



HAL
open science

Modèle à base de connaissances intégré pour un bioréacteur à membrane de très grande taille : un outil vers l'optimisation et le contrôle du procédé

Kashif Nadeem, Queralt Plana, Claire Albasi, Jean Bernier, Sam Azimi, Vincent Rocher, Marion Alliet

► To cite this version:

Kashif Nadeem, Queralt Plana, Claire Albasi, Jean Bernier, Sam Azimi, et al.. Modèle à base de connaissances intégré pour un bioréacteur à membrane de très grande taille : un outil vers l'optimisation et le contrôle du procédé. 14ème congrès international du Groupement de Recherche Universitaire sur les Techniques de Traitement et d'Épuration des Eaux (GRUTTEE), Jun 2022, Montpellier, France. <hal-04807039>

HAL Id: hal-04807039

<https://hal.science/hal-04807039v1>

Submitted on 27 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Modèle à base de connaissances intégré pour un bioréacteur à membrane de très grande taille : un outil vers l'optimisation et le contrôle du procédé

Kashif NADEEM^a, Queralt PLANA^b, Claire ALBASI^a, Jean BERNIER^b, Sam AZIMI^b, Vincent ROCHER^b, Marion ALLIET^a

^a *Laboratoire de Génie Chimique, Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, Toulouse, France*

^b *SIAAP, Direction Innovation, Colombes*

Auteur correspondant : marion.alliet@ensiacet.fr

Mots-clés : bioréacteur à membrane, modèle intégré, traitement des eaux usées, consommation énergétique, colmatage.

Introduction

Les bioréacteurs à membrane (BàM) sont utilisés dans des stations de traitement des eaux usées à très grande échelle (> 100 000 m³/j) en raison de leurs nombreux avantages, dont notamment la qualité excellente et constante de l'eau traitée. Toutefois, la perte de perméabilité des membranes causée par le colmatage entraîne des coûts d'exploitation élevés, principalement dû aux besoins d'aération et de nettoyage chimique [4]. Dans ce contexte, la modélisation mathématique permet de réduire ces coûts en proposant des outils d'aide à la décision. Des modèles intégrés, comprenant un modèle des boues activées (ASM) et un modèle de résistance à la filtration en série, ont été mis au point, principalement à petite échelle, pour prendre en compte l'influence des processus biologiques sur les phénomènes de colmatage [5]. Des modèles ASM ont également été testés sur des stations industrielles (< 10 000 m³/j) de BàM [1,3]. Cependant, s'agissant des BàM de très grande taille, la modélisation des interactions complexes entre la biologie, la filtration et le colmatage n'a jamais été faite.

Méthodes

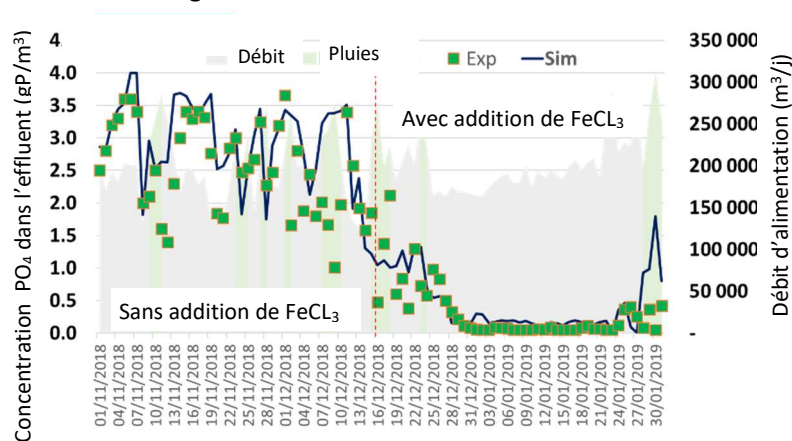
Une station BàM de très grande taille, d'une capacité de traitement de 360 000 m³/jour (SIAAP, Seine aval), a été utilisée pour développer un modèle intégré. Les étapes de calibration et de validation du modèle ont été réalisées à l'aide des données d'exploitation de l'usine. Les caractéristiques de l'installation sont présentées dans le Tab.1. Le système comprend 6 bassins biologiques en parallèle avec équi-répartition des débits et alimentant 28 cuves membranaires. Les pressions transmembranaires (PTM), flux et débits, débit d'air et séquençage de l'aération grosses bulles (10/10-10/30) ont été enregistrés pour chaque cuve. Des expériences de respirométrie ont permis de déterminer les fractions de DCO, les concentrations d'autotrophes (X_{ANO}) et d'hétérotrophes (X_{OHO}) ainsi que leur taux de croissance. Les concentrations d'exopolymères (EPS) ont été quantifiées. Les mesures et données opératoires ont été traitées à l'aide de vérification de bon sens, de bilan matière et de méthodes statistiques. L'ensemble des données obtenues a été utilisé, pour partie pour initialiser le modèle et pour partie pour le valider. Un modèle intégré dynamique [5] a été élaboré et mis en œuvre dans l'environnement MATLAB. La partie biologique du modèle, EPS-ASM3-BioP [2], prend en compte l'activité stœchio-cinétique de la biomasse pour l'élimination du carbone, de l'azote et du phosphore, l'aération biologique et la précipitation avec FeCl₃. Le modèle de filtration par résistance en série couvre la dynamique de colmatage due à la filtration et à l'aération intermittentes et au rétrolavage. Les influences de la température, de la pression transmembranaire, des matières en suspension de la liqueur mixte et des concentrations d'EPS ont été prises en compte. Le modèle énergétique a été développé en considérant l'énergie consommée par le pompage de l'eau d'alimentation, du perméat et des recirculations, par le rétrolavage, les nettoyages chimiques, l'extraction des boues, l'agitation et les aérations « biologiques » et de limitation du colmatage des membranes.

Tab.1: Caractéristiques de la station

Volume total du bioréacteur	m ³	125 362
Distribution volumique des zones	%	Pré-anoxie (1,8 %); Anaérobie (21,1 %); Anoxie (28,7 %); Aérobie (42,1 %); Cuves membranaires (6,3 %)
Surface membranaire	m ²	462 336
Recirculation		r1 (130%); r2 (240%); r3 (400%)
Membrane Material	-	Polyvinylidene fluoride (PVDF)
Taille des pores	µm	0,4
Type de membranes	-	Zenon, Fibres creuses, ZeeWeed D500

Résultats et Discussions

La modélisation d'un tel système Bàm à grande échelle est complexe. Les données ont été traitées du point de vue de la cohérence, les mesures fausses détectées ont été réévaluées. Le modèle intégré a permis de simuler les processus biologiques, chimiques et physiques du Bàm à très grande échelle. Les résultats simulés correspondent aux données mesurées, avec des tendances similaires pour les 92 jours sans/avec ajout de FeCl₃. Les résultats simulés pour l'élimination de la DCO sont appropriés. La précision du modèle pour l'élimination du NH₄, des NOx (nitrates et nitrites), des MES et du PO₄ (Fig.1) en termes de REQM était respectivement de 0,80, 0,92, 1,10 et 0,85. La PTM a également été assez bien simulée avec une erreur moyenne de 8%. Ces résultats montrent que le modèle intégré est adapté à la simulation de l'ensemble des processus du Bàm de très grande taille : biologiques, physiques, et chimiques. Le bilan énergétique a également été réalisé avec précision sur l'ensemble de la station, soulignant que le processus contribuant principalement à la dépense énergétique est l'aération prévue pour la membrane (58 %).

**Fig.1: Résultats mesurés et simulés pour l'élimination de PO4**

Conclusion

Un travail considérable sur l'analyse et la structuration des données a permis la mise en place d'un modèle à base de connaissance pour une filière Bàm de très grande taille, et la simulation avec succès de son fonctionnement et la consommation d'énergie. L'objectif est maintenant d'utiliser ce modèle pour optimiser le fonctionnement de la station en termes de performances de dépollution et de coûts d'exploitation.

Références :

- [1] Gabarrón, S., Dalmau, M., Porro, J., Rodriguez-Roda, I., & Comas, J. 2015. Chemical Engineering Journal, 267, 34–42.
- [2] Lu, S.G., T. Imai, M. Ukita, M. Sekine, T. Higuchi, et M. Fukagawa. 2001. Water Research 35(8), 2038-48.
- [3] Sun, J., Liang, P., Yan, X., Zuo, K., Xiao, K., Xia, J., Qiu, Y., Wu, Q., Wu, S., Huang, X., Qi, M., & Wen, X. 2016. Water Research, 93, 205–213.
- [4] Xiao, K., Liang, S., Wang, X., Chen, C., & Huang, X. 2019. Bioresource Technology, 271, 473–481.
- [5] Zarragoitia-González, A., Schetrite, S., Alliet, M., Jáuregui-Haza, U., & Albasi, C. 2008. Journal of Membrane Science, 325(2), 612–624.