
Soumis le : 26 Janvier 2013

Forme révisée acceptée le : 14 Février 2014

Email de l'auteur correspondant

haghoualem@yahoo.fr

Nature & Technology

Etude hydrodynamique d'un réacteur photocatalytique. Application au traitement des polluants organiques par le procédé d'oxydation avancée.

Fateh Naitali^a, Hafida Ghoualem^a.

^aLaboratoire d'Electro-chimie, Corrosion Métallurgie et Chimie Minérale. Faculté de Chimie USTHB, BP32 El-Alia Bab-Ezzouar.16111, Alger, Algérie

Résumé :

La présence et l'accumulation des polluants organiques dans les milieux aquatiques constituent une pollution émergente conduisant à la dégradation du milieu récepteur et de l'écosystème.

Parmi ces polluants, les produits pharmaceutiques et les effluents agroalimentaires méritent une attention particulière parce qu'ils sont utilisés en grande quantité. Une action préventive est donc indispensable pour réduire leur présence dans les milieux aquatiques naturels.

Le traitement de la pollution organique des milieux aquatiques devient une préoccupation majeure. Parmi les progrès les plus récents dans le traitement des eaux, les procédés d'oxydation avancés AOP (Advanced Oxidation Process). Ces procédés apportent une solution en prouvant leur efficacité, permettent la minéralisation en milieu aqueux des molécules organiques toxiques pour l'homme et pour l'environnement.

Afin d'optimiser les rendements de dégradation il est nécessaire de caractériser le réacteur utilisé. Le but de ce travail est l'étude hydrodynamique d'un réacteur photocatalytique par la détermination de la distribution du temps de séjour, la variance, le temps de passage, le débit d'alimentation et le pourcentage du volume mort.

Mots clés : réacteur photocatalytique, paramètres hydrodynamiques, environnement,

Abstract:

The presence and accumulation of organic pollutants in aquatic environments are an emerging pollution leading to the degradation of the receiving environment and the ecosystem. Among these pollutants, pharmaceuticals and food effluents deserve special attention because they are used in large quantities. Preventive action is essential to reduce their presence in natural aquatic environments. Treatment of organic pollution in aquatic environments is becoming a major concern. Among the most recent advances in the treatment of water, advanced oxidation AOP (Advanced Oxidation Process) processes. These methods provide a solution by proving their efficiency, allows the aqueous medium in mineralization of toxic organic molecules to humans and the environment. To optimize the degradation yields it is necessary to characterize the reactor used. The purpose of this work is the hydrodynamic study of a photocatalytic reactor by determining the distribution of the residence time, variance, time passing, the feed rate and the percentage of dead volume.

Keywords: photocatalytic reactor, hydrodynamic parameters, environment,

I. Introduction

La catalyse hétérogène (ou catalyse de contact) vise à réaliser une transformation de réactifs liquides ou, le plus souvent, gazeux, en employant un catalyseur solide.

La photocatalyse [1] se présente comme un procédé d'oxydation avancée ayant l'avantage de minéraliser totalement la plupart des composés organiques, dans certaines conditions.

Divers photoréacteurs (à lit fluidisé [2], à lit fixe [3], à nid d'abeille, à tube de verre imprégné ont été réalisés et testés pour améliorer leur efficacité.

La photocatalyse hétérogène consiste à utiliser la part UV du spectre solaire afin d'activer le catalyseur [4]. Ces procédés s'inscrivent pleinement dans le cadre du développement durable utilisant le soleil comme source d'énergie renouvelable. Parmi les divers champs d'investigation liés à la photocatalyse hétérogène, l'ingénierie des réacteurs photocatalytiques [5-6] et plus particulièrement les réacteurs photocatalytiques solaires, restent d'actualité.

Deux approches existent pour décrire les écoulements dans les réacteurs [7-8]. D'une part, une approche fondée sur les principes de la physique théorique avec les équations de Navier Stokes. D'autre part, une approche systémique qui cherche à décrire cet écoulement par des informations plus globales mais indispensables à la description des comportements transitoires des solutés réactifs que le fluide en écoulement transporte.

Cette étude a pour objectif la caractérisation hydrodynamique d'un réacteur photocatalytique. Ce réacteur photocatalytique a été réalisé et testé au laboratoire dans le but de l'utiliser dans le traitement des eaux polluées en utilisant le procédé d'oxydation avancée. A cet effet des paramètres hydrodynamiques ont été déterminés. Pour la détermination de ces paramètres tels que la distribution du temps de séjour, la variance, le temps de passage et le pourcentage du volume mort deux débits d'alimentation ont été étudiés.

II. Matériel et méthodes

Un réacteur photocatalytique ouvert, possédant une entrée et une sortie à l'exclusion de toute fuite est constitué de cinq tubes en verre dont la longueur est de 500 mm et le diamètre interne est de 22 mm. Ces tubes sont disposés parallèlement.

Un accélérateur hydraulique qui permet de faire varier le débit d'alimentation d'eau à traiter.

Deux débits ont été étudiés (0,078 et 0,1005 l/s).

Une cuve d'alimentation d'un volume maximal de 10 litres.

Pour la détermination de la distribution du temps de séjour DTS, la méthode du traceur par Injection-impulsion a été utilisée.

Etude hydrodynamique d'un réacteur photocatalytique. Application au traitement des polluants organiques par le procédé d'oxydation avancée.

Le traceur utilisé est le chlorure de calcium (CaCl_2) dont la concentration est de 20g/L.

La conductivité électrique et donc la concentration de traceur est enregistrée au cours du temps à la sortie du réacteur toutes les cinq secondes.

Le temps de séjour t_s et la variance σ^2 sont calculés en assimilant le signe intégral à un signe somme en utilisant les formules suivantes :

$$t_s = \frac{\sum_0^{\infty} t_{si} C_i(t_{si}) \Delta t_{si}}{\sum_0^{\infty} C_i(t_{si}) \Delta t_{si}}, \quad (1)$$

II. Résultats et discussion

II.1 Détermination expérimentale de la distribution du temps de séjour (DTS)

Pour les débits de 0,078 et 0,1005 l/s, la distribution du temps de séjour en fonction du temps de séjour est représentée sur la figure 1 où le réacteur est placé en position horizontale de (0°).

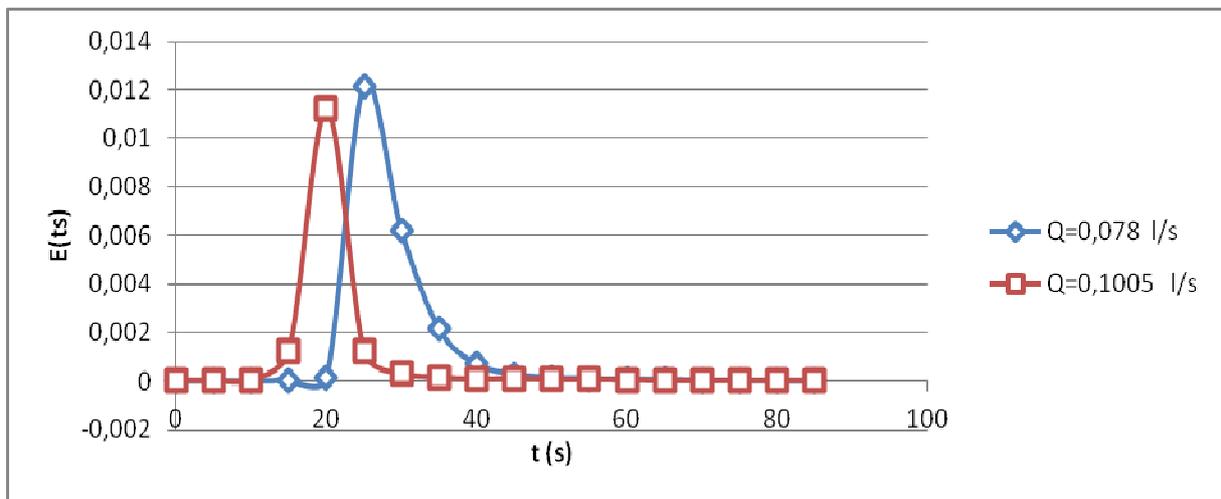


Figure 1 : Distribution du temps de séjour en fonction du t_s (inclinaison 0°)

$$\sigma^2 = \frac{\sum_0^{\infty} t_{si}^2 C_i(t_{si}) \Delta t_{si}}{\sum_0^{\infty} C_i(t_{si}) \Delta t_{si}} - t_s^2 \quad (2)$$

Le calcul du temps de passage est calculé par la formule suivante:

$$\sigma_i = V_R / Q_i, \text{ où } V_R = \pi d^2 L / 4 \quad (3)$$

Le volume mort est calculé à partir de l'équation :

$$(V_m / V_R)_1 = 1 - (t_{s1} / \sigma_1). \quad (4)$$

Quand au réacteur placé dans la position inclinée de 15° pour les deux débits, la distribution du temps de séjour en fonction du temps de séjour est représentée par la figure 2

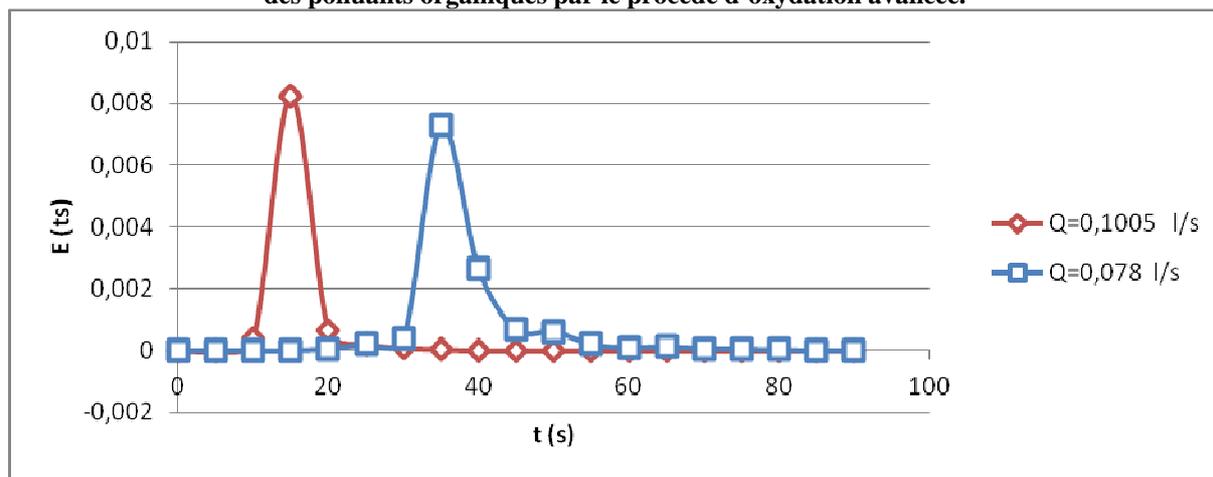


Figure 2 : Distribution du temps de séjour en fonction du t_s (inclinaison 15°)

Les deux figures représentant la distribution du temps de séjour en fonction du temps montrent que

la DTS présente une allure gaussienne et que les pics varient avec la variation du débit.

II.2 Calcul du temps de passage, de la variance et du pourcentage du volume mort

Les paramètres hydrodynamiques tels que le temps mort ont été déterminés pour les deux débits (0,078 et 0,1005 l/s) et les deux positions (0° et 15°). Les

résultats obtenus sont portés dans le tableau suivant : de passage, la variance et le pourcentage du volume

Tableau I.1 : Paramètres hydrodynamiques

Position	0°		15°	
	0,078	0,1005	0,078	0,1005
t (s)	28,71	20,94	15,58	38,15
σ (s)	6,17	5,20	2,86	7,09
V_m (%)	61,71	57,55	15,50	17,96

Pour la position horizontale du réacteur, on remarque que pour le débit égal à 0,078l/s les

paramètres temps séjour moyen, variance et pourcentage de volume mort sont plus élevés.

Quand aux résultats obtenus pour le réacteur dont l'inclinaison est de 15°, on constate qu'il y a inversion, les paramètres hydrodynamiques sont

plus élevés pour le débit égal à 0,1005l/s. Ces variations sont dues à la perte de charge et à la géométrie du réacteur.

III. Conclusion

La détermination des paramètres hydrodynamiques du réacteur ont permis de caractériser le mode d'écoulement qui peut être utilisé pour l'établissement des bilans matière nécessaires à l'étude cinétique.

Connaissant les lois cinétiques il sera alors possible de dimensionner plus précisément le réacteur dans des conditions de fonctionnement déterminées.

Pour ce réacteur réalisé et testé au laboratoire il est préférable de travailler avec le débit égal à 0,078 l/s en position horizontale et en position inclinée de 15° pour un débit de 0,1005 l/s

Références

- [1] M.A. Fox, Chemtech, (1992) 680-696.
- [2] H.Y. Chen, O. Zahraa and M. Bouchy, Inhibition by inorganic ions of the adsorption and the Photocatalytic degradation of organic contaminants in TiO₂ aqueous suspension, J. Photochem. Photobiol. A:Chem, 108 (1997) 37-44.
- [3] N. Doucet, F. Bocquillon, O. Zahraa, M. Bouchy, Kinetics of photocatalytic VOCs abatement in a standardized reactor, Chemosphere 65 (2006) 1188-1196.
- [4] Malato Rodriguez S., Blanco Galvez J., Maldonado Rubio M. I., Fernandez Ibanez P., Alarcon Padilla D., Collares Pereira M., Farinha Mendes J., Correia de Oliveira J., Engineering of solar photocatalytic collectors, Solar Energy, 77 (2004) 513-524.
- [5] Li Puma G., Yue Po L., Modelling and design of thin-film slurry photocatalytic reactors for water purification, Chem. Eng. Sci., 58, (2003) 2269-2281.
- [6] De Lasa H., Serano B., M. Saldaña, Photocatalytic Reaction Engineering, Springer Ed., New York, 2005.
- [7] J. Villermaux. Génie de la Réaction Chimique. Conception et Fonctionnement des Réacteurs. Ed. Lavoisier Tech.& Doc.1995
- [8] M.Sardin. Dynamique des Systèmes. Support de cours ENSIC.