

*****ENGLISH VERSION BELOW*****

Intitulé de l'offre : Contrat doctoral : « Rôles et impacts des bactéries ferroxydantes dans la dynamique de la zone critique profonde » (H/F)

Lieu de travail : Ecobio Rennes UMR 6553 & Equipe Géomicrobiologie, Institut de physique du globe de Paris UMR 7154 – Université Paris Cité

Nom du responsable scientifique : Bénédicte Ménez – Alexis Dufresne

Type de contrat : CDD doctorant / contrat doctoral

Durée du contrat : 36 mois

Date du début de la thèse : septembre 2023 au plus tard

Quotité de travail : 100 %

Rémunération brute mensuelle : le salaire évoluera chaque année en accord avec la revalorisation des financements des contrats doctoraux (de 2044 € bruts mensuels la première année à 2300 € bruts mensuels la troisième année)

Financement : projet ANR IRONSTONE

Description du sujet de thèse

Ce projet de thèse s'inscrit dans le cadre du programme de recherche interdisciplinaire IRONSTONE financé par l'Agence Nationale de la Recherche sur la période 2021-2025. Les travaux récents sur la subsurface ont révélé l'importance et la portée potentiellement globale de la biomasse microbienne souterraine. Toutefois, les processus biogéochimiques régulés par l'activité des micro-organismes dans ces environnements et l'impact de ces processus sur la qualité de la ressource en eau, l'altération des roches ou les échanges de gaz à effet de serre entre la subsurface et l'atmosphère restent à ce jour peu contraints. Fort de ce constat, le projet IRONSTONE explore, de l'échelle microscopique à celle de la zone critique, la manière dont les hétérogénéités spatiales et la variation temporelle des conditions environnementales dans les aquifères fracturés affectent la dynamique microbienne, la cinétique des réactions catalysées par les microorganismes, notamment celles mobilisant le fer, et les flux élémentaires associés.

Ce projet de thèse doit permettre de caractériser expérimentalement et quantitativement l'activité métabolique des micro-organismes oxydant le fer (Fe-Oxidizing Bacteria, FeOB) et les flux biogéochimiques (Fe, C, N, S) qui en résultent dans un aquifère fracturé. Ces FeOB utilisent l'oxydation du fer ferreux notamment dissous dans l'eau pour obtenir l'énergie nécessaire à leur métabolisme et leur croissance. Elles sont autotrophes et peuvent excréter du carbone organique (sous forme de fibrilles minéralo-organiques de très grande taille) en quantité importante lorsqu'elles se trouvent dans des environnements microaérobies riches en fer. Ainsi, le développement des FeOB dans la subsurface est très dépendant des circulations d'eaux souterraines et des gradients redox et des déséquilibres chimiques associés. Plus précisément, la distribution spatiale et temporelle des FeOB est contrôlée par la possibilité de mélange entre de l'eau souterraine riche en oxygène et des fluides anoxiques profonds riches en fer ferreux. Ces zones de mélange constituent des hotspots intermittents d'activité microbiologique dont l'impact sur les flux biogéochimiques reste à déterminer. De même les voies de dégradation et le devenir de la matière organique produite par les FeOB dans les hotspots restent des inconnues majeures. Pour réaliser ce projet de thèse, le/la doctorant(e) mettra en œuvre des approches culturelles (isolats de FeOB, consortia microbiens prélevés en aquifère fracturé et enrichis), du marquage isotopique, des techniques de génomique

environnementale, des suivis géochimiques et minéralogiques impliquant des approches de microimagerie de haute résolution ainsi que des modélisations thermodynamiques. Ces nouvelles connaissances seront utilisées pour nourrir des modèles de transport réactif qui seront testés sur le terrain dans le cadre du projet IRONSTONE. Elles permettront également d'établir des indicateurs microbiens de processus réactionnels dans la zone critique. Au final ce projet de thèse permettra de mieux contraindre les relations entre les circulations hydrologiques, les dynamiques microbiennes profondes et le fonctionnement biogéochimique de la zone critique.

En résumé les objectifs du projet de thèse seront de :

- 1) Caractériser le taux de transformation du Fe, C, N (et des éléments connexes) par les populations de bactéries ferroxydantes en relation avec l'évolution des conditions environnementales ;
- 2) Déterminer les processus microbiens et les taux de production de biomasse et de transformation du Fe dans des conditions suboxiques puis anoxiques celles-ci succédant aux efflorescences de bactéries ferroxydantes en subsurface ;
- 3) Identifier des marqueurs microbiens (gènes clés des voies métaboliques et de l'adaptation aux conditions microaérobies) répondant aux changements environnementaux tels que les conditions redox, pour soutenir les études de terrain.

Contexte de travail

Ce projet de thèse sera mené entre l'UMR 6553 Ecobio (Université de Rennes) et l'équipe de Géomicrobiologie de l'Institut de physique du globe de Paris (UMR 7154 – Université Paris Cité). Il sera dirigé par Bénédicte Ménez (50%, HDR, IPGP) et coencadré par Alexis Dufresne (50%, Ecobio). Le/la doctorant(e) bénéficiera ainsi d'une dynamique nationale forte et de collaborations privilégiées avec les étudiants et chercheurs des laboratoires Géosciences Rennes et de l'Institut de Physique de Rennes, partenaires du projet IRONSTONE. Le/la doctorant(e) profitera d'un environnement de travail interdisciplinaire (écologie microbienne, géochimie, minéralogie, géomicrobiologie, hydrologie), de workshops nationaux réguliers organisés dans le cadre d'IRONSTONE ainsi que du soutien de plateformes techniques de pointe dans les laboratoires partenaires de Rennes et Paris.

Contraintes et risques

Cette thèse impliquera la réalisation de quelques missions de terrain en Bretagne (site observatoire hydrologique de Ploemeur-Guidel, <https://www.ozcar-ri.org/fr/le-reseau-h/>), pour l'échantillonnage de consortia microbiens et la mise en œuvre d'expérimentations contrôlées en laboratoire à Ecobio et leur caractérisation à Ecobio et à l'IPGP.

Informations complémentaires

Les candidat(e)s recherché(e)s pourront faire valoir un diplôme de master et / ou ingénieur avec des connaissances pluridisciplinaires en microbiologie, écologie microbienne et en sciences de la Terre (notions de géochimie et minéralogie). Un attrait pour la bioinformatique et l'utilisation de logiciels de modélisation notamment thermodynamique est souhaitable. Une expérience pratique en laboratoire (cultures microbiennes, biologie moléculaire) constituera un atout particulièrement recherché. Une bonne maîtrise de la communication orale et écrite en anglais est également requise.

Les candidatures doivent inclure un CV et une lettre de motivation, ainsi que les coordonnées d'au moins deux référents dans le domaine académique et / ou universitaire. Elles devront être

postées en répondant à l'offre correspondante et envoyées conjointement à Bénédicte Ménéz (menez@ipgp.fr) et Alexis Dufresne (alexis.dufresne@univ-rennes1.fr).
Les candidatures seront examinées jusqu'à ce que le poste soit pourvu. La date de démarrage de la thèse est souhaitée au plus tard pour le début du mois de septembre 2023.

Offer title: PhD contract: "Roles and impacts of iron-oxidizing bacteria in the dynamics of the deep critical zone" (M/F)

Workplace: Ecobio Rennes UMR 6553 & Geomicrobiology team, Institut de physique du globe de Paris UMR 7154 - Université Paris Cité

Scientific supervisors: Bénédicte Ménez - Alexis Dufresne

Type of contract: PhD contract

Contract duration: 36 months

Start date: September 2023 at the latest

Working hours: full time

Gross monthly salary: the salary will evolve each year in accordance with the revalorization of the doctoral contracts (from 2044 € gross monthly the first year to 2300 € gross monthly the third year)

Funds: ANR IRONSTONE project

Description of the PhD project

This PhD project is part of the IRONSTONE interdisciplinary research program funded by the French National Research Agency (ANR) over the period 2021-2025. Recent subsurface work has revealed the importance and potentially global significance of subsurface microbial biomass. However, the biogeochemical processes regulated by the activity of microorganisms in these environments and the impact of these processes on the quality of the water resource, the alteration of rocks or the exchange of greenhouse gases between the subsurface and the atmosphere remain poorly constrained to date. With this in mind, the IRONSTONE project explores, from the microscopic to the critical zone scale, how spatial heterogeneities and temporal variation of environmental conditions in fractured aquifers affect microbial dynamics, the kinetics of microbial-catalyzed reactions, especially those mobilizing iron, and associated elemental fluxes.

This PhD project will experimentally and quantitatively characterize the metabolic activity of Fe-oxidizing bacteria (FeOB) and the resulting biogeochemical fluxes (Fe, C, N, S) in a fractured aquifer. These FeOB use the oxidation of ferrous iron dissolved in water to obtain the energy necessary for their metabolism and growth. They are autotrophic and can excrete organic carbon (in the form of very large mineralized organic filaments) in significant quantities when they are in iron-rich microaerobic environments. Thus, FeOB development in the subsurface is highly dependent on groundwater circulations and associated redox gradients and chemical disequilibria. Specifically, the spatial and temporal distribution of FeOB is controlled by the potential for mixing between oxygen-rich groundwater and deep anoxic iron-rich fluids. These mixing zones constitute intermittent hotspots of microbiological activity whose impact on biogeochemical fluxes remains to be determined. Similarly, the degradation pathways and fate of organic matter produced by FeOB in these hotspots remain major unknowns. To achieve these objectives, the PhD student will implement cultural approaches (using FeOB isolates and enriched microbial consortia collected in fractured aquifers), isotope labeling, environmental genomics techniques, geochemical and mineralogical monitoring involving high-resolution microimaging approaches as well as thermodynamic modelling. The generated knowledge will be used to feed reactive transport models that will be tested in the field within the IRONSTONE project. They will also allow to establish microbial indicators of reaction processes in the critical zone. Finally, this thesis project will allow to better constrain the relationships between

hydrological circulations, deep microbial dynamics and biogeochemical functioning of the critical zone.

In summary, the objectives of the PhD project will be to:

- 1) Characterize the reactional rates involving Fe, C, N (and related elements) by populations of iron-oxidizing bacteria in relation to changing environmental conditions;
- 2) Determine microbial processes and rates of biomass production and Fe transformation under suboxic and anoxic conditions following subsurface blooms of iron-oxidizing bacteria;
- 3) Identify microbial markers (key genes for metabolic pathways and adaptation to microaerobic conditions) responsive to environmental changes such as redox conditions, with the aim to support field studies.

Working environment

This PhD project will be conducted between the UMR 6553 Ecobio (University of Rennes) and the Geomicrobiology team of the Institut de physique du globe de Paris (UMR 7154 - Université Paris Cité). It will be directed by Bénédicte Ménez (50%, HDR, IPGP) and co-supervised by Alexis Dufresne (50%, Ecobio). The PhD student will thus benefit from a strong national dynamic and from privileged collaborations with students and researchers of the Geosciences Rennes and the Institute of Physics of Rennes laboratories, which are partners of the IRONSTONE project. The PhD student will benefit from an interdisciplinary working environment (microbial ecology, geochemistry, mineralogy, geomicrobiology, hydrology), regular national workshops organized in the framework of IRONSTONE as well as the support of advanced technical platforms in the partner laboratories of Rennes and Paris.

Constraints and risks

This PhD project will involve some field missions in Brittany (hydrological observatory site of Ploemeur-Guidel, <https://www.ozcar-ri.org/fr/le-reseau-h/>), for the sampling of microbial consortia as well as the implementation of controlled laboratory experiments at Ecobio and their characterization at Ecobio and IPGP.

Additional information

Candidates should have a Master's degree and/or an engineering degree with multidisciplinary knowledge in microbiology, microbial ecology and Earth sciences (notions of geochemistry and mineralogy). An interest in bioinformatics and in the use of modeling software, notably thermodynamic modeling, is desirable. Practical laboratory experience (microbial cultures, molecular biology) will be an asset. Good oral and written communication skills in English are also required.

Applications should include a CV and a cover letter, as well as the contact information of at least two references in the academic field and/or university. They should be mailed in response to the corresponding offer and sent jointly to Bénédicte Ménez (menez@ipgp.fr) and Alexis Dufresne (alexis.dufresne@univ-rennes1.fr).

Applications will be considered until the position is filled. The starting date of the PhD is the beginning of September 2023 at the latest.