

**APPLICATION DU PLASMA FROID À LA DÉCONTAMINATION EN MILIEU LIQUIDE DANS LE CADRE
DE LA RÉUTILISATION D'EAUX USÉES TRAITÉES – ASPECT BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE**

**APPLICATION OF NONTHERMAL PLASMA TO WATER DECONTAMINATION FOR REUSE OF
TREATED WASTEWATER - BIOLOGICAL AND CHEMICAL ASPECTS**

Etablissement **Université de Limoges**

École doctorale **Sciences et Ingénierie**

Spécialité **Eau, sol, environnement**

Unité de recherche **Eau Environnement Limoges**

Encadrement de la thèse **MICHEL BAUDU**

Financement du 01-10-2024 au 30-09-2027 *origine* **50 % Fondation Partenariale + 50% état** *Employeur* **Université de Limoges**

Début de la thèse le **1 octobre 2024**

Date limite de candidature (à 23h59) **10 juin 2024**

Mots clés - Keywords

désinfection, oxydation catalytique, traitement eau

disinfection, catalytic oxidation, water treatment

Description de la problématique de recherche - Project description

Dans le contexte actuel de stress hydrique et de sécheresses récurrentes, des ressources alternatives doivent être envisagées. D'un point de vue environnemental, la réutilisation des eaux usées traitées (REUT) a de nombreux avantages. Son intérêt est à la fois écologique et économique. L'exploitation de cette 'nouvelle' ressource contribue à réduire la pression exercée sur les masses d'eau douce superficielles de grande valeur environnementale.

Le traitement des eaux usées en vue de leur réutilisation doit tenir compte des besoins spécifiques des différents utilisateurs afin de garantir une qualité sanitaire adaptée aux usages prévus. Cette qualité sanitaire se décline selon deux critères : microbiologique (absence/réduction des microorganismes pathogènes) et chimique, notamment vis-à-vis des micropolluants (résidus pharmaceutiques, pesticides, et autres polluants émergents).

Parmi les différents procédés de traitement actuellement envisagés pour l'élimination de ces contaminants, le plasma non thermique émerge comme une méthode d'oxydation avancée prometteuse. Les plasmas non thermiques créés dans l'air à pression atmosphérique, et employés en tant que Procédés d'Oxydation Avancée, produisent des espèces à courte durée de vie, telles que des radicaux, possédant des capacités d'oxydation élevées, qui interagissent directement avec le liquide à traiter, sans nécessiter l'ajout d'oxydants externes. De par ses capacités à créer non seulement des agents réactifs (RONS : Reactive Oxygen and Nitrogen Species), mais également des champs électriques, des radiations UV et des espèces chargées, la technologie plasma apparaît pertinente pour des applications en REUT.

Néanmoins, d'après la littérature, selon les paramètres opératoires utilisés, la dégradation des micropolluants peut être incomplète et conduire à des produits de dégradation (métabolites/sous-produits de dégradation) pouvant se révéler néfastes pour l'homme et l'environnement.

L'enjeu de ce travail de thèse sera d'évaluer les propriétés de décontamination microbiologique et la dégradation de micropolluants d'un procédé de traitement par plasma froid. Pour cela, l'influence des paramètres du plasma (distance plasma-liquide, puissance micro-onde, nature des gaz, débit...) sera étudiée. D'un point de vue microbiologique, des bactéries indicatrices (coliformes, entérocoques et des formes sporulantes) seront utilisées et l'évaluation de l'effet bactéricide sera réalisée par techniques culturales classiques et à l'échelle cellulaire (cytométrie en flux). D'un point de vue chimique, des micropolluants avec des propriétés physico-chimiques différentes et représentatifs de la pollution des EUT seront sélectionnés et serviront de modèles de démonstration. L'identification poussée des sous-produits de dégradation sera réalisée par HPLC-HRMS (Q-ToF) et autres techniques d'analyses chimiques. Afin de s'assurer que le traitement des EUT par plasma n'engendre pas de sous-produits de dégradation et/ou de métabolites potentiellement toxiques pour l'environnement, des tests d'écotoxicité seront également réalisés.

A la fin de la thèse, un pilote à l'échelle « semi-industrielle » sera développé en laboratoire et l'étude de l'intégration de cette technologie dans les systèmes de traitement de l'eau existants sera envisagée.

In the current context of water stress and recurring drought, alternative resources need to be considered. From an environmental point of view, the reuse of treated wastewater (REUSE) has many advantages. Its advantages are both ecological and economic. Exploiting this alternative resource helps to reduce pressure on environmentally valuable surface freshwater bodies¹.

The treatment of wastewater for adapted reuse must consider the specific needs of the various users in order to guarantee a sanitary quality adapted to the intended use. This sanitary quality is based on two criteria: microbiological (absence/reduction of pathogenic microorganisms)² and chemical, particularly with regard to micropollutants (pharmaceutical residues, pesticides and other emerging pollutants)³.

Among the various treatment processes currently being considered for eliminating these contaminants, non-thermal plasma is emerging as a promising advanced oxidation method⁴.

Non-thermal plasmas created in air at atmospheric pressure, and employed as Advanced Oxidation Processes (AOP), produce short-lived species, such as radicals, with high oxidation capacities, which interact directly with the liquid to be treated, without the need to add external oxidants. Thanks to its ability to generate not only reactive agents (RONS: Reactive Oxygen and Nitrogen Species), but also electric fields, UV radiation and charged species, plasma technology appears to be well-suited for water reuse applications.

Nevertheless, according to the literature, depending on the operating parameters used, micropollutant degradation can be incomplete⁵, leading to degradation products (metabolites/degradation by-products) that may prove harmful to humans and the environment.

The aim of this thesis is to evaluate the microbiological decontamination and micropollutant degradation properties of a cold plasma treatment process.

To this end, the influence of plasma parameters (plasma-liquid distance, microwave power, gas type, flow rate, etc.) will be studied. From a microbiological approach, indicator bacteria (coliforms, enterococci and spore-forming bacteria) will be used, and the bactericidal effect will be assessed using conventional culture techniques and on a cellular scale (flow cytometry). From a chemical point of view, micropollutants with different physico-chemical properties and representative of treated wastewater pollution will be selected and used as demonstration models. In-depth identification of degradation by-products will be carried out using HPLC-HRMS (Q-ToF) and other chemical analysis techniques. Ecotoxicity tests will also be carried out to ensure that plasma treatment does not give rise to degradation by-products and/or metabolites that are potentially toxic for the environment.

At the last time of the thesis, a pilot unit will be developed in the laboratory, and the integration of this technology into existing water treatment systems will be studied

Thématique / Contexte

La réutilisation des eaux usées est un des éléments pour répondre à l'adaptation nécessaire pour répondre au besoin de transition hydrique. La réduction de la pression d'usage sur l'eau renouvelable nécessite d'optimiser les usages et de réduire notre empreinte. Le conditionnement d'eau par oxydation réponds au besoin de désinfection pour notamment un usage en irrigation d'eaux non conventionnelles.

Références bibliographiques

1UN-Water. Summary progress update 2021: SDG 6 – water and sanitation for all. https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2021/12/SDG-6-Summary-Progress-Update-2021_Version-July-2021a.pdf

2M. Biggel, S. Hoehn, A. Frei, K. Dassler, C. Jans, R. Stephan, Dissemination of ESBL-producing E. coli ST131 through wastewater and environmental water in Switzerland, *Environmental Pollution* 337 (2023) 122476.

3O.A.H. Jones, N. Voulvoulis, J.N. Lester, Human pharmaceuticals in the aquatic environment a review, *Environ. Technol.* 22 (2001) 1383–1394.

4V. Scholtz, J. Pazlarova, H. Souskova, J. Khun, et J. Julak, Nonthermal plasma — A tool for decontamination and disinfection, *Biotechnology Advances* 33 (2015) 1108-1119.

5P. Sojithamporn, K. Leksakul, C. Sawangrat, N. Charoenchai, D. Boonyawan, Degradation of Pesticide Residues in Water, Soil, and Food Products via Cold Plasma Technology, *Foods* 12 (2023) 4386.

Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

Réunions bimensuelles de pilotage

Présentation d'avancement en réunion de laboratoire

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

Le projet s'inscrit dans le cadre des travaux d'une Chaire d'Excellence ADAPTHY de la Fondation Partenariale de l'Université de Limoges (co financement Bourse Etat)

Ouverture Internationale

Le sujet fera l'objet de communications dans des congrès internationaux

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

Le travail pourra faire l'objet d'une demande de brevet dans le cadre de revendications sur la mise en œuvre de la technologie dans la décontamination et le traitement des eaux.

A défaut le travail fera l'objet de communications et de publications scientifiques à fort impact international.

Collaborations envisagées

UMR 7315 IRCER (C. Dublanche – Tixier (Pr), P. Tristant (Pr), C. Chazelas (Pr))

Plateforme BISCEm

Limoges Métropole - Fondation partenariale Université de Limoges

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Le(la) candidat(e) devra avoir de solides connaissances dans une ou plusieurs des thématiques suivantes : chimie environnementale et/ou chimie analytique et/ou microbiologie. Des connaissances ou une expérience sur les procédés d'oxydation avancée seront un plus.

Le(la) candidat(e) devra avoir un goût prononcé pour le travail expérimental et un fort intérêt pour le travail en équipe.

The candidate should have a solid background in one or more of the following areas: environmental chemistry and/or analytical chemistry and/or microbiology. Knowledge or experience of advanced oxidation processes would be a distinct advantage.

The candidate should have a pronounced taste for experimental work and a great enthusiasm for teamwork.

Dernière mise à jour le 7 mai 2024