



10 janvier 2023

10h

**Salle des thèses de l'ENSIACET
Toulouse**

Contacts :

Marcos Rojas-Cárdenas - rojascar@insa-toulouse.fr

Karine Loubière - karine.loubiere@cnr.fr

Le thème « Microréacteurs et Microfluidique » de la fédération FERMaT a le plaisir de vous inviter à un séminaire qui se déroulera le 10 janvier 2023 à 10h dans la salle des thèses de l'ENSIACET. Ce séminaire se déroulera sous la forme de deux conférences, suivies d'une réunion du thème.

La microfluidique haute pression :

De la thermodynamique à la biogéochimie, un outil pour l'étude des milieux fluides réactifs en pression et en température

Samuel MARRE

CNRS, Univ. Bordeaux, Bordeaux INP, ICMCB, F-33600, Pessac, FRANCE

Résumé:

Au cours des quinze dernières années, un nouveau champ d'investigation s'est développé autour de la microfluidique haute pression. Il est basé sur l'idée de combiner les avantages de la microfluidique (réduction en taille, criblage rapide, analyses *in situ*, reproductibilité, contrôle de l'hydrodynamique, amélioration des transferts thermiques et de matière, faible consommation de réactifs pendant les phases d'optimisation, etc.) avec les propriétés des systèmes fluides employés dans des conditions de haute pression et haute température (mise en œuvre de procédés hydro- et solvothermaux, études des écoulements de géofluides en milieux poreux modèles, biologie en conditions extrêmes, fluides supercritiques, etc.). Ces nouveaux outils permettent d'étudier plus finement les phénomènes se déroulant aux petites échelles et se positionnent de manière complémentaire des approches classiques utilisant soit des réacteurs *batch* macroscopiques soit des cellules à enclume de diamant. Le développement de cette technologie microfluidique haute pression a permis d'ouvrir de nombreuses opportunités pour étudier et caractériser un grand nombre de processus / procédés utilisant les fluides sous haute pression (jusqu'à quelques centaines de bar à l'heure actuelle). Ces outils permettent de s'affranchir des limitations des montages expérimentaux classiques qui sont généralement « aveugles » car ne permettant pas d'intégrer facilement des techniques de caractérisation *in situ* pour étudier en temps réel les phénomènes couplés (thermodynamique, hydrodynamique, transport réactif, chimique et microbiologique) se déroulant aux petites échelles.

Dans cette présentation, nous allons tout d'abord détailler les technologies disponibles pour la fabrication des microréacteurs haute pression, puis nous aborderons leur utilisation dans plusieurs applications comme : (i) l'étude des propriétés thermodynamiques des mélanges fluidiques complexes, (ii) les micro-mélanges en conditions turbulentes, et (iii) la cristallisation de molécules organiques assistées au CO₂ supercritique. Ensuite, nous présenterons l'utilisation de microréacteurs HP pour l'étude aux petites échelles des mécanismes intervenant lors du stockage géologique du CO₂ dans les milieux géologiques. En particulier, nous montrerons comment les puces microfluidiques haute pression peuvent être utilisées pour suivre *in situ* les procédés d'invasion du CO₂ à l'échelle du pore dans un milieu poreux saturé en eau et/ou en saumure et remonter aux saturations du milieu en fonction des conditions opératoires. Nous montrerons également des exemples d'études en puces microfluidiques pour déterminer la solubilité du CO₂ dans l'eau et la saumure ainsi que pour le suivi des mécanismes de carbonatation des roches.



10 janvier 2023

10h

Salle des thèses de l'ENSIACET
Toulouse

Contacts :

Marcos Rojas-Cárdenas - rojascar@insa-toulouse.fr

Karine Loubière - karine.loubiere@cnr.fr

Utilisation de la microfluidique HP/HT pour l'étude des micro-organismes extrêmophiles

Anaïs CARIO

CNRS, Univ. Bordeaux, Bordeaux INP, ICMCB, F-33600, Pessac, FRANCE

Résumé:

Les micro-organismes extrêmophiles sont caractérisés par leur capacité à vivre dans des environnements dits « hostiles », voire létales, pour la plupart des organismes vivants (*i.e.* sources géothermales, saumures, lacs acides, glaces de l'Antarctique, océans profonds, *etc.*). Leur étude en laboratoire a permis de repousser les limites du vivant, connues à ce jour, avec notamment la mise en perspective sur les origines de la vie ainsi que la vie potentielle extra-terrestre ; et a également permis de mettre à jour des capacités métaboliques exceptionnelles pour diverses applications en biotechnologies (*e.g.* enzymes thermostables pour la PCR, production de biogaz, *etc.*). Bien que la microbiologie des extrêmophiles connaisse un intérêt croissant, les études en laboratoire sont souvent limitées par des aspects techniques liés aux procédures de microbiologie traditionnelle (*i.e.* maintien difficile des conditions extrêmes, expériences chronophages, *etc.*). Des développements expérimentaux et technologiques ont vu le jour pour désenclaver la microbiologie des conditions extrêmes, cependant ces efforts sont marginaux et souvent limités à certaines niches scientifiques (*e.g.* spatiale).

La microfluidique haute pression / haute température (HP/HT), qui combine les avantages de la microfluidique (c'est-à-dire la réduction de la taille, le criblage rapide, les analyses *in situ*, la haute reproductibilité, *etc.*) avec des systèmes fluidiques utilisés dans des conditions extrêmes (*i.e.* 700 bar, 400°C), dispose d'outils modernes particulièrement bien adaptés à l'étude des micro-organismes vivant dans des conditions extrêmes tels que les environnements profonds (*e.g.* sources hydrothermales, aquifères profonds). En effet, ils permettent de surmonter les limitations précédemment citées et proposent des approches rapides de criblage et de suivi *in situ* dans des conditions réelles et extrêmes, aussi bien en mode batch que continu. Dans cette présentation, nous détaillerons tout d'abord l'intérêt de cette technologie et les différentes stratégies développées pour l'étude des micro-organismes extrêmophiles. Ensuite, nous présenterons l'utilisation de microréacteurs haute pression biocompatibles pour la culture et l'étude des méthanogènes vivant dans des environnements géologiques profonds. Enfin, nous présenterons l'utilisation d'approches microfluidiques pour le phénotypage rapide (détermination des conditions optimales) d'un micro-organisme modèle issu d'une source hydrothermale profonde. La microfluidique HP/HT est un outil prometteur pour l'étude en laboratoire d'un large éventail de micro-organismes extrêmophiles (par exemple, les halophiles, *i.e.* vivant dans les environnements salés proche de la saturation).



10 janvier 2023

10h

**Salle des thèses de l'ENSIACET
Toulouse**

Contacts :

Marcos Rojas-Cárdenas - rojascar@insa-toulouse.fr

Karine Loubière - karine.loubiere@cnr.fr

Biographie:

Samuel Marre est directeur de recherche au CNRS et responsable du groupe « Fluides supercritiques » de l'Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux (ICMCB). Il a obtenu sa thèse en génie des procédés et matériaux à l'Université de Bordeaux en 2006, puis a effectué un postdoctorat dans le laboratoire du prof. Klavs Jensen au MIT où il a développé les premiers microréacteurs haute pression / hautes températures appliqués à la synthèse de nanomatériaux. Après un court séjour au sein du laboratoire du Futur (Solvay / CNRS / Univ. Bordeaux) pour appliquer les technologies microfluidiques HP/HT à l'étude de l'hydrodynamique des fluides confinés, il rejoint le CNRS en 2009. Ses recherches concernent en particulier l'étude des phénomènes couplés hydrodynamiques / thermodynamiques / chimiques et microbiologiques dans les milieux confinés sous pression et en température. Elles sont appliquées en particulier à la synthèse de nanomatériaux, aux procédés supercritiques de cristallisation, à la chimie en conditions hydrothermales et supercritiques (oxydation hydrothermale, chimie prébiotique) ainsi qu'à l'étude des écoulements réactifs biogéochimiques en environnements géologiques (utilisation du sous-sol, stockage CO₂ / H₂, géothermie) ou océaniques profonds (cheminées hydrothermales). Il participe / a participé à ≈ 30 projets de recherche qui ont donné lieu à plus de 80 articles dans des journaux scientifiques internationaux, 6 brevets et 4 chapitres de livre. Il a reçu la médaille de bronze du CNRS en 2014 de la section 10 (« milieux fluides réactifs ») et a obtenu une bourse ERC Consolidator (projet "BIG MAC", 2017-2023).

Biographie:

Anaïs Cario est géo-microbiologiste, spécialisée dans l'écologie et la physiologie des micro-organismes issus des environnements profonds. Elle s'intéresse à reproduire au laboratoire les conditions extrêmes rencontrées dans ces environnements profonds (*i.e.* variation des conditions de pression, température et de salinité) dans le but d'élucider les stratégies évolutives mises en place par les micro-organismes soumis à ces conditions. Elle a obtenu sa thèse de doctorat en 2013 à l'École Normale Supérieure de Lyon sous la direction du Dr. Philippe Oger (Laboratoire de Géologie de Lyon: Terre, Planètes, Environnement). Elle a ensuite effectué un post-doctorat dans le laboratoire de Dr. Karyn L. Rogers (Habitability and Extreme Life Laboratory, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy NY, USA) où elle était en charge de la mise en place et de la maintenance des équipements de microbiologie haute pression, notamment le PUSH50 (pour « *Pressurized Underwater Sample Handler System* »), un nouvel équipement d'échantillonnage et de culture microbienne développé par le Deep Carbon Observatory (DCO). En Novembre 2017, Anaïs a rejoint l'ICMCB en tant qu'ingénieure de recherche puis postdoc où elle a travaillé sur la compréhension des mécanismes microbiens associés à la bioconversion de CO₂ dans les aquifères profonds à l'aide d'outils microfluidiques (*i.e.* les laboratoires géologiques sur puces). Depuis 2021, elle est chargée de recherche au sein du groupe « fluides supercritiques » de l'ICMCB pour développer sa thématique de recherche sur le développement de procédés biogéniques haute pression pour le recyclage et la synthèse de matériaux.