Document generated on 04/24/2024 12:03 a.m.

Revue des sciences de l'eau
Journal of Water Science

Procédé de traitement des eaux usées par boues activées : lien entre les propriétés morphologiques des flocs et l'âge de boue

Activated sludge systems for wastewater treatment: Relation between floc morphological properties and solids retention time

Pedro Oliveira, Carole Coufort-Saudejaud, Marion Alliet and Christine Frances

Volume 30, Number 1, 2017

URI: https://id.erudit.org/iderudit/1040060ar
DOI: https://doi.org/10.7202/1040060ar

See table of contents

Publisher(s)

Université du Québec - INRS-Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE)

ISSN

1718-8598 (digital)

Explore this journal

Cite this article

Oliveira, P., Coufort-Saudejaud, C., Alliet, M. & Frances, C. (2017). Procédé de traitement des eaux usées par boues activées : lien entre les propriétés morphologiques des flocs et l'âge de boue. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, *30*(1), 29–32. https://doi.org/10.7202/1040060ar

Article abstract

The objective of this work was to study the associations between the morphological properties of the biological flocs and the performance of an activated sludge system, as a function of the solids retention time. An image analysis protocol was developed to measure in a repeatable way the morphological properties of biological flocs. A pilot-scale activated sludge system fed with a synthetic wastewater was then implemented. Three values of solids retention time were tested and the following characteristics of the sludge were measured: effluent COD (chemical oxygen demand), suspended solids, sludge volume index, COD removal efficiency, and volume distributions of size and circularity of the flocs. Although the concentration of suspended solids and the removal efficiency were not sensitive to an increase in the solids retention time, the sludge volume index did seem to be sensitive to this variable, leading to a decrease of the sludge settleability. Moreover, when the solids retention time was increased, the size and the circularity of the biological flocs increased temporarily before recovering their initial values. Under steady-state conditions, the size and circularity distributions seem to be independent of the retention time of solids.

Tous droits réservés © Revue des sciences de l'eau, 2017

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

RSE

PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES PAR BOUES ACTIVÉES : LIEN ENTRE LES PROPRIÉTÉS MORPHOLOGIQUES DES FLOCS ET L'ÂGE DE BOUE

Activated sludge systems for wastewater treatment: Relation between floc morphological properties and solids retention time

Pedro OLIVEIRA, Carole COUFORT-SAUDEJAUD, Marion ALLIET, Christine FRANCES*

Université de Toulouse, Laboratoire de Génie Chimique, CNRS, INPT, UPS, 4, allée Émile Monso, 31432 Toulouse, France

Reçu le 5 octobre 2016, accepté le 29 novembre 2016

RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail était d'étudier les liens entre les propriétés morphologiques des flocs biologiques et les performances d'un procédé à boues activées en fonction de l'âge de boue. Un protocole d'analyse d'images a tout d'abord été développé afin de mesurer de façon répétable les propriétés morphologiques de flocs biologiques. Une installation pilote d'un procédé à boues activées a ensuite été mise en œuvre dans des conditions d'alimentation contrôlées pour trois valeurs différentes de l'âge de boue. Un suivi des caractéristiques du pilote a été effectué en termes de propriétés physicochimiques (la demande chimique en oxygène [DCO] en sortie, matières en suspension, indice de boue, taux d'épuration) et de propriétés morphologiques des flocs biologiques (distributions en taille et circularité). Si l'augmentation de l'âge de boue ne semble pas avoir un impact sur la concentration en matières en suspension et le taux d'épuration, l'indice de boue en revanche augmente, induisant ainsi une diminution de la décantabilité de la boue. Concernant les paramètres morphologiques, lors d'un changement d'âge de boue, la taille et la circularité des flocs biologiques augmentent temporairement avant de se restabiliser à leurs valeurs initiales. En régime permanent, les distributions en taille et en circularité semblent indépendantes de l'âge de boue.

Mots-clés : Boues activées, morphologie, floc, distribution en taille, âge de boue.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the associations between the morphological properties of the biological flocs and the performance of an activated sludge system, as a function of the solids retention time. An image analysis protocol was developed to measure in a repeatable way the morphological properties of biological flocs. A pilot-scale activated sludge system fed with a synthetic wastewater was then implemented. Three values of solids retention time were tested and the following characteristics of the sludge were measured: effluent COD (chemical oxygen demand), suspended solids, sludge volume index, COD removal efficiency, and volume distributions of size and circularity of the flocs. Although the

*Auteur pour correspondance :
Téléphone : +33 (0)5 34 32 36 30
Courriel : marion.alliet@ensiacet.fr

concentration of suspended solids and the removal efficiency were not sensitive to an increase in the solids retention time, the sludge volume index did seem to be sensitive to this variable, leading to a decrease of the sludge settleability. Moreover, when the solids retention time was increased, the size and the circularity of the biological flocs increased temporarily before recovering their initial values. Under steady-state conditions, the size and circularity distributions seem to be independent of the retention time of solids.

Key Words: Activated sludge, morphology, floc, size distribution, solids retention time.

1. INTRODUCTION

Les procédés à boues activées (PBA) sont largement utilisés dans les stations d'épuration urbaines et industrielles. Ces procédés biologiques fonctionnent en continu pour produire un effluent conforme aux normes de rejet en vigueur (MESQUITA *et al.*, 2013; KOIVURANTA *et al.*, 2014). Les PBA réalisent l'abattement des polluants en deux étapes : 1) la biodégradation par des microorganismes cultivés sous forme de flocs dans un bassin d'aération et 2) la séparation de la biomasse par décantation.

L'objectif de ce travail est d'étudier les liens entre les propriétés morphologiques (PM) des flocs et les performances des PBA pour différents âges des boues. Dans un premier temps, un protocole fiable a été développé pour caractériser la morphologie des flocs de boues activées. Dans une seconde phase, une installation pilote conventionnelle de PBA a été utilisée pour fonctionner sous conditions contrôlées en faisant varier l'âge des boues (AB). Un suivi des caractéristiques de la boue a été effectué en termes de propriétés physicochimiques et de PM des flocs obtenus avec le protocole établi précédemment.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 Protocole d'analyse d'images

Afin d'établir le protocole d'analyse d'images, des échantillons de boues activées ont été prélevés directement dans le bassin d'aération de la station d'épuration de Nailloux (France). Cette station a une charge hydraulique moyenne de 900 m^3 par jour. La définition du protocole a consisté à trouver les conditions optimales de mesure en termes de précision et de répétabilité. Le Morphologi G3 (Malvern®), microscope optique automatisé, équipé d'une caméra CCD (*charge coupled device*) assure la capture d'images d'agrégats. Son logiciel d'analyse d'images applique ensuite un seuillage pour isoler individuellement les flocs et mesurer leurs PM (OLSON, 2011). Les conditions de mesures suivantes ont été définies : 1) l'utilisation d'une cellule en voie liquide fermée a permis l'acquisition d'images de bonne résolution; 2) parmi les dilutions 1:10 - 1:20 - 1:40, la dilution 1:20 a fourni des résultats répétables sans endommager les flocs; 3) les mesures ont été réalisées avec le contraste maximum et un grossissement de 10; 4) le seuil de binarisation a été fixé à 183 (sur un total de 256 niveaux de gris) permettant d'isoler les flocs individuellement; enfin 5) 100 000 flocs sont traités par analyse permettant ainsi d'obtenir les plus faibles écarts-types entre les mesures. Les mesures ont été réalisées en triplicat.

2.2 Installation pilote

Pour étudier l'impact des conditions opératoires sur la morphologie des flocs, une installation pilote a été mise en œuvre. Cette installation est un PBA conventionnel, composé d'un bassin d'aération de volume total de 0,03 m^3 (30 L) relié à un décanteur de 0,0066 m^3 (6,6 L). Le système est alimenté par une solution synthétique et de l'eau du réseau afin d'atteindre la composition définie de 750 $mg{\cdot}L^{-1}$ de $C_6H_{12}O_6$ (DCO_{Totale} = 800 $mg{\cdot}L^{-1}$), 21,4 $mg{\cdot}L^{-1}$ de NH_4Cl, 10 $mg{\cdot}L^{-1}$ de $CaCl_2$, 0,3 $mg{\cdot}L^{-1}$ de $FeCl_2$, 25 $mg{\cdot}L^{-1}$ de $MgSO_4$ et 10,5 $mg{\cdot}L^{-1}$ de KH_2PO_4.

Parmi les conditions opératoires qui peuvent varier dans un PBA, l'AB est défini comme le temps de séjour moyen des boues dans le bassin d'aération. Pour le contrôler, un volume de boue est purgé quotidiennement. L'AB (en jours), est calculé comme le rapport du volume total du bassin d'aération VBA (m^3) et du débit journalier de boue purgée, V_r (m^3 par jour).

Dans ce travail, l'influence du changement de l'AB, sur la morphologie des flocs de boues activées est l'objet principal des résultats et discussion présentés ci-dessous.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Performance de l'installation pilote

L'installation pilote a été suivie pour les trois valeurs d'AB suivantes : 15 , 20 et 30 jours. Les performances de l'installation sont présentées dans la figure 1 où les lignes pointillées désignent les transitions opérationnelles. La durée de la première période, correspondant à deux fois l'AB initial, a permis l'acclimatation de la boue. Une période d'intervention de maintenance, au cours de laquelle l'installation a continué de fonctionner

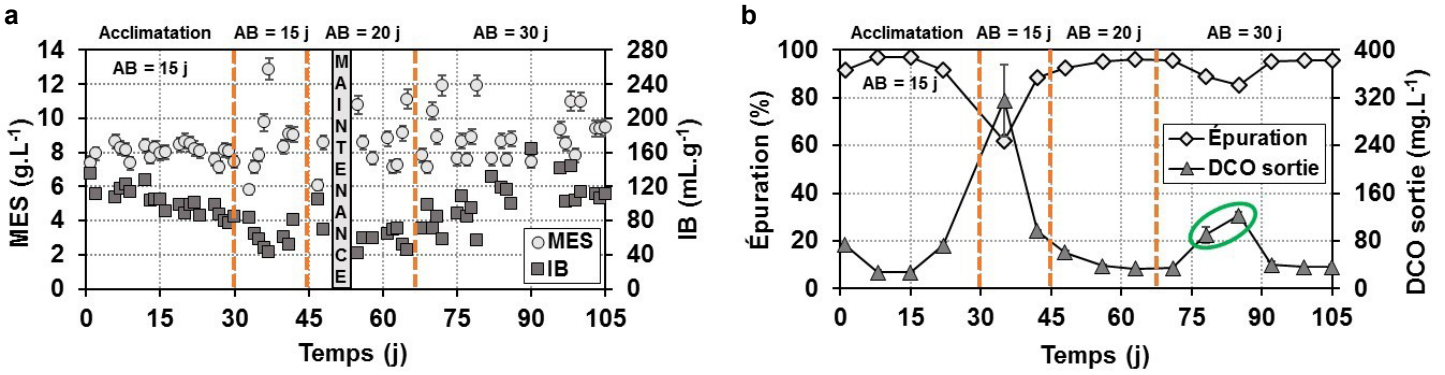

Figure 1. **Évolution au cours du temps : a) des MES (matières en suspension) et de l'IB (indice de boue), b) du taux d'épuration et de la DCO (demande chimique en oxygène) en sortie. En b), une perturbation liée à l'apparition et la croissance de bactéries filamenteuses est indiquée en vert.**
Changes over time of: a) mixed liquor suspended solids and sludge volume index, b) chemical oxygen demand removal and effluent. In b) a disturbance linked to the presence and growth of filamentous bacteria is indicated in green.

normalement, est signalée en vert sur le graphique au cours de l'AB de 20 jours.

La figure 1a présente l'évolution de la concentration en matières en suspension (MES) et de l'indice de boue (IB) en fonction du temps. Les valeurs de ces deux paramètres sont dans les gammes de fonctionnement d'un PBA. Des concentrations moyennes en MES à 8,59 ± 2,00 g·L^{-1}, 8,50 ± 1,58 g·L^{-1} et 8,93 ± 1,53 g·L^{-1} ont été mesurées pour des AB, respectivement, de 15, 20 et 30 jours. L'ajout de nutriments au jour 30 a favorisé le développement de la croissance de la biomasse, induisant l'augmentation de la valeur de MES constatée pour la période correspondant à un AB de 15 jours. À propos de l'évolution de l'IB, il n'existe pas de changement significatif de sa valeur entre les AB de 15 jours (63 ± 15 mL·g^{-1}) et 20 jours (64 ± 17 L·g^{-1}). Pour l'AB de 30 jours, une hausse de l'IB (102 ± 28 mL·g^{-1}) montre une diminution de la décantabilité de la boue.

La figure 1b présente le suivi du taux d'épuration et de la demande chimique d'oxygène (DCO) à la sortie du décanteur. Ce graphique montre que l'abattement de matière organique pendant toute la campagne a toujours été supérieur à 90 %, excepté pour les jours 37 et 85. Le résultat du jour 37 confirme la perturbation causée par l'addition de nutriments (jour 30), tandis que celui du jour 85 est lié à l'apparition et la croissance de bactéries filamenteuses (perturbation encerclée en vert sur la figure 1b). L'augmentation de l'AB a causé une augmentation des MES. Sachant que la charge volumique a été maintenue constante, la quantité de nutriments fournie par unité de masse de microorganismes a été diminuée. D'après TANDOI *et al.* (2006), ceci peut expliquer le foisonnement des boues ainsi que l'augmentation de l'IB identifiée précédemment et les problèmes de décantabilité qui en découlent. Le nombre de microorganismes vivant s'adaptant à la quantité de nutriments fournie, cette perturbation disparait par la suite.

3.2 Impact de la variation de l'AB sur la morphologie des flocs de boues activées

Le protocole d'analyse d'images précédemment présenté a permis d'observer comment les PM des flocs ont évolué suite à l'augmentation d'AB. Les figures 2a et 2b illustrent les distributions de taille en volume obtenues à partir des données d'analyse d'images. Dans les deux cas, tout comme pour VAN DEN BROECK *et al.* (2012), après chaque transition d'AB (--x--), le diamètre équivalent ($D_{éq}$) augmente, l'augmentation étant un peu plus brusque pour la transition d'AB de 15 à 20 jours que pour celle de 20 à 30 jours. Toutefois, quelques jours après les transitions, la distribution en taille semble se stabiliser à nouveau sur la distribution initiale. Ainsi, il semble qu'en régime permanent, la distribution en taille des flocs biologiques soit indépendante de l'AB.

Un comportement similaire a été observé pour la circularité qui permet de quantifier la forme d'un agrégat en la comparant à celle d'un cercle. La circularité s'exprime par le ratio du périmètre d'un cercle ayant la même aire que l'image projetée de l'agrégat et du périmètre réel du floc. Les figures 3a et 3b montrent les distributions de circularité en volume pour les deux modifications d'AB. Tout comme les distributions en taille, les valeurs des modes des distributions de la circularité augmentent juste après les transitions pour diminuer ensuite, revenant à la valeur initiale aux alentours de 0,2.

4. CONCLUSION

D'après les résultats obtenus, les conclusions suivantes peuvent être dressées. Le protocole d'analyse d'images développé s'est avéré pertinent pour mesurer de façon

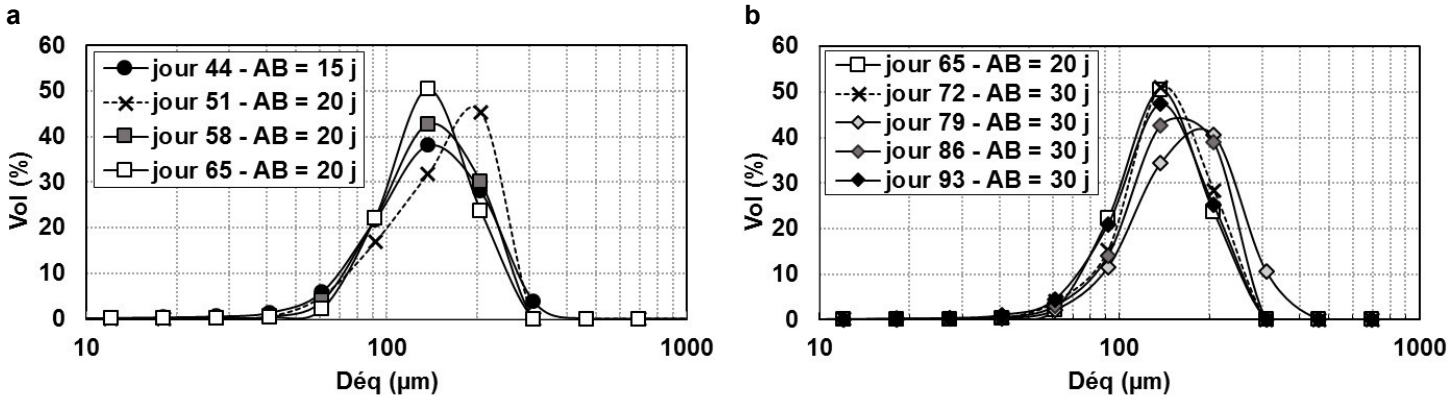

Figure 2. **Distributions de taille ($D_{éq}$) des flocs en volume pour les transitions d'AB (âge de boue) : a) de 15 à 20 jours et b) de 20 à 30 jours.**
Floc size distributions on a volume basis for sludge retention time modifications from: a) 15 to 20 days, and b) 20 to 30 days.

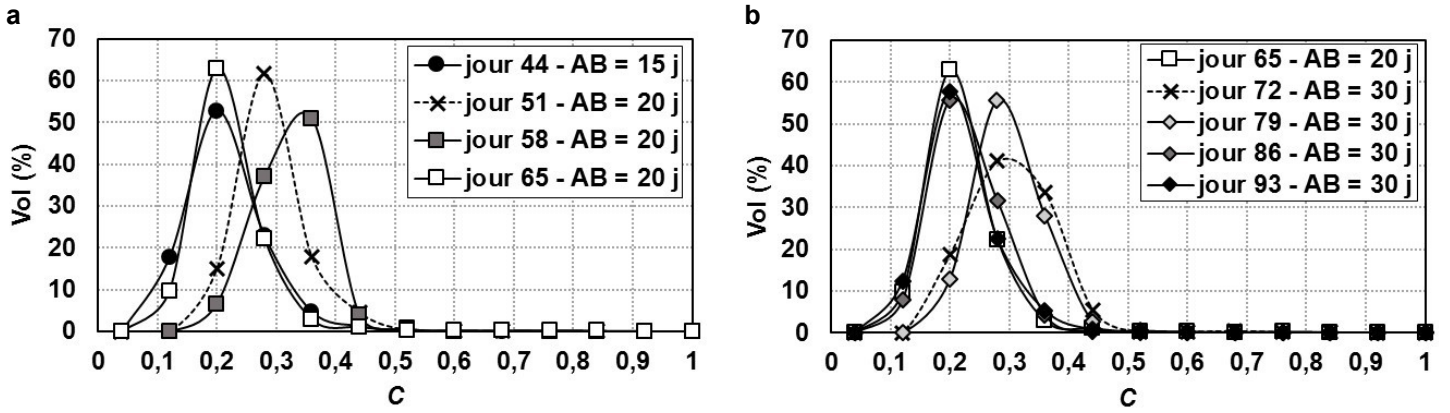

Figure 3. **Distributions volumiques de circularité (*C*) pour les transitions d'AB (âge de boue) : a) de 15 à 20 jours et b) de 20 à 30 jours.**
Floc circularity distributions on a volume basis for sludge retention time modifications from: a) 15 to 20 days, and b) 20 to 30 days.

répétable les propriétés morphologiques des flocs biologiques. L'installation pilote a présenté une performance d'épuration correcte par rapport aux paramètres conventionnels (MES, IB, taux d'épuration et DCO_{sortie}). Comme souligné par VAN DEN BROECK *et al.* (2012), lors d'un changement d'AB, la taille des flocs augmente temporairement. Ce changement à court terme a été aussi constaté pour la circularité. En régime permanent, les distributions en volume de taille et de circularité semblent indépendantes de l'AB.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

KOIVURANTA E., J. KESKITALO, T. STOOR, J. HATTUNIEMI, M. SARÉN et J. NIINIMÄKI (2014). A comparison between floc morphology and the effluent clarity at a full-scale activated sludge plant using optical monitoring. *Environ. Technol.*, 35 (13), 1605-1610.

MESQUITA D.P., A.L. AMARAL et E.C. FERREIRA (2013). Activated sludge characterization through microscopy: A review on quantitative image analysis and chemometric techniques. *Anal. Chim. Acta*, 802, 14-28.

OLSON E. (2011). Particle shape factors and their use in image analysis - Part 1: Theory. *J. GXP Compliance*, 15 (3), 85.

TANDOI V., D. JENKINS et J. WANNER (2006). *Activated Sludge Separation Problems*. IWA Publishing, Lenders, Royaume-Uni, 216 p.

VAN DEN BROECK R., J. VAN DIERDONCK, P. NIJSKENS, C. DOTREMONT, P. KRZEMINSKI, J.H.J.M. VAN DER GRAAF, J.B. VAN LIER, J.F.M. VAN IMPE et I.Y. SMETS (2012). The influence of solids retention time on activated sludge bioflocculation and membrane fouling in a membrane bioreactor (MBR). *J. Membrane Sci.*, 401-402, 48-55.