

DIMENSIONNEMENT D'UN RÉACTEUR PHOTOCATALYTIQUE EN VUE DE L'ÉLIMINATION DE MICROPOLLUANTS ORGANIQUES PERSISTANTS (MOPS)

Julien GERVASI^{1*}, Anne-Lise HANTSON², Diane THOMAS³, Florent BAUDART⁴, Robin RONNEAU⁵

1, 2, 3, 4, 5- UMONS, Faculté Polytechnique de Mons, Mons, Belgique

* Adresse email: Julien.gervasi@umons.ac.be

Mots clés:

Photocatalyseur supporté, TiO₂, charbon actif, pesticides, UVC.

Introduction

A l'heure actuelle, l'activité humaine intense impacte particulièrement la qualité de l'eau qui est une ressource vitale. Cette étude vise la problématique de la réduction en phase aqueuse des micropolluants ($\mu\text{g.L}^{-1}$) organiques persistants ayant un effet toxique, l'effet perturbateur endocrinien. Parmi les molécules organiques répondant à ce critère, trois pesticides cibles, l'atrazine, la bentazone et l'isoproturon, aux structures chimiques et propriétés bien distinctes, ont été sélectionnés pour servir d'éléments de base au dimensionnement d'un procédé exploitant la photocatalyse hétérogène.

Au contact d'un rayonnement suffisamment énergétique, un semi-conducteur, ici du TiO₂, est activé pour initier des réactions d'oxydoréduction à haut potentiel [1]. L'état de poudre de TiO₂ en suspension est contraignant en raison de coûts liés à une séparation post-traitement ; une mise en œuvre de dépôt (par spray) sur un support aux propriétés adéquates a été préférée. Avec cette technologie, deux objectifs sont recherchés. La première finalité est la modification d'une unité de stérilisation UVC pour particulier afin de lui conférer des propriétés de dégradation photocatalytique. Pour la seconde, sur base des cinétiques acquises sur un dispositif de laboratoire, une unité de photodégradation sera dimensionnée à l'échelle industrielle.

Etude expérimentale

Le rayonnement UVC exploité par les unités de stérilisation constitue un excellent activateur pour le TiO₂. Initialement prévu comme unité germicide, son domaine d'application pourrait être étendu à la destruction de molécules organiques résistantes par l'incorporation de photocatalyseur. L'énergie du rayonnement UVC exploité dans ces systèmes est capable de dégrader les molécules organiques par photolyse.

Grâce à un dispositif préliminaire de photocatalyse (voir figure 1.a), l'impact de l'ajout d'un photocatalyseur a ainsi été étudié en testant la photocatalyse sur une eau contenant 500 ppb de chaque pesticide. Le support photocatalytique choisi correspondait à une plaque en verre sur laquelle a été déposée, sur une face, par pulvérisation une formulation photocatalytique composée majoritairement de TiO₂ (mélange cristallographique d'anatase (70%) et de rutile (20%)), nommée REF. Ce dépôt a une épaisseur d'environ 2 μm pour une masse surfacique de 0,25 mg.cm^{-2} .

Pour comparer les différents pesticides entre eux, les temps de demi-vie (extraits d'une interprétation cinétique du premier ordre) ont été déterminés et sont illustrés à la figure 1.b. Lors de la simple photolyse, l'atrazine s'est avérée être le pesticide le plus facilement dégradable, suivie par l'isoproturon et la bentazone. Notons qu'entre ces deux derniers et l'atrazine, les temps de demi-vie diffèrent d'un ordre de grandeur, signe de leur stabilité plus importante.

Après intégration du support photocatalytique REF dans le réacteur, les temps de demi-vie (loi cinétique type Langmuir-Hinshelwood) respectifs à chaque pesticide s'en sont retrouvés grandement diminués. Relativement, ce sont l'isoproturon et la bentazone qui ont été les plus impactés avec une diminution de respectivement 78% et 84%, ce qui démontre bien l'effet promoteur important de la photocatalyse.

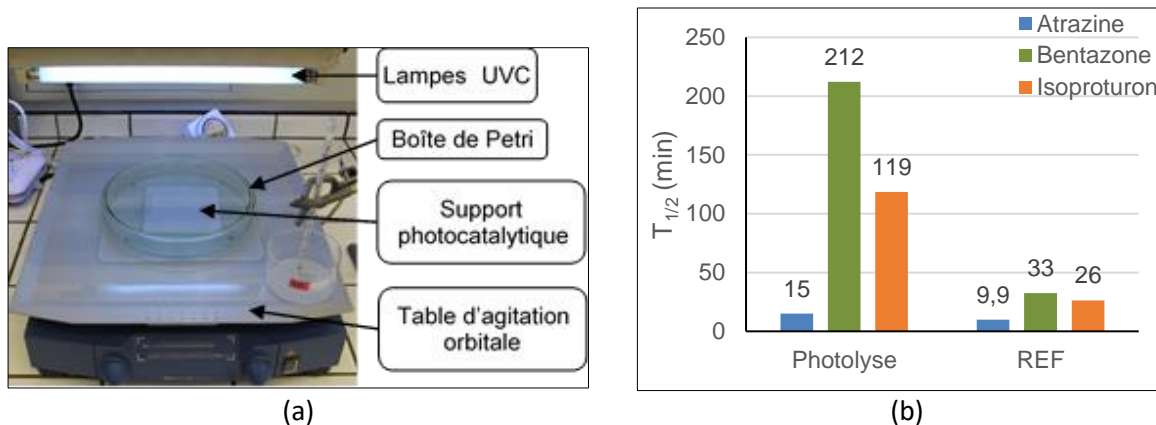


Figure 1: (a) Dispositif expérimental de photo(cata)lyse et (b) Temps de demi-vie obtenus lors d'essais de photolyse et de photocatalyse

En vue d'améliorer la photocatalyse et étant donné les faibles concentrations rencontrées dans les eaux à traiter ($\mu\text{g.L}^{-1}$ voire ng.L^{-1}), l'incorporation de charbon actif dans la formulation photocatalytique a été testée. Théoriquement, l'affinité entre cet adsorbant et les pesticides devrait favoriser la vitesse de transfert de ceux-ci sur les sites actifs du photocatalyseur [2], [3]. Des essais préliminaires d'adsorption ont montré des taux d'adsorption de plus de 90% pour l'atrazine et l'isoproturon confirmant l'effet positif du charbon actif ajouté au TiO_2 . Cependant, même si l'adsorption est améliorée pour les trois pesticides, la cinétique d'adsorption très lente (temps d'équilibre de plusieurs jours dans les conditions opératoires de nos essais) n'est pas compatible avec la durée courte d'une dégradation photocatalytique. De ce fait, la comparaison des temps de demi-vie avec et sans ajout de charbon actif (cf. figure 2.b) ne montre aucune différence particulière. Seule l'isoproturon, molécule la plus adsorbée, affiche un temps de demi-vie légèrement plus faible.

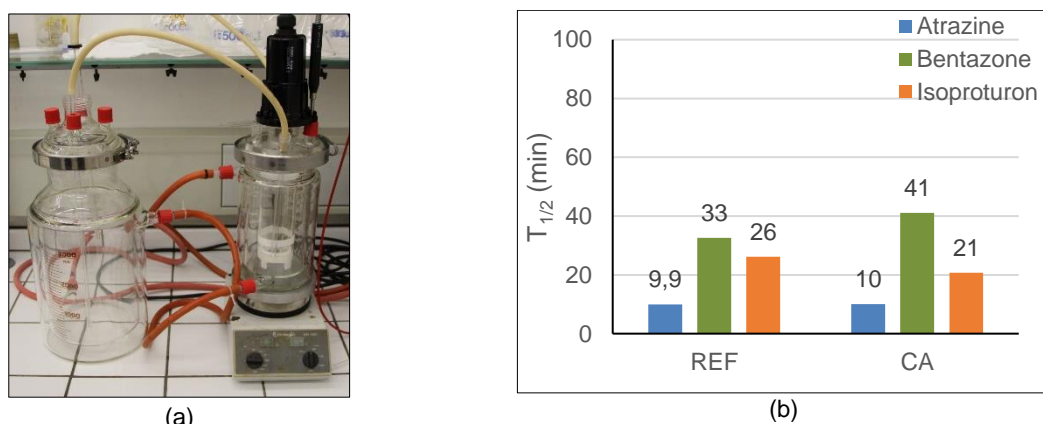


Figure 2: (a) Dispositif expérimental de photo(cata)lyse; (b) Temps de demi-vie des pesticides obtenus lors d'essais de photocatalyse avec (CA) et sans charbon actif (REF)

Perspectives

Comme perspectives, des études expérimentales plus poussées seront menées sur un photoréacteur instrumenté de laboratoire (cf. figure 2.a) pour poursuivre la détermination des paramètres cinétiques, indispensables au bon dimensionnement de l'installation finale, et étudier le comportement du système face à la variation de certains paramètres opératoires (pH, température, puissance du rayonnement UV, O_2 dissous, débit).

Références:

- [1] F. Zaviska, P. Drogui, G. Mercier, and J.-F. Blais, "Procédés d'oxydation avancée dans le traitement des eaux et des effluents industriels: Application à la dégradation des polluants réfractaires," *Rev. des Sci. l'eau*, vol. 22, no. 4, p. 535, 2009.
- [2] N. Takeda, N. Iwata, T. Torimoto, and H. Yoneyama, "Influence of carbon black as an adsorbent used in TiO_2 photocatalyst films on photodegradation behaviors of propylamide," *J. Catal.*, vol. 177, no. 2, pp. 240–246, 1998.
- [3] L. F. Velasco, J. B. Parra, and C. O. Ania, "Role of activated carbon features on the photocatalytic degradation of phenol," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 256, no. 17, pp. 5254–5258, 2010.