



UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE



agence nationale  
de la recherche

### Offre de Post-Doctorat

## Etude de la formation et de la dégradation de biofilm en milieu poreux par Imagerie de Résonance Magnétique

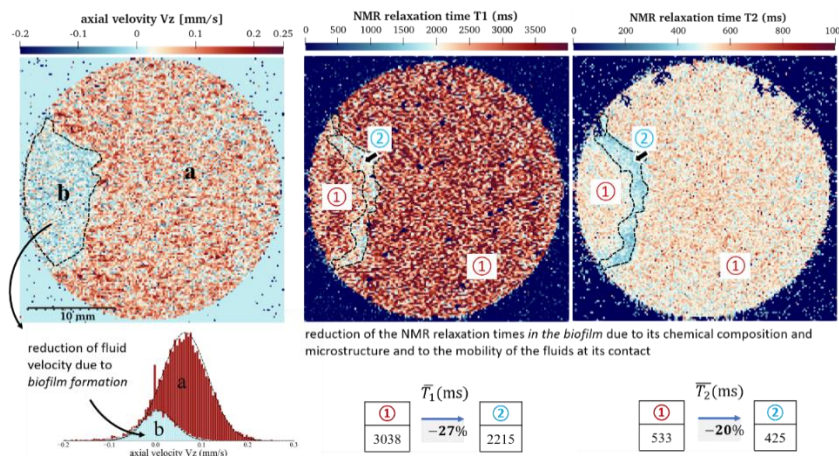
- Durée : 18 mois (possibilité de prolongation de 6 mois)
- Date de début souhaitée : début 2024
- Salaire : ~2400 € net/mois
- Localisation : Université de Lorraine, Nancy, France  
(LEMTA) Laboratoire Energies & Mécanique Théorique et Appliquée.  
(LCPME) Laboratoire de Chimie Physique et Microbiologie pour les matériaux et l'Environnement.
- Equipe : Laurence Mathieu (LCPME), Nicolas Louvet (LEMTA), Jean-Christophe Perrin (LEMTA).

**Contexte :** Ce travail s'inscrit dans un projet financé par l'ANR, réunissant deux laboratoires de l'Université de Lorraine (LEMTA / LCPME) et IFP Energies Nouvelles (IFPEN). L'objectif général du projet est de *quantifier l'efficacité de traitements biocides pour des applications en géothermie*. En effet, le développement de bactéries et la formation de biofilms dans les roches impactent fortement les rendements des installations géothermiques (entretien, coût de maintenance, efficacité énergétique). Les solutions de remédiation actuelles par injection de biocides sont peu efficaces à long terme et nécessitent des traitements récurrents pouvant également engendrer des pollutions des sols. Actuellement, il n'existe pas de test de qualification des traitements en mode dynamique prenant en compte la dispersion du biocide dans le milieu poreux et les temps de réaction nécessaires pour que le produit soit efficace envers les biofilms. *Le projet vise donc à étudier à différentes échelles de temps et d'espace (cellule, pore et milieu poreux) et par des méthodes expérimentales diverses, les interactions entre les bactéries, les écoulements et les agents biocides.*

**Objectifs :** Le ou la Post-doctorant(e) mènera principalement une étude spatio-temporelle de la formation et de la remédiation de biofilms dans des milieux poreux en utilisant des techniques d'imagerie par résonance magnétique (IRM). Il (elle) s'intéressera en particulier à mettre en évidence le couplage existant entre les propriétés de l'écoulement, le biocide et la distribution du biofilm dans le réseau de pores. La principale difficulté sera de générer un contraste suffisant entre l'eau « libre » et celle contenue dans la matrice du biofilm. Des mesures des temps de relaxation (T1, T2), de carte de coefficients de diffusion et de distribution de vitesses seront réalisées à cette fin, pour distinguer les comportements des deux « types » d'eau. Le (la) Post-doctorant(e) travaillera sur le nouvel imageur (3 Tesla, horizontal et d'ouverture ~ 30 cm) du laboratoire LEMTA, équipé d'une table de positionnement synchronisée à la mesure. Nous désirons particulièrement mettre en évidence l'effet du débit, de la concentration de biocide et de la géométrie du poreux sur la capacité de formation du biofilm et l'efficacité de remédiation.

Des mesures globales seront également réalisées. Des prélèvements d'effluents en sortie du poreux seront analysés par des méthodes classiques de microbiologie (cytométrie en flux, microscopie epi-fluorescence). Des mesures de pertes de charge seront également réalisées pour rendre compte de l'état de colmatage du milieu poreux.

Le (la) post-doctorant(e) pourra s'appuyer sur les travaux préliminaires, effectués par les partenaires du projet, qui ont permis de valider la méthodologie (Figure 1). Il (elle) travaillera en étroite collaboration avec une doctorante du projet, qui étudie le problème de colmatage / remédiation à l'échelle d'un pore unique. Des expériences seront également menées sur des milieux poreux de type « roche naturelle » pour se rapprocher des milieux réels. Des séjours de courtes durées pourront également être réalisés à l'IFPEN afin d'échanger avec les partenaires du projet et répliquer des expériences à l'échelle du milieu poreux dans des conditions proches de l'application (température, pression, roche, salinité).



**Figure 1.** MRI axial images through a bead packed bed colonized by bacteria 7 days after the injection of nutrients.

Left: axial velocity field measured by MRI velocimetry. The blue zone corresponds to a **slowdown in the flow** due to the presence of biofilm upstream or downstream. Middle and right: T<sub>1</sub>- and T<sub>2</sub>-relaxation maps. Both relaxation times decrease ~ 20 to 25% in the biofilm. This change reflects **reduced water mobility** in the biofilm microstructure.

**Environnement scientifique et technique :** Le (la) post-doctorant(e) évoluera entre deux laboratoires voisins (LEMTA / LCPME), reconnus pour leurs recherches sur les méthodes RMN en science de l'ingénieur et la microbiologie environnementale. Le (la) post-doctorant(e) travaillera en étroite collaboration avec une doctorante travaillant à l'échelle du pore unique. Notre collaboration avec l'IFPEN sera également mise à profit pour échanger sur les expériences de type « coreflood » menées dans les conditions réelles en termes de type de roche, température et pression.

**Profil :** Le candidat devra avoir obtenu son doctorat depuis moins d'un an dans le domaine de la mécanique des fluides / procédés, de l'imagerie par résonance magnétique ou des bioprocédés. Il / Elle aura un intérêt prononcé pour la recherche interdisciplinaire et le développement expérimental. Une expérience en RMN appliquée à la biologie ou la microbiologie serait appréciée mais pas nécessairement obligatoire.

**Candidature :** envoyez un CV détaillé ainsi que le nom d'au moins une référence aux adresses mail ci-dessous

**Localisation :** Site universitaire de Brabois, Vandœuvre-Lès-Nancy ([carte maps](#))

**Contacts :** LEMTA : Nicolas Louvet ([nicolas.louvet@univ-lorraine.fr](mailto:nicolas.louvet@univ-lorraine.fr)) & Jean-Christophe Perrin ([jean-christophe.perrin@univ-lorraine.fr](mailto:jean-christophe.perrin@univ-lorraine.fr)).

LCPME : Laurence Mathieu ([laurence.mathieu@univ-lorraine.fr](mailto:laurence.mathieu@univ-lorraine.fr))