (microorganismes et minéraux) d'un écosystème singulier (l'environnement hydrothermal marin profond) qui peut avoir un effet indirect sur la séquestration du CO₂ dans les océans. Si l'on prend l'exemple du fer, l'absorption microbienne du fer est un moyen de disperser le fer des écosystèmes hydrothermaux marins fonds vers la surface des océans. Ce processus peut conduire à l'acquisition de fer par le phytoplancton marin et, par extension, à la séquestration du CO₂.

En conclusion, une meilleure compréhension du rôle des microorganismes dans l'altération des minéraux sur les sites hydrothermaux marins profonds actifs et inactifs permettra également de mieux évaluer la dispersion du fer dans l'océan, permettant au phytoplancton de séquestrer le CO₂, dont les concentrations ont tendance à augmenter avec l'accumulation des gaz à effet de serre et qui contribuent donc au changement climatique.

Demande de (co)financement ISblue

Vous sollicitez un financement ISblue,

Précisez le lien du sujet avec les thèmes ISblue

Ce projet s'inscrit parfaitement dans le thème 2 d'Isblue et notamment dans le sous-thème " Les fonds marins vivants : là où les fluides, les minéraux et la vie extrême interagissent ". En effet, ce sujet de thèse vise à améliorer notre connaissance de l'influence des cheminées hydrothermales actives ou inactives sur la diversité et les activités fonctionnelles des communautés microbiennes impliquées dans le cycle du fer (un cycle biogéochimique majeur dans les écosystèmes hydrothermaux profonds) et plus largement sur l'altération des minéraux riches en fer. Ceci, dans le cadre de l'exploitation potentielle future des ressources minières de sulfures polymétalliques hydrothermaux. Ce sujet de thèse devrait donc fournir des éléments

clés à la société pour mieux gérer les ressources minérales des grands fonds, ce qui correspond à un objectif majeur du thème 2 d'ISblue.

Thème ISblue	Thème principal	Thème secondaire (si nécessaire)	Autre (si nécessaire)
la régulation du climat par l'océan			
les interactions entre la Terre et l'océan	X		
la durabilité des systèmes côtiers			
l'océan vivant et les services écosystémiques			
les systèmes d'observation à long terme			

Expliquez/précisez en quelques lignes dans quelle mesure votre demande correspond à l'un ou plusieurs des critères ISblue ci-dessous :

1- Originalité, impact potentiel du projet (4 lignes maxi)

Ce projet est original car il permettra de mieux définir les notions de processus actifs *versus* inactifs dans les sites hydrothermaux marins profonds en combinant deux disciplines : la microbiologie et la géologie. De plus, il apportera des connaissances sur les microorganismes impliqués dans le cycle du fer et sur l'altération des minéraux riches en fer. Enfin, il permettra également de fournir des éléments clés à la société pour mieux gérer les ressources minérales des grands fonds marins.

2- Positionnement international du sujet, cotutelle ou co-encadrement international (4 lignes maxi)

Ce projet se déroulera dans le cadre du Laboratoire International Associé franco-chinois Microbsea et permettra de renforcer les liens entre l'unité mixte de recherche BEEP et le partenaire chinois KLAMBR du 3ème Institut d'Océanographie de Xiamen dirigé par Z. Shao.

3- Effet intégrateur entre unités de recherche et / ou interdisciplinarités (4 lignes maxi)

Nous collaborerons avec le laboratoire Geo-Ocean, UMR 6538, concernant les analyses de géologie/géochimie. Cette thèse sera également développée dans le cadre des projets ANR IRON2MI (coordinateur S. MIESZKIN) et LIFEDEEPER (coordinateur MA CAMBON) qui permettront au doctorant de rencontrer des scientifiques impliqués dans des disciplines complémentaires.

4- Potentiel d'insertion à un haut niveau dans la communauté académique ou non académique du docteur (4 lignes maxi)

La thématique des microorganismes impliqués dans le cycle du fer dans les environnements hydrothermaux profonds est une thématique jeune au sein du laboratoire BEEP (démarrage en oct. 2021) et a été renforcée récemment par une ANR JCJC ANR IRON2MI et par une tâche de l'ANR LIFEDEEPER. Cet environnement sera très favorable au futur doctorant et devrait conduire à plusieurs publications de rang A, permettant au doctorant de répondre aux critères attendus pour une future embauche dans la recherche académique.

Financement du projet de thèse

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.) : ANR JCJC IRON2MI (oct 2022-sept 2026)

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) :

Si oui, laquelle :

Sollicitez-vous un co-financement Is-Blue (oui/non) ? oui

Important : Veillez à bien compléter les différents co financements sollicités sur le serveur Thèses en Bretagne Loire lors du dépôt de votre dossier.

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) :

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 :

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

Vous sollicitez un financement UBO EDSML qui sera porté à la décision du Conseil de l'ED

Indiquez le ici, oui non et sur le serveur TEBL (indispensable)

Le candidat

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

Le candidat doit être titulaire d'un master en microbiologie ou d'un diplôme d'ingénieur en microbiologie et posséder les compétences suivantes :

En génomique : Métabarcode, métagénomique et métatranscriptomique.

En microbiologie, écologie moléculaire :

- Connaissance de la microbiologie pasteurienne, culture de microorganismes aérobies et anaérobies, thermophiles.

- Connaissance des métabolismes microbiens

- Connaissance de l'écologie microbienne des habitats marins extrêmes.

- Connaissance de base de la biologie moléculaire (extraction d'ADN, PCR, Q-PCR).

Des connaissances/compétences en méthodes analytiques seront appréciées

(par exemple, chromatographie, mesures d'activité avec des radiotraceurs).

Compétences personnelles :

- Rigueur, organisation, autonomie.
- Capacité à travailler en équipe.
- Bonnes capacités relationnelles.

Compétences linguistiques : Anglais : Compréhension orale et expression écrite

ATTENTION : Tout dossier non déposé sur le serveur dans les délais indiqués, ne pourra être pris en compte notamment par les instances ISblue, conseil de l'EDSML.

Veillez à enregistrer votre document au format NOM du porteur /Acronyme labo.pdf