

Proposition de sujet de thèse :

Mécanismes de dégradation en conditions d'usage de membranes polymères de filtration utilisées en BRM

Contexte

Le procédé de traitement par bioréacteur à membrane (BRM) pour le traitement des eaux résiduaires est actuellement en pleine croissance. Deux usines du SIAAP (Syndicat Interdépartemental de l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne) sont aujourd'hui équipées des procédés BRM : (i) Seine Aval comprenant le traitement des jus et une partie de la filière de traitement biologique et (ii) Seine Morée. Ce type d'installation nécessite la mise en place de stratégie de décolmatage mécaniques (rétrolavage, aération) ou chimiques (trempage dans des bains de réactifs chimiques) afin de garantir le maintien des capacités de filtration des membranes au cours du temps. L'ensemble des contraintes mécaniques, biologiques et chimiques imposées aux membranes induit la modification progressive de leurs propriétés au cours du temps entraînant la nécessité de les remplacer et des coûts financiers associés importants. Le vieillissement des membranes d'ultrafiltration dans les BRM est donc un enjeu stratégique pour les gestionnaires de stations de traitement des eaux. Les connaissances actuelles en application eaux usées sont cependant limitées, tout comme les retours d'expérience d'installations, bien que quelques travaux scientifiques se soient intéressés à la problématique du vieillissement chimique des membranes, notamment dans le cadre de la potabilisation de l'eau^{1, 2}. La limitation des coûts d'exploitation associée à ces procédés nécessite alors de comprendre les mécanismes de vieillissement en lien avec les conditions opératoires des procédés et le développement d'indicateurs de suivi de ces installations afin de définir des stratégies de remplacement des membranes les équipant.

Le projet de thèse présenté ici vise l'étude des processus de vieillissement chimiques et mécaniques des membranes en BRM à différentes échelles. Il se place dans le cadre d'une action R&D engagée au sein du programme de recherche MOCOPEE, impliquant des chercheurs du Laboratoire de Génie Chimique de Toulouse et d'Irstea, et la DIE du SIAAP³.

Programme scientifique

L'étude sera réalisée en 3 volets :

1) Compréhension des mécanismes de vieillissement chimiques des membranes au contact des solutions oxydantes utilisées lors des étapes de nettoyage. Pour ce faire des procédures de vieillissement accéléré seront mises en place en laboratoire et l'intégrité des membranes sera suivie à l'aide des outils de caractérisation équipant la plateforme membrane du SIAAP³. Ce travail sera réalisé sur plusieurs matériaux afin d'établir une échelle de stabilité des membranes commerciales.

2) Expérimentation à l'échelle du pilote semi-industriel afin de réaliser le suivi de l'évolution de l'intégrité des membranes dans des conditions contrôlées proches de l'échelle industrielle. Ces expérimentations long-terme seront menées sur l'ensemble de la thèse afin de caractériser les effets de l'hydrodynamique (contraintes mécaniques lors des cycles filtration-rétro lavage) et de la présence de la boue biologique sur l'évolution des propriétés des membranes. Ces expérimentations seront couplées à des modélisations des écoulements

¹ Pellegrin (2013). Analyse multi-échelle de la dégradation de membranes d'ultrafiltration en polyethersulfone / poly(N-vinyl pyrrolidone) en conditions d'usage. Thèse de doctorat de l'université Toulouse III – Paul Sabatier.

² Ravereau et al. (2016). Ageing of polyvinylidene fluoride hollow fiber membranes in sodium hypochlorite solutions. Journal of Membrane Science

³ Mailler et al. (2017). La gestion du vieillissement des membranes d'ultrafiltration dans les BRM en STEP – une problématique complexe nécessitant le développement d'outils et d'indicateurs experts spécifiques, Eau Industrie Nuisances.

afin de disposer d'éléments d'interprétation quant aux hétérogénéités de vieillissement potentiellement observées et aux mécanismes d'impacts locaux de l'aération sur les membranes ;

3) Confrontation avec les données issues de la caractérisation de fibres prélevées sur site opérationnel afin de comparer les dégradations obtenues en vieillissement accéléré et celles résultant d'une utilisation de la membrane sur le long terme. Ces résultats devront permettre de définir des indicateurs caractéristiques du vieillissement des membranes, représentatifs des évolutions à l'échelle industrielle.

Outils

-Les outils de caractérisation, constituant la plate-forme membrane de la DIE du SIAAP permettront un suivi de la dégradation des membranes de l'échelle moléculaire à l'échelle macroscopique. Des analyses de surface réalisées par FTIR, XPS permettront de suivre la chimie du matériau. Des mesures de traction donneront une information sur la résistance mécanique. Des suivis du flux à l'eau et de la rétention de molécules étalons donneront une information sur les propriétés en fonctionnement de la membrane (perméabilité et sélectivité) ;

-Des prélèvements réguliers de membranes seront réalisés sur site industriel pour être analysés au laboratoire ;

-Le pilote semi-industriel instrumenté, équipé de modules industriels, sera mis en place sur station d'épuration afin d'étudier l'impact des conditions opératoires ;

-Les outils de modélisation ANSYS FLUENT et COMSOL seront mis à disposition.

Financement et localisation

Le projet de recherche est financé dans le cadre du programme de recherche MOCOPEE (www.mocopee.com). Le salaire proposé est de 1520€ net/mois. L'intégralité des frais de mission liés aux déplacements du doctorant dans le cadre de ces activités seront prises en charges. Le doctorant sera inscrit à l'école doctorale MEGEP (Mécanique, Energétique, Génie civil & Procédés). **Le début de thèse est prévu au 1^{er} octobre 2018.**

Le doctorant sera basé au sein de la DIE du SIAAP (Colombes), avec des déplacements réguliers au LGC Toulouse ainsi qu'en région parisienne (Stations de traitement des eaux résiduaires du SIAAP et Unité de recherche HBAN d'IRSTEA). L'encadrement technique du doctorant lors des expérimentations au laboratoire et sur le terrain sera réalisé par les équipes du SIAAP et d'IRSTEA.

Profil recherché

Le candidat devra avoir une formation de base solide en génie chimique complétée si possible par une expérience ou une spécialisation dans le génie des matériaux. Il devra de plus avoir une affinité pour le travail expérimental et les études de terrain ainsi que pour le travail en équipe dans un contexte partenarial fort. Il devra également disposer de bonnes qualités rédactionnelles, notamment en Anglais.

Contacts

Pour disposer de renseignements complémentaires et pour candidater (CV + lettre de motivation pour le sujet), vous pouvez contacter :

Christel Causserand - Laboratoire de Génie Chimique Toulouse (Directrice de Thèse)

Mel : caussera@chimie.ups-tlse.fr Tel: 33 (0)5.61.55.86-90

Yannick Fayolle – IRSTEA Paris (co-encadrant)

Mel : yannick.fayolle@irstea.fr Tel: 33 (0)1 40 96 60 32

Clôture de l'appel à candidature le 14 mai 2018