

Traitement des effluents industriels riches en tensioactifs par un bioréacteur membranaire : Application réelle

Sami Sayadi et Abdelhafidh Dhouib

Laboratoire des Bioprocédés, Centre de Biotechnologie de Sfax, BP: «K» 3038 Sfax Tunisie

Introduction

Les effluents des industries des cosmétiques, détergents, les services de lingerie et de lavage des automobiles renferment un mélange de tensioactifs. Ces composés sont difficilement biodégradables (Elsgaard et al. 2003 ; Li et al. 2000). Les procédés conventionnels biologiques ou physico-chimiques de traitement sont incapables d'éliminer complètement ces tensioactifs (Scott and Jones, 2000; Scholz and Fuchs, 2000). Les traitements biologiques récents focalisent sur la minéralisation complète de ces tensioactifs. Les nouvelles technologies comme les réacteurs membranaires permettent non seulement de dégrader un grand nombre de molécules difficiles, mais également une rétention complète des microorganismes épurateurs ce qui augmente la concentration en boue activée et améliore considérablement les cinétiques (Xing et al. 2001; Xing et al. 2000). Les réacteurs membranaires sont très prometteurs dans les systèmes de traitement des eaux usées (Howell, 2004). Ils permettent une biodégradation naturelle de la pollution par les bactéries hétérotrophes dans un réacteur aéré (Pollice et al. 2004; Yoon et al. 2004b). Les réacteurs membranaires offrent une séparation absolue du temps de rétention hydraulique et du temps de rétention des boues permettant ainsi un meilleur contrôle des paramètres opérationnels (Li et al. 2000; Yoon et al. 2004b,c). La forte concentration en boues dans le réacteur rend efficace le traitement des eaux concentrées en produits récalcitrants (Li et al. 2000; Pollice et al. 2004; Konopka et al. 1996). Plusieurs études sur les améliorations possibles de la technologie des réacteurs membranaires pour une meilleure dégradation des tensioactifs et une moindre consommation d'énergie, ont été publiées (Liu et al. 2005; Yoon et al. 2004a, Chang et al. 2002; Vane et al. 2002).

Dans une étude antérieure (Dhouib et al. 2003), nous avons décrit une souche de *Citrobacter braakii* avec une cinétique de dégradation rapide et qui agit sur un large spectre de tensioactifs anioniques. Cette souche a été utilisée en réacteur membranaire à l'échelle du laboratoire pour traiter une eau usée industrielle très riche en tensioactifs anioniques dans les conditions non stériles. L'objectif de cette étude est donc d'appliquer cette souche pour le traitement à l'échelle industrielle et dans les conditions réelles d'une usine de produits cosmétiques.

Résultats et discussion

Le traitement des eaux usées industrielles riches en tensioactifs anioniques par la souche performante de *Citrobacter braakii* est entrepris à l'échelle industrielle. Dans une première partie, cette bactérie est utilisée pour un traitement en continu dans un réacteur de 4,5 m³, il est agité à 150 t/min et aéré à 0.3 vvm (Fig. 1). A des charges organiques de 0,44 à 0,96 g DCO/l.j, une densité bactérienne très faible est observée dans le réacteur ceci résulte à des cinétiques faibles de dégradation de la matière active anionique. Après une utilisation prolongée, la bactérie utilisée en bioaugmentation se trouve peu à peu diluée et remplacée par d'autres formes de bactéries et des protozoaires.

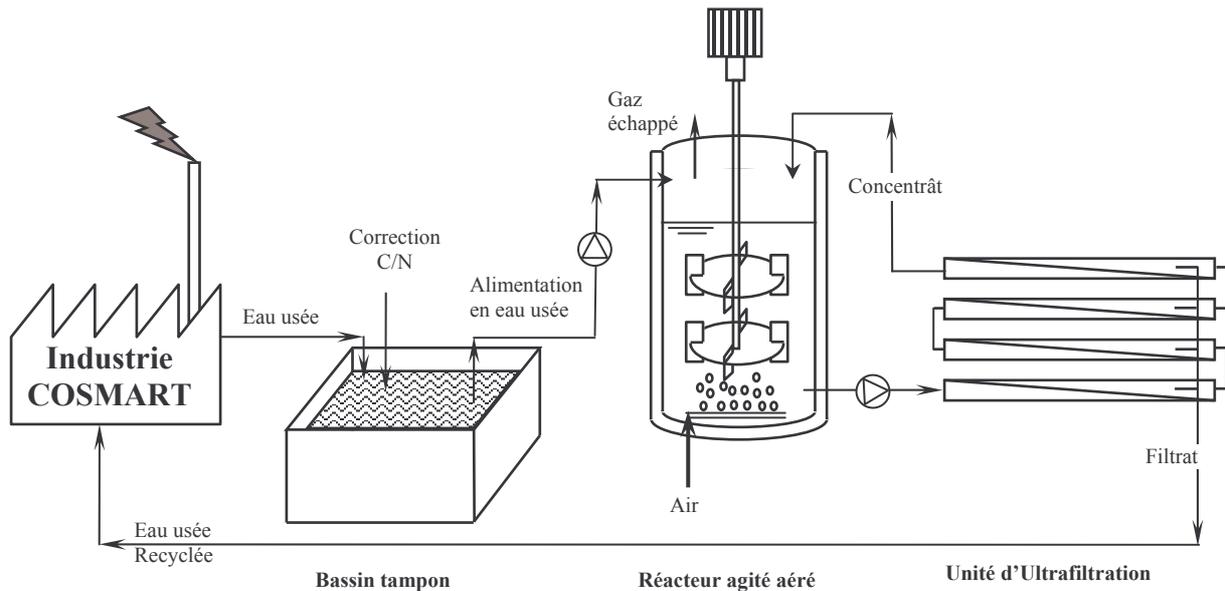


Figure 1: Schéma général du réacteur membranaire dans la station de traitement de l'usine COSMART

Dans une seconde partie du travail, le réacteur est couplé à un système membranaire d'ultrafiltration de 2,4 m² en boucle externe. Ce système permet un recyclage complet de la biomasse active et partiel des tensioactifs dans le réacteur (Xing *et al.*, 2000). Les bactéries épuratrices ne pouvant pas quitter le réacteur, celui ci travaille à des concentrations en biomasse plusieurs fois plus élevées qu'un système classique (Stephenson *et al.*, 2000 ; Xing *et al.*, 2001).

A des charges organiques de 0,6 à 1,5 g DCO/l.j, les concentrations en tensioactifs anioniques dans le filtrat varient de 0 à 40 mg/l avec une valeur moyenne de 18 mg/l (Fig. 2).

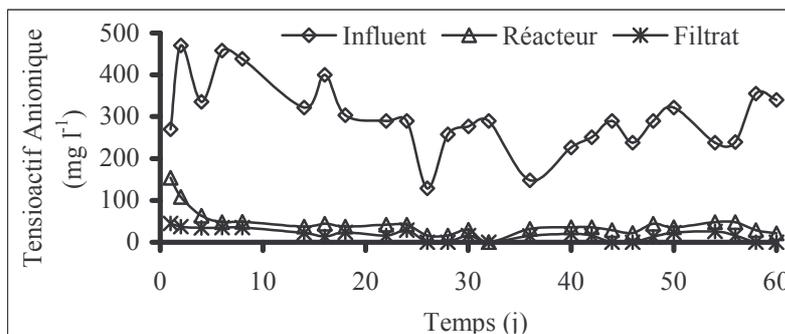


Figure 2: Traitement en continu de l'effluent COSMART dans le réacteur membranaire

La souche *Citrobacter braakii* reste majoritaire dans le milieu. Après 2 mois de fonctionnement en continu, la biomasse exprimée en terme de matière en suspension volatile dans le réacteur croit de 0,71 à 5,92 g/l (Fig. 3).

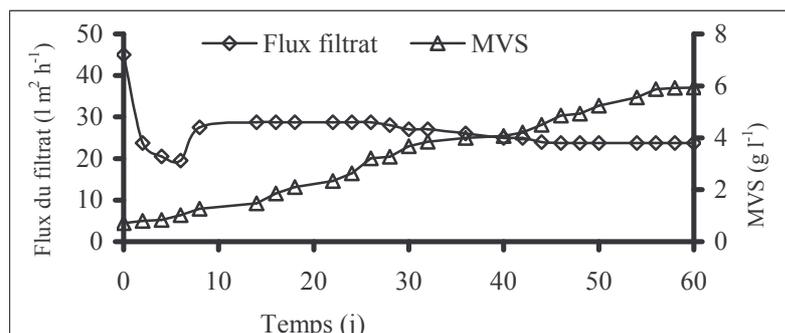


Figure 3: Evolution du flux du filtrat et de la matière volatile en suspension (MVS) au cours du traitement en continu de l'effluent COSMART

La filtration tangentielle permet également de limiter la production de boues en excès (Yoon *et al.*, 2004b ; Zhang, 2003). En effet, contrairement à un système à boues activées classique, les bactéries épuratrices ne se regroupent pas en floccs et sont beaucoup plus en contact avec la pollution et l'oxygène. La proportion de bactéries actives vis à vis de la pollution est donc beaucoup plus importante. Les passages répétés des bactéries dans les membranes conduisent à d'importantes contraintes mécaniques sollicitant les parois des bactéries. La principale consommation d'énergie au niveau de la bactérie n'est plus destinée à sa multiplication, mais à la résistance aux contraintes, expliquant la moindre production de boues en excès (Konopka *et al.*, 1996).

Après 2 mois de fonctionnement, le flux du filtrat baisse de 28,75 à 23,75 l/h.m². Il est quasi exempt de matières organiques biodégradables avec une élimination de plus 94 % de la matière active anionique, de 81 % de la pollution carbonée exprimée en DCO et de 100% de la matière en suspension. Ce résultat corrobore avec les résultats de nombreux travaux (Scholz and fuchs, 2000; Berube and Hall 2001 ; Wehrle 2000 ; Manem 1996). Un rejet parfaitement clarifié est obtenu avec une élimination de la matière en suspension grâce à un départ de boues physiquement impossibles à travers les membranes.

Les principales caractéristiques de l'influent, de la culture dans le réacteur et du filtrat sont regroupées dans le tableau 1 et montrent que l'eau traitée produite présente une très bonne qualité et peut être rejetée dans la canalisation publique sans pénalité.

Tableau 1: Caractéristiques de l'influent, du réacteur et du filtrat

	Influent Min-Max (moyenne)	Réacteur Min-Max (moyenne)	filtrat Min-Max (moyenne)
Tensioactif (g/l)	0,13-0,47 (0,3)	0-0,154 (0,043)	0-0,045 (0,018)
DCO soluble (g/l)	1,2-2,68 (1,57)	0,5-1,79 (1,01)	0,13-1,15 (0,39)
MES (g/l)	0,13-0,37 (0,24)	0,89-7,4	0
MVS (g/l)	0,1-0,27 (0,2)	0,71-5,92	-
PH	6,34-7,25 (6,65)	6,39-7,1 (6,75)	6,71-7,05 (6,8)
CE (dS/m)	1,62-2,43 (1,99)	1,59-2,66 (1,98)	1,57-2,51 (1,87)
Viscosité à 30°C (cPo)	0,8-0,868 (0,829)	0,803-0,93 (0,86)	0,78-0,89 (0,83)

Les problèmes habituels de la décantabilité des boues (bulking ou flottation par le diazote) au sein du clarificateur sont éliminés (Cicek, 2003). L'eau traitée récupérée est de bonne qualité épurée à 100% de microorganismes et de virus. Outre la protection du milieu naturel, cette eau traitée pourrait être réutilisée pour le lavage du matériel ou du sol, elle pourrait même

servir pour l'irrigation de l'espace vert de l'usine, et ainsi de limiter et d'économiser la consommation en eau potable.

Références

- Berube P.R. and Hall E.R. (2001). Fate and removal kinetics of contaminants contained in evaporator condensate during treatment for reuse using a high-temperature membrane bioreactor. *Journal of Pulp and Paper Science* 27, (2), 41-45.
- Chang I-S, Judd SJ. (2002). Air sparging of a submerged MBR for municipal wastewater treatment. *Process Biochemistry* 37, 915-920.
- Cicek N. (2003). A review of membrane bioreactors and their potential application in the treatment of agricultural wastewater. *Canadian Biosystems Engineering* 45, 37-49.
- Dhouib A, Hamad N, Hassaïri I, Sayadi S. (2003). Degradation of anionic surfactants by *Citrobacter braakii*. *Process Biochemistry* 38, 1245-1250.
- Elsgaard L, Pojana G, Miraval T, Eriksen J, Marcomini A. (2003). Biodegradation of linear alkylbenzene sulfonates in sulfate-leached soil mesocosms. *Chemosphere* 50, 929-937.
- Howell JA. (2004). Future of membranes and membrane reactors in green technologies and for water reuse. *Desalination* 162,1-11.
- Konopka A, Zakharova T, Oliver L, Camp D, Turco RF. (1996). Biodegradation of Organic Wastes Containing Surfactants in a Biomass Recycle Reactor. *Applied and Environmental Microbiology* 62, (9), 3292-3297.
- Li H-Q, Jiku F, Schroder HF. (2000). Assessment of the pollutant elimination efficiency by gas chromatography/mass spectrometry, liquid chromatography-mass spectrometry and-tandem mass spectrometry Comparison of conventional and membrane-assisted biological wastewater treatment processes. *Journal of Chromatography A*, 889, 155-176.
- Liu R, Huang X, Chen L, Wen X, Qian Y. (2005). Operational performance of a submerged membrane bioreactor for reclamation of bath wastewater. *Process Biochemistry* 40, 125-130.
- Manem J.A.S. (1996). Membrane bioreactors. In *Water Treatment Membrane Processes*, ed. J. Mallevalle, P.E. Odendaal and M.R. Wiesner, 17.1-17.31. New York, NY: McGraw Hill. 36,(4), 982-988.
- PolliceA, LaeraG, Blonda M. (2004). Biomass growth and activity in a membrane bioreactor with complete sludge retention. *Water Research* 38, 1799-1808.
- Scholz W, Fuchs W. (2000). Treatment of oil contaminated wastewater in a membrane bioreactor. *Water Research* 34, (14), 3621-9.
- Scott MJ, Jones MN. (2000). The biodegradation of surfactants in the environment. *Biochimica et Biophysica Acta* 1508, 235-251.
- Stephenson T, Judd S, Jefferson B, Brindle K. (2000). *Membrane bioreactors for wastewater treatment*. London, IWA publishing. ISBN: 1-900222-07-8.
- Vane LM, Alvarez FR. (2002). Full-scale vibrating pervaporation membrane unit: VOC removal from water and surfactant solutions. *Journal of Membrane Science* 202, 177-193.
- Wehrle. (2000). MBR Case Study: Dairygold Cooperative. <http://www.wehrle-env.co.uk/pdf/Dairygold.pdf>. (2003/05/21)
- Xing CH, Wen X-H, Qian Y, Tardieu E. (2001). Microfiltration-membrane-coupled bioreactor for urban wastewater reclamation. *Desalination* 141, 63-73.
- Xing CH, Tardieu E, Qian Y, Wen X-H. (2000). Ultrafiltration membrane bioreactor for urban wastewater reclamation. *Journal of Membrane Science* 177, 73-82.

- Yoon S-H., Kim H-S., Lee S. (2004a). Incorporation of ultrasonic cell disintegration into a membrane bioreactor for zero sludge production. *Process Biochemistry* 39, (12), 1923-1929.
- Yoon T.I., Lee H.S., Kim C.G. (2004b). Comparison of pilot scale performances between membrane bioreactor and hybrid conventional wastewater treatment systems. *Journal of Membrane Science* 242, 5–12.
- Yoon S-H, Kim H-S, Yeom I-T. (2004c). The optimum operational condition of membrane bioreactor (MBR): cost estimation of aeration and sludge treatment. *Water Research* 38, 37-46.
- Zhang S., van Houten R., Eikelboom D.H., Doddema H., Jiang Z., Fan Y., Wang J. (2003). Sewage treatment by a low energy membrane bioreactor. *Bioresource Technology* 90, 185–192.