Mousse bio-inspirée pour le traitement chimique et biologique de l'eau

Mathis LARRIEU[1,2,3],Laurent VANOYE[2], Delphine MOUNIEE[3], Didier BLAHA[3], David EDOUARD[2]

[1] Laboratoire d'Automatique, de Génie des Procédés et de Génie Pharmaceutique (LAGEPP), UMR 5007 - UCBL1 - CNRS - CPE Lyon, 69100 Villeurbanne, France.
[2] Laboratoire de Catalyse, Polymérisation, Procédés et Matériaux (CP2M), UMR 5128 - UCBL1 - CNRS - CPE Lyon, 69100 Villeurbanne, France.
[3] Laboratoire d'Ecologie Microbienne (LEM), UMR 5557 - UCBL1 - ISPB - VetAgro Sup - CNRS - INRAE - Campus Rockefeller, 69008 Lyon, France.

Introduction

Dans un contexte sanitaire tendu et avec un changement climatique qui impacte de plus en plus nos sociétés, il est évident que le traitement de l'eau va devenir un enjeu majeur. Deux problématiques peuvent être considérées : (i) l'eau usée est un cocktail de bactéries et de résidu médicamenteux (notamment en sortie des hôpitaux), cette proximité entre agents pathogènes et antibiotiques dans des eaux stagnantes peut expliquer en partie la résistance de certains germes et donc la prédominance de certaines infections. (ii) l'usage de colorants chimiques, pesticides et autres agents organiques sont des sources importantes de contamination des eaux et les stations d'épuration actuelles ne sont pas toujours adaptées au traitement de ces molécules[1]. Il existe actuellement plusieurs techniques (traitement UV[2], filtre charbon actif, osmose…) de traitement des eaux qui peuvent apporter des solutions. Mais force est de constater qu'aucune ne fait consensus (procédés trop énergivores, trop coûteux ou pas assez flexibles pour le traitement à la fois biologique et chimique). Dans ce contexte, nous proposons ici un procédé éco-compatible basé sur l'utilisation de mousses à cellule ouverte commerciales fonctionnalisées par une méthode bio-inspiré pour le traitement chimique (assisté par UV) et biologique (propriété antibactériennes) de l'eau.

Procédé et méthode

Le procédé est basé sur le couplage de deux mousses actives en série. Ces mousses sont préparées selon la méthode proposée figure 1 et inspiré des travaux de la littérature[3]. Les mousses sont un support idéal pour le traitement de l'eau car elle présente l'avantage d'avoir une surface géométrique spécifique élevée avec une faible perte de charge et des propriétés de transport remarquables[4].

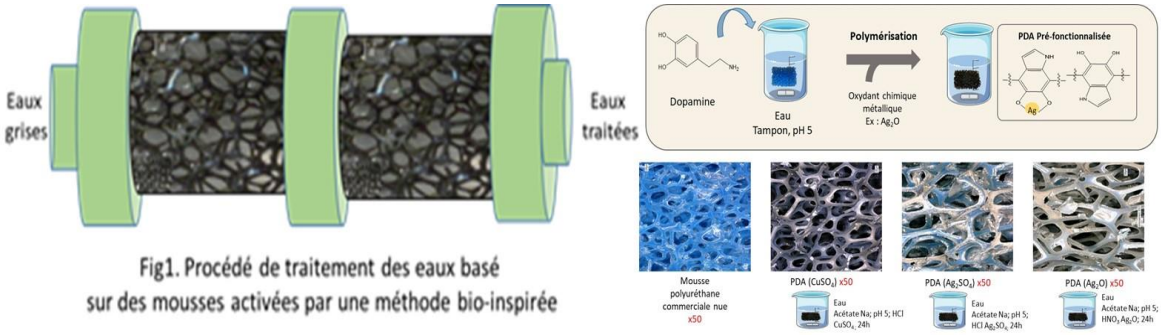

Fig1. Procédé de traitement des eaux basé sur des mousses activées par une méthode bio-inspirée

L'enjeu va consister alors à fixer de manière robuste des nanoparticules actives sur la surface lisse des mousses[5]. La polydopamine (PDA) est polymère bio-inspirée des protéines émises par les moules marines et qui se synthétise sous la forme d'un film dans des conditions de chimie « verte » (solvant aqueux, température et pression ambiantes et biocompatible avec l'l'homme). A faible concentration, l'argent est aussi biocompatible et efficace contre de nombreux pathogènes et micro-organismes[6] ; c'est aussi un agent utilisé pour la réduction chimique des colorants[7]. La combinaison des mousses élastomères, de la polydopamine et de l'argent dans un même outil performant et biocompatible peut

être une solution pertinente pour le traitement de l'eau. Dans ce travail des mousses à base de Cu et d'Ag sont ainsi préparée et leurs activités antibactériennes testées.

Résultats

Les mousses sont préparées en une seule étape (fig1 - mélange de dopamine et d'oxydant chimique avec un métal d'intérêt – Ag, Cu…). Cette synthèse *in-situ* des nanoparticules pendant la croissance du film de polydopamine est rendue possible grâce au propriétés d'oxydoréduction des groupements catéchol/quinone de la polydopamine. La prise en masse des films PDA($CuSO_4$) et PDA(Ag_2O) est estimée à 5% et 9% respectivement pour une masse de mousse commerciale de 200mg. Des populations de bactéries gram$^+$ et gram$^-$ sont préparées et misent en culture dans un système favorable (figure 3 - température de 37°C, oxygénation optimale…). Dans ces conditions et sans la présence de mousse, la population bactérienne augmente de 99.8% en 24h ; tandis qu'avec une mousse PDA(Ag_2O) ou PDA($NaiO_4$)@Ag il y a un effet bactéricide important avec l'élimination de 99.999% et 99.9999% respectivement des populations bactériennes en 24h. Basé sur ces résultats remarquables, les mousses sont aussi testées pour l'élimination d'un cocktail de polluants (pesticides, perturbateur endocrinien…) et les résultats seront présenté lors de la communication.

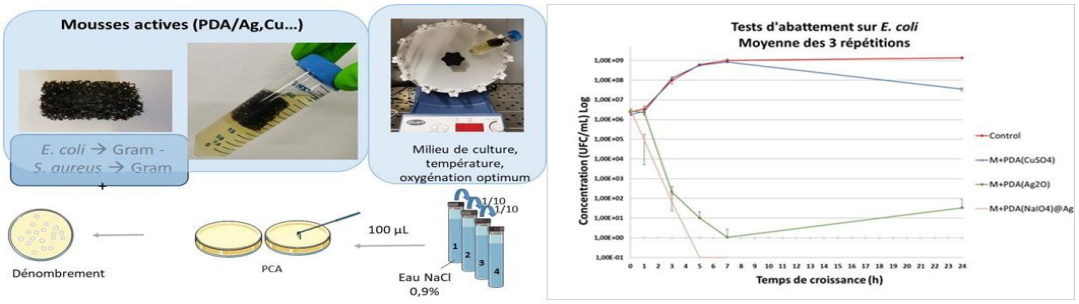

Fig.3. Propriétés antibactériennes des mousses
méthode et résultats

Conclusion

Dans ce travail, pour la première fois, nous présentons une technique simple et robuste pour préparer des mousses antibactériennes. Ces mousses sont aussi testées pour le traitement de polluants chimiques sous forme de traces. Les propriétés remarquables de transport (faible perte de charge, capacité de mélange, dispersions effectives…) de ces mousses à cellules ouvertes couplé à une activation bio-inspirée permettent de développer un procédé innovant pour le traitement de l'eau.

Références bibliographiques

1. Garrigues, J.C, Evaluation *de procédés biologiques et chimiques utilisés pour la dégradation des pesticides contaminants de l'eau afin de limiter les effets sur l'environnement.* Bulletin de veille scientifique n° 32 • Santé / Environnement / Travail (2017). (b)
2. Dai, T.; Vrahas, M.S; Murray, C.K; Hamblin, M.R; *Ultraviolet C irradiation: an alternative antimicrobial approach to localized infections?*. Expert Reiew of Anti-infective Therapy 2012 Feb; 10(2): 185–195.
3. Pardieu, E; Thanh Chau, N.T ; Dintzer, T ; Romero, T ; Favier, D ; Roland, T ; Edouard, D ; Jierry, L ; Ritleng, V, *Polydopamine-coated open cell polyurethane foams as an inexpensive, flexible yet robust catalyst support: a proof of concept*, Chemical Communications*, 2016,* 52 (25), 4691
4. Giani, L ; Groppi, G ; Tronconi, E ; *Mass-Transfer Characterization of Metallic Foams as Supports for Structured Catalysts,* Ind. Eng. Chem. Res., 2005,44, 4993
5. http://www.inrs.fr/risques/nanomateriaux/effets-sante.html
6. Singh, M.; Singh, S.; Prasada, S.; Gambhir, I.S; . *Nanotechnology in medicine and antibacterial effect of silver nanoparticles*. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures 2008, vol 3, p. 115.
7. Lefebvre, L; Kelber, J; Jierry, L, Ritleng,V; Edouard, D, *Polydopamine-coated open cell polyurethane foam as an efficient and easy-to-regenerate soft structured catalytic support (S_2CS) for the reduction of dye;* Journal of Environmental Chemical Engineering, 2017, 5, pp 79-85.