

# Proposition de sujet de thèse 2021

(A remplir par les équipes d'accueil et à retourner à Isabelle HAMMAD : [hammad@cerege.fr](mailto:hammad@cerege.fr)  
\*à renseigner obligatoirement pour la validation du sujet, (1) : A remplir lors de la campagne d'attribution des allocations, à l'issue de la session de juin des Masters

**Sujet de doctorat proposé \*:** Étude des réseaux métaboliques au sein de communautés microbiennes d'un système marin serpentinsé par une approche intégrative - Couplage de l'H<sub>2</sub> avec le cycle du Carbone (et de l'Azote)

Encadrant(s), nom, prénom, adresse mail \*: ERAUSO Gaël [gael.erauso@mio.osupytheas.fr](mailto:gael.erauso@mio.osupytheas.fr)  
POSTEC Anne [anne.postec@mio.osupytheas.fr](mailto:anne.postec@mio.osupytheas.fr)

Laboratoire \*: Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO)  
UMR AMU/CNRS/IRD 7294

## Tableau récapitulatif du sujet

<b>Candidat(e)<sup>(1)</sup></b>	
Nom - Prénom :	
Date de naissance :	
Licence (origine, années, mention) :	
Mention et classement au Master 1 année (Xème sur Y)	
Mention et classement au S3 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au S4 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au M2 (année) (Xème sur Y)	
MASTER (nom, université)	
<b>Sujet de doctorat proposé*</b>	Étude des réseaux métaboliques au sein de communautés microbiennes d'un système marin serpentinsé par une approche intégrative - Couplage de l'H <sub>2</sub> avec le cycle du Carbone (et de l'Azote)
Encadrants (2 max, indiquer si HDR ou pas) *	Gaël ERAUSO (PR, HDR), Anne POSTEC (MCU)
Laboratoire*	MIO, UMR AMU/CNRS/IRD 7294
Programme finançant la recherche (indiqué si obtenu ou envisagé) (1)	ANR MICROPRONY (2020-2024 ; acquis (G. Erauso P.I.)

## Sujet de doctorat proposé\*

Intitulé\* : Étude des réseaux métaboliques au sein de communautés microbiennes d'un système marin serpentinsé par une approche intégrative - Couplage de l'H<sub>2</sub> avec le cycle du Carbone (et de l'Azote)

Descriptif \*:

**Contexte.** Le sujet proposé s'inscrit dans le cadre du projet ANR MICROPRONY (2020-2024) qui étudie le fonctionnement de l'écosystème microbien associé à un système hydrothermal marin côtier situé dans la baie de Prony, Nouvelle-Calédonie (Prony Bay Hydrothermal Field, PBHF). Là, des cheminées sous-marines de carbonates émettent des fluides alcalins (pH>11), chauds (43°C), anoxiques enrichis en H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et petites molécules organiques (principalement du formiate) produits abiotiquement par serpentinsation, c'est-à-dire l'altération des minéraux (Fe, Mg) des roches du manteau (péridotites) en serpentinites, accompagnée par la

réduction du CO<sub>2</sub> par l'H<sub>2</sub>. Ces composés constituent des sources d'énergie et de carbone potentielles pour la vie microbienne. Cependant, la serpentinisation génère également des conditions environnementales hostiles à la vie : pH élevé (>11), faible disponibilité d'accepteurs d'électrons et très faible concentration de carbone inorganique dissous.

Nos travaux, fondés principalement sur des approches métagénomiques ont révélé notamment l'importance du métabolisme du dihydrogène en révélant notamment l'importance de nouvelles lignées de bactéries ou d'archées pour l'instant incultivées.

En effet les tentatives de cultures menées jusqu'à présent par notre équipe ou d'autres laboratoires n'ont permis d'isoler qu'une très faible fraction de la diversité détectée, principalement des bactéries fermentaires alcalophiles que nous avons décrites comme nouvelles espèces ou nouveaux genres. Les acteurs dominants, en particulier les producteurs primaires, chimiolithoautotrophes ont pour l'instant échappé à nos essais de culture selon les techniques conventionnelles (anaérobiose selon Hungate).

### **Hypothèses de travail et objectifs.**

A partir de ces résultats, trois hypothèses sont ressorties : i) la production abiotique d'H<sub>2</sub> et de molécules organiques (ou de CO) permet d'alimenter cet écosystème, indépendamment des apports de la photosynthèse ; ii) les producteurs primaires seraient principalement des hydrogénotrophes respirant divers accepteurs d'électrons selon leur disponibilité le long du gradient chimique formé par le mélange du fluide hydrothermal avec l'eau de mer ; iii) ces communautés reposent sur des interactions trophiques (syntrophie) fortes entre les différents acteurs, basées sur des échanges d'H<sub>2</sub>, de source de carbone et d'azote (certains acteurs seraient capables de fixer le N<sub>2</sub> du fluide hydrothermal). Pour tester ces hypothèses, nous avons décidé de réduire la complexité du système naturel en réalisant des cultures de consortia en bioréacteur en conditions mimant les conditions *in situ* mais où l'on peut tester plus facilement l'effet d'un paramètre environnemental à la fois sur la diversité spécifique et fonctionnelle des communautés cultivées.

La mise en œuvre expérimentale a déjà bien avancé dans le cadre d'un stage de Master2 en cours, et les premiers résultats sont encourageants car nous avons déjà obtenu des croissances significatives (densité finale >5x10<sup>7</sup> cellules.ml<sup>-1</sup>) après 15-20 jours d'incubation pour 3 conditions testées (H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> ; H<sub>2</sub> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ; H<sub>2</sub> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) comme détaillé plus bas. Le dispositif expérimental semble donc adapté pour tester certaines de nos hypothèses.

### **Descriptif.**

Des consortia microbiens (bactéries et archées) seront cultivés à partir d'échantillons de cheminée hydrothermale du site PBHF, en utilisant un bioréacteur permettant de réguler les conditions physico-chimiques (pH, température, homogénéité des mélanges gaz-liquides, etc.). Il sera alimenté en H<sub>2</sub> (50% H<sub>2</sub>, 50% N<sub>2</sub>) à une teneur similaire à celle mesurée dans les fluides, pour sélectionner les producteurs primaires hydrogénotrophes, dans des conditions anaérobies (sans apport d'accepteurs d'électrons ou après ajout de nitrates ou de sulfates) ou en micro-aérophiles (1-2% O<sub>2</sub>). La source de carbone sera du formiate car le CO<sub>2</sub> précipite en carbonates à pH élevé (pH 10) ce qui le rend difficilement assimilable par les microorganismes (des tests complémentaires en microcosmes avec du CO sont envisagés). L'activité métabolique sera suivie en mesurant la production de métabolites (e.g. CH<sub>4</sub>, acétate, pyruvate...) et la consommation de substrats (H<sub>2</sub>, formiate, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>...) soit directement en temps réel par micro-GC en ligne, ou par les méthodes analytiques courantes (HPLC, chromatographie ionique).

La diversité spécifique des consortia sera suivie régulièrement par metabarcoding en utilisant le gène de l'ARNr 16S amplifié par PCR sur l'ADN et l'ARN extraits d'échantillons de cultures.

L'aspect fonctionnel sera étudié par une approche de métagénomique et métatranscriptomique comparative sur les cultures obtenues dans les différentes conditions citées. Les séquences obtenues devraient permettre la reconstruction du génome des microorganismes cultivés, d'établir leur profil d'expression et de modéliser les réseaux métaboliques (interactions trophiques) au sein des consortia.

Les hypothèses fonctionnelles basées sur ces approches omiques seront testées par des approches méthodologiques complémentaires couplant l'utilisation d'isotopes stables à l'échelle de la communauté (IRMS) ou de la cellule (Nano SIMS + FISH) et d'analyses biochimiques pour identifier les acteurs et les voies métaboliques utilisées.

## Accueil et encadrement

Le ou la doctorant.e sera accueilli.e au sein de l'équipe MEB du MIO sur le campus de Luminy.

Le ou la doctorant.e sera encadré par [Gaël Erauso \(PR AMU\)](#) et [Anne Postec \(MCU AMU\)](#) de l'équipe MEB. [Fabrice Armougom \(IR IRD\)](#), responsable de la plateforme OMICS et du WP métagénomique du projet MICROPRONY, supervisera la méthodologie bioinformatique de l'approche métagénomique. Le ou la doctorant.e partagera son temps entre le bâtiment Océanomed où sera mené l'essentiel du travail expérimental et où elle/il pourra échanger avec les autres doctorants, et Polytech où il/elle aura un bureau et pourra interagir avec [Aurélien Lecoivre](#), postdoc qui vient d'être recruté sur le projet MICROPRONY, en charge du traitement bioinformatique des données métagénomiques.

Le ou la doctorant.e sera assisté par [Sylvain Davidson \(IE IRD\)](#) pour les cultures en bioréacteurs et par [Yannick-Combet Blanc \(CR IRD\)](#) pour les aspects physiologie/métabolisme. Il bénéficiera du soutien technique des plateformes technologiques du MIO (PACEM) et de l'Institut IM2B.

[Sophie Bonnet \(DR IRD\)](#) de l'équipe CYBELE, nous apportera son expertise scientifique et méthodologique pour les parties ayant trait au cycle de l'azote (diazotrophie...). [Jean-Christophe Poggiale \(PR AMU\)](#) mathématicien de l'équipe EMBIO nous conseillera pour la partie modélisation écologique.

En outre, le projet bénéficiera ainsi que des contributions de nos partenaires dans le projet MICROPRONY, notamment de l'équipe géomicrobiologie de l'IPGP pour les approches imagerie/microscopie.

## Plus-value pour la structure d'accueil

Nous étudions depuis dix ans le système de PBHF, essentiellement par des approches descriptives d'écologie microbienne. Ce stage sera l'occasion pour la première fois de tester expérimentalement certaines des hypothèses issues de ces travaux et celles d'autres microbiologistes s'intéressant à ce type d'environnements extrêmes. Il s'inscrit dans le cadre d'un projet phare de l'axe thématique « Extrêmophiles » de l'équipe MEB mais également dans l'axe « interactions biotiques » comme projet pilote pour tester un modèle écologique conçu par l'équipe EMBIO. La question de la source de carbone dans ces systèmes est ici cruciale, et, de fait, s'inscrit également dans la thématique de l'axe transverse [AT Pompe biologique du MIO](#).

**Détail du Programme finançant la recherche\*** : [PRC ANR MICROPRONY \(2020-2024 ; G. Erauso coordinateur\)](#)

## Directeur(s) de thèse proposé(s)\*

(Limitez au plus à deux personnes principales, dont au moins une titulaire de l'HDR)

## Directeur HDR proposé\*

Nom - Prénom : [ERAUSO Gaël](#)

Corps : [PR \(AMU\)](#)

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) : [MIO](#)

**Adresse mail** : [gael.erauso@mio.osupytheas.fr](mailto:gael.erauso@mio.osupytheas.fr)

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

1. Postec, A., Quéméneur, M., Lecoivre, A., [Chabert, N.](#), Joseph, M., and **Erauso, G.** (2021). *Alkaliphilus serpentinus* sp. nov. and *Alkaliphilus pronyensis* sp. nov., two novel anaerobic alkaliphilic species isolated from the serpentinite-hosted Prony Bay Hydrothermal Field (New Caledonia). *Systematic and Applied Microbiology* 44, 126175 (<https://doi.org/10.1016/j.syapm.2020.126175>)
2. Quéméneur, M., **Erauso, G.**, [Frouin, E.](#), Zeghal, E., Vandecasteele, C., Ollivier, B., Tamburini, C., Garel, M., Ménez, B., and Postec, A. (2019). Hydrostatic Pressure Helps to Cultivate an Original Anaerobic Bacterium From the Atlantis Massif Subseafloor (IODP Expedition 357): *Petrocella atlantisensis* gen. nov. sp. nov. *Frontiers in Microbiology* 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01497>
3. Badel, C., **Erauso, G.**, Gomez, A., Catchpole, R., [Gonnet, M.](#), Oberto, J., Forterre, P., and Da Cunha, V. (2019). The global distribution and evolutionary history of the pT26-2 archaeal plasmid family. *Environmental Microbiology* 0. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14800>
4. [Frouin, E.](#), [Bes, M.](#), Ollivier, B., Quéméneur, M., Postec, A., Debros, D., Armougom, F., and **Erauso, G.** (2018). Diversity of rare and abundant prokaryotic phylotypes in the Prony Hydrothermal Field and comparison with other serpentinite-hosted ecosystems. *Front Microbiol* 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00102>

5. Quéméneur, M., Palvadeau, A., Postec, A., Monnin, C., Chavagnac, V., Ollivier, B., and **Erauso, G.** (2015). Endolithic microbial communities in carbonate precipitates from serpentinite-hosted hyperalkaline springs of the Voltri Massif (Ligurian Alps, Northern Italy). *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-015-4113-7>

### Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années\*

Nom : **FROUIN** Eléonore

Intitulé : *Etude de la biosphère microbienne des systèmes serpentinisés profonds par des approches de (meta)génomique environnementale*

Type d'allocation : **MRT**

Date de début de l'allocation de doctorat : **01/10/2015**

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : **17/12/2018**

Programme finançant la recherche : **ANR Deep Oases**

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : **Ingénieur de Recherche en Bioinformatique à L'Institut Curie (Paris)**

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : **50% avec Fabrice Armougom).**

Nom : **MEI** Nan

Intitulé : *Ecologie des micro-organismes producteurs d'hydrogène des sources hydrothermales alcalines associées à la serpentinitisation en Baie de Prony, Nouvelle Calédonie*

Type d'allocation : **Bourse du gouvernement chinois**

Date de début de l'allocation de doctorat : **15/09/2013**

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : **30/09/2016**

Programme finançant la recherche : **ANR Deep Oases**

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : **Associate Professor University of WUHAN, China**

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : **50 % avec Marianne Quéméneur.**

Nom : **BES** Méline

Intitulé : *Etude des communautés microbiennes d'un système hydrothermal serpentinisé, la baie de Prony en Nouvelle Calédonie : approches culturelles et moléculaires*

Type d'allocation : **MRT**

Date de début de l'allocation de doctorat : **01/11/2012**

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : **02/02/2016**

Programme finançant la recherche : **CNRS INSU EC2CO : MicroProny ; ANR Deep Oases**

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : **Professeure certifiée de biotechnologie en Lycée Technique.**

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : **50 % avec Anne Postec.**

### Autre directeur proposé (éventuellement)\*

Nom - Prénom : **POSTEC** Anne

Corps : **MCU (AMU)**

**Adresse mail** : [anne.postec@mio.osupytheas.fr](mailto:anne.postec@mio.osupytheas.fr)

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) :

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

1. **Postec, A.**, Quéméneur, M., Lecoivre, A., **Chabert, N.**, Joseph, M., and Erauso, G. (2021). *Alkaliphilus serpentinus* sp. nov. and *Alkaliphilus pronyensis* sp. nov., two novel anaerobic alkaliphilic species isolated from the serpentinite-hosted Prony Bay Hydrothermal Field (New Caledonia). *Systematic and Applied Microbiology* 44, 126175 (<https://doi.org/10.1016/j.syapm.2020.126175>)
2. Quéméneur, M., Erauso, G., Frouin, E., **Zeghal, E.**, Vandecasteele, C., Ollivier, B., Tamburini, C., Garel, M., Ménez, B., and **Postec, A.** (2019). Hydrostatic Pressure Helps to Cultivate an Original Anaerobic Bacterium From the Atlantis Massif Subseafloor (IODP Expedition 357): *Petrocella atlantisensis* gen. nov. sp. nov. *Frontiers in Microbiology* 10. (<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01497>)

3. Frouin, E., Bes, M., Ollivier, B., Quéméneur, M., **Postec, A.**, Debroas, D., Armougom, F., and Erauso, G. (2018). Diversity of rare and abundant prokaryotic phylotypes in the Prony Hydrothermal Field and comparison with other serpentinite-hosted ecosystems. *Frontiers in Microbiology* 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00102>
4. Mei, N., **Postec, A.**, Monnin, C., Pelletier, B., Payri, C.E., Menez, B., Frouin, E., Ollivier, B., **Erauso, G.**, Quemeneur, M. Metagenomic and PCR-based diversity surveys of [FeFe]-hydrogenases combined with isolation of alkaliphilic hydrogen-producing bacteria from the serpentinite-hosted Prony Hydrothermal Field, New Caledonia, *Frontiers in Microbiology*, 7 (2016) 1301. (<https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00057>)
5. Bes, M., Merrouch, M., Joseph, M., Quemeneur, M., Payri, C., Pelletier, B., Ollivier, B., Fardeau, M.L., Erauso, G., **Postec, A.** *Acetoanaerobium pronyense* sp. nov., an anaerobic alkaliphilic bacterium isolated from a carbonate chimney of the Prony Hydrothermal Field (New Caledonia), *Int J Syst Evol Microbiol*, 65 (2015) 2574-2580. (<https://doi.org/10.1099/ijs.0.000307>)

### **Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années\***

Nom : **BES Méline**

Intitulé : *Etude des communautés microbiennes d'un système hydrothermal serpentinisé, la baie de Prony en Nouvelle Calédonie : approches culturales et moléculaires*

Type d'allocation : **MRT**

Date de début de l'allocation de doctorat : **01/11/2012**

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : **02/02/2016**

Programme finançant la recherche : **CNRS INSU EC2CO : MicroProny ; ANR Deep Oases**

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : **Professeure certifiée de biotechnologie en Lycée Technique.**

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : **50 % avec Gaël Erauso.**