

Thèse (H/F) - Amélioration des procédés de bio-précipitation de minéraux carbonatés via une approche microfluidique.

La bio-précipitation de minéraux carbonatés (*Microbially Induced Calcite Precipitation, MICP*) est un procédé utilisé dans le domaine de la géotechnique et de la préservation du patrimoine pour améliorer les propriétés mécaniques de sols peu cohésifs et milieux poreux granulaires ou pour cicatrifier des fractures qui se forment dans les roches ou les bétons. En substitution à d'autres matériaux cimentaires, cette technique apparaît comme une alternative bas carbone d'ingénierie environnementale durable.

Les bactéries uréolytiques, en particulier, induisent la précipitation de carbonate de calcium via la consommation d'urée et une hausse concomitante du pH au voisinage de la membrane des cellules. La précipitation peut être homogène ou hétérogène dans le milieu poreux, mais ce sont les minéraux qui précipitent au contact entre 2 grains qui renforcent les propriétés mécaniques du milieu.

L'objectif de cette thèse est de mieux comprendre le processus de bio-précipitation, avec un focus sur la distribution spatiale des bactéries et de la croissance des bio-minéraux au contact des grains. Pour y parvenir, le/la doctorant(e) qualifiera les paramètres intervenant dans la bio-précipitation: transport des réactifs et des bactéries, propriétés biologiques, et propriétés de surface des matériaux. L'approche proposée est centrée sur des expériences de microfluidique sur des milieux poreux modèles micro-fabriqués, qui seront complétées par des écoulements réactifs sur des colonnes de matériau granulaire pour valider ou entrevoir les limites de l'approche 2D. Le programme de travail inclut : (i) la fabrication de micro-modèles de complexité croissante ; (ii) la fonctionnalisation de ces micro-modèles pour atteindre des propriétés de surface favorables à l'adhésion des bactéries et à la croissance des minéraux aux contacts entre grains ; (iii) le développement de méthodes de mesure et de suivi du pH in situ ; et (iv) le traitement des données (analyse d'images).

Le profil attendu est celui d'un(e) étudiant(e) ayant de solides bases chimie-physique, géosciences environnementales, physique des fluides ou physique pour le vivant, ayant un goût pour les techniques de fabrication, le développement expérimental et le travail pluridisciplinaire. Une expérience en microfluidique et des compétences en imagerie et traitement d'images sont un plus. Le/la candidat(e) devra faire preuve d'une capacité de travail en équipe, de curiosité scientifique et d'esprit de synthèse.

Contexte de travail : La thèse se déroulera au Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (LAAS) dans l'équipe MechaBioFluidics qui a une forte expertise en microfluidique et microfabrication (plateforme de technologie du réseau national ReNaTech), en co-direction avec le Laboratoire Géosciences Environnement Toulouse (GET) dans l'équipe réactivité aux interfaces et biogéochimie, tous deux localisés sur le campus Belin-Roche de l'Université de Toulouse. Elle rentre dans le cadre du projet TIRIS Scalingup Microcoredeal qui vise au développement de micro-modèles avec un enjeu de conception et de fabrication milieu modèle vers milieu naturel. Elle s'inscrit dans le pilier Transitions durables du programme TIRIS (<https://anr.fr/ProjetIA-22-EXES-0015>), en lien avec les enjeux de transition énergétique, économies et meilleure valorisation des géo-ressources, et décarbonation des usages.

Mots-clés : microfluidique, bio-précipitation, milieu poreux, MICP

Durée du contrat : 36 mois, démarrage 1^{er} novembre 2026. La rémunération est de 2300€ brut mensuel. Rattachement à l'école doctorale GEETS.

Encadrants : Pierre Joseph, DR CNRS, LAAS (pierre.joseph@laas.fr) et Catherine Noiriel, MCF, GET (catherine.noiriel@utoulouse.fr).



Candidature via le portail CNRS : <https://emploi.cnrs.fr/Offres/Doctorant/UPR8001-PIEJOS-008/Default.aspx?lang=FR>

Le dossier de candidature inclura un CV, une lettre contenant un aperçu des motivations du/de la candidat(e) pour le sujet de thèse, les noms et coordonnées de 2 références (encadrant de stage, responsable du master), les relevés de notes des diplômes obtenus et le rapport de stage de Master 2.

PhD position (M/F) - Improving Microbial Induced Calcite Precipitation (MICP) processes using a microfluidic approach.

Job description: Microbial Induced Calcite Precipitation (MICP) is a process used in geotechnical engineering and heritage preservation to improve the mechanical properties of low-cohesive soils and porous granular media, or to heal fractures that form in rock or concrete. As a substitute for other cementitious materials, this technique represents a low-carbon alternative for sustainable environmental engineering. Ureolytic bacteria, in particular, induce calcium carbonate precipitation through the consumption of urea and a concomitant rise in pH near the cell membrane. Precipitation can be homogeneous or heterogeneous within the porous medium, but only minerals which precipitate at the interface between two grains enhance the mechanical properties of the porous media. We invite application for a PhD at the CNRS-University of Toulouse to gain a better understanding of bioprecipitation processes in porous media, with a focus on the spatial distribution of bacterial colonization and the growth of biominerals in contact with the grains. The PhD candidate will characterize the parameters involved in precipitation, i.e. transport of injected reactants and bacteria, biological properties, and surface properties of the materials. The proposed approach focuses on microfluidic experiments using micro-fabricated porous media, which will be supplemented by reactive flow experiments on columns of granular material to validate or identify the limitations of the 2D approach. The work plan includes: (i) the fabrication of micro-models of increasing complexity; (ii) the functionalization of these micro-models to achieve surface properties that aim to bacterial adhesion and mineral growth at grain boundaries; (iii) the development of methods for in situ pH monitoring; and (iv) data processing (image analysis).

Keywords: microfluidics, bioprecipitation, porous media, MICP

Qualification. Required: Degree in chemistry, geosciences, physics, engineering or biophysics. Interest in fabrication techniques, experimental development, and multidisciplinary work. Preferred: background and/or experience in microfluidics and image processing. Strong interpersonal skills, teamwork, scientific curiosity, and ability to synthesize information.

Work environment. The doctoral research will take place at the Laboratory for Systems Analysis and Architecture (LAAS) within the MechaBioFluidics team, which has extensive expertise in microfluidics and microfabrication (a technology platform of the national ReNaTech network), in collaboration with the Laboratory Geosciences and Environment Toulouse (GET) within the Interfacial Reactivity and Biogeochemistry team, both located on the Belin-Roche campus at University of Toulouse. The doctoral research is part of the TIRIS Scalingup Microcoredeal project, which aims to develop micro-models with a focus on designing and fabricating models that bridge the gap between laboratory settings and natural



environments. It fits with Sustainable Transitions axe of the TIRIS program (<https://anr.fr/ProjetIA-22-EXES-0015>), addressing challenges related to energy transition, resource conservation and improved utilization of georesources, and decarbonization of end-uses.

Full-time contract for 3 years, starting November 1, 2026. Gross salary €2,300 per month. Affiliation with the GEETS doctoral school.

Supervisors: Dr Pierre Joseph, Research Director (CNRS/LAAS) (pierre.joseph@laas.fr) and Dr Catherine Noiriél, Associate Professor (University of Toulouse/GET) (catherine.noiriél@utoulouse.fr)

Application is expected through the CNRS job portal, and should include a CV, motivation letter, complete course grade, contact information of two references, and a copy of the Master's thesis:

<https://emploi.cnrs.fr/Offres/Doctorant/UPR8001-PIEJOS-008/Default.aspx?lang=EN>

