

Proposition de contrat doctoral ordinaire (CDO)

Élimination de polluants réfractaires par un procédé hybride couplant l'ozonation et l'oxydation anodique en phase aqueuse

Descriptif

Les micropolluants émergents sont une classe de polluants aux origines multiples (médicaments, pesticides, produits cosmétiques ou d'entretien, etc.) présents en phase aqueuse et réfractaires à la biodégradation. De fait, leur élimination dans les stations d'épuration traditionnelles, basées principalement sur un traitement biologique, est très faible ; entraînant une lente accumulation dans les eaux naturelles, et par voie de conséquence dans les filières de traitement et de distribution d'eau potable. Ces composés présentent de nombreux impacts néfastes sur l'environnement, avec notamment des effets sur la santé humaine et sur les systèmes endocriniens des espèces aquatiques. Certains d'entre eux sont en effet classés cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques. L'élimination de ces composés directement dans les eaux usées, urbaines et industrielles, par des procédés adaptés de traitement est donc de plus en plus prescrite. Les procédés d'oxydation avancée (POA), permettant la génération en solution de radicaux très réactifs tels que le radical hydroxyle HO^\bullet , sont ainsi particulièrement indiqués pour l'élimination des micropolluants.

L'objectif, au cours de cette thèse, est de développer un nouveau procédé hybride d'oxydation avancée, couplant l'ozonation et l'oxydation anodique, et d'évaluer ses performances et éventuelles limites dans le cadre de la remédiation des micropolluants émergents.

Individuellement, l'ozonation et l'oxydation anodique ont toutes deux la capacité de générer des radicaux, notamment hydroxyles, respectivement, en solution, lors de la décomposition spontanée de l'ozone dans l'eau, et à la surface de l'anode ou son voisinage, par oxydation de l'eau. Une anode de type BDD (diamant dopé au bore), particulièrement efficace pour la génération de radicaux et réputée pour sa résistance chimique, sera principalement utilisée même s'il n'est pas exclu de travailler avec d'autres types de matériaux. Avec cette configuration hybride, la décomposition de l'ozone pourra être amplifiée par réaction avec les radicaux hydroxyles déjà présents à l'anode, notamment dans des gammes de pH peu favorables, tels que les pH acides rencontrés sur certaines eaux usées industrielles, mais aussi, par réaction de transfert d'électron à la cathode (cette hypothèse sera vérifiée). Outre un bilan global conduisant à une plus grande formation de radicaux hydroxyles, leur localisation à la fois à l'anode et en solution devrait permettre de limiter l'influence du transport et du transfert des espèces sur les performances du procédé.

Une première phase expérimentale au laboratoire permettra d'évaluer et d'optimiser les performances du procédé hybride sur des solutions synthétiques à la fois en configurations batch et

continue. Les cinétiques de dégradation de micropolluants modèles et de formation de leurs sous-produits, seront ainsi suivies. L'influence des conditions opératoires (densité de courant, dose d'ozone, pH, concentration initiale des polluants, concentration en électrolyte, nature de l'anode, etc.) sur les performances de traitement sera évaluée. Un réacteur électrochimique adapté aux contraintes de l'ozonation (compatibilité chimique, optimisation du transfert gaz-liquide, etc.) a ainsi été développé pour cette application. Une deuxième phase expérimentale conduite sur un pilote de traitement sera ensuite mise en œuvre pour valider les performances sur un effluent réel (par exemple des effluents hospitaliers ou de l'industrie pharmaceutique, des concentrats issus de filtration membranaire dans le cadre de la réutilisation d'eau usée (reuse), etc.).

Champs scientifiques

- Chimie de l'eau, environnement
- Génie des procédés
- Electrochimie

Mots-clés

- Intensification des procédés, polluants réfractaires, oxydation anodique, ozonation, radicaux, couplage, traitement de l'eau

Profil recherché

- Formation bac +5 (école d'ingénieur et/ou Master II) en génie des procédés et/ou chimie de l'eau. Des connaissances en électrochimie et en chimie analytique (chromatographie liquide) seraient également appréciées.
- Une vigilance importante sera portée sur les compétences expérimentales du candidat.
- Motivation pour la recherche
- Maîtrise de l'anglais (écrit, oral), avec un niveau B2 minimal
- Aptitude à présenter ses résultats
- Le ou la candidate retenu(e) sera incité à effectuer des enseignements (mission doctorale ou vacations), notamment au sein du département chimie de l'IUT de Rennes

Equipe d'encadrements

Cette thèse sera encadrée par 3 enseignants-chercheurs de l'Institut des Sciences Chimiques de Rennes (ISCR, UMR CNRS 6226, <https://iscr.univ-rennes1.fr/>). Les travaux seront réalisés plus particulièrement au sein de l'équipe Chimie et Ingénierie des Procédés (CIP), dans les locaux de l'ENSC Rennes.

Pierre-Francois BIARD (pierre-francois.biard.1@univ-rennes1.fr)

Catherine COURIOL (catherine.couriol@univ-rennes.fr)

Florence FOURCADE (florence.fourcade@univ-rennes.fr)

L'école doctorale de rattachement est l'école doctorale Matière, Molécules et Matériaux (3M).

Candidatures

Candidature obligatoire sur https://theses.doctorat-bretagne.fr/3m/theses_2022_3m

Déposez CV, lettre de motivation, relevés de note M1 ou école d'ingénieur, relevés provisoires de M2 ou dernière année d'école, si possible votre dernier rapport de stage (si rédigé en français ou anglais). Le dossier peut être complété par des lettres de recommandation.