



HAL
open science

Distribution de taille des floes biologiques dans les systèmes à boues activées : Influence des paramètres hydrodynamiques à différentes échelles

Yoan Pechaud, Sylvain Pageot, Anne Goubet, Camilo Duran Quintero, Sylvie Gillot, Yannick Fayolle

► To cite this version:

Yoan Pechaud, Sylvain Pageot, Anne Goubet, Camilo Duran Quintero, Sylvie Gillot, et al.. Distribution de taille des floes biologiques dans les systèmes à boues activées : Influence des paramètres hydrodynamiques à différentes échelles. 18. congrès de la Société Française de Génie des Procédés, SFGP, Nov 2022, Toulouse, France. hal-04234006

HAL Id: hal-04234006

<https://hal.inrae.fr/hal-04234006>

Submitted on 9 Oct 2023

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.

Distribution de taille des floccs biologiques dans les systèmes à boues activées : Influence des paramètres hydrodynamiques à différentes échelles

Y. Pechaud^{1,2}, S. Pageot¹, A. Goubet¹, C. Duran Quintero¹, S. Gillot³, Y. Fayolle¹

¹ Université Paris-Saclay, INRAE, PROSE, 1 Rue Pierre Gilles de Gennes, 92761 Antony, France

² Université Gustave Eiffel, Laboratoire Géomatériaux et Environnement EA 4508, 77454 Marne-la-Vallée, Cedex 2, France

³ INRAE, REVERSAAL, 5 Rue de la Doua, 69100 Villeurbanne, France

Introduction

Les réacteurs à biomasse libre constituent les biotechnologies environnementales les plus utilisées pour traiter des effluents liquides. Parmi les paramètres hydrodynamiques, le taux de cisaillement moyen induit par l'aération et à l'agitation mécanique est une variable importante dans les bioréacteurs. Notamment, ce taux de cisaillement influence les propriétés des floccs bactériens constituant les boues biologiques telles que la taille et la densité des floccs et donc potentiellement leur activité biologique. De plus, cette distribution granulométrique des floccs est une caractéristique importante régissant à la fois les processus physiques (séparation solide-liquide) et les processus biologiques dans les systèmes à boues activées.

Les processus de croissance, de rupture et de restructuration régissent l'évolution des structures des floccs et par conséquent les propriétés des boues. La très grande majorité des études ont porté sur des floccs non microbiens et ont montré que la tendance était que pour un flocc cultivé à un taux de cisaillement donné, une augmentation du taux de cisaillement moyen entraîne une diminution du diamètre moyen des floccs. Même si le principal paramètre opératoire semble être le taux de cisaillement moyen, le type d'agitateur peut également affecter la taille des floccs. Cependant, aucune étude sur l'influence du type d'agitateur sur les floccs biologiques pour un taux de cisaillement moyen similaire n'était jusqu'à présent disponible. De plus, pour les réacteurs aérés, seules quelques études avaient évalué l'influence du taux d'aération sur la distribution de taille de floccs à l'échelle du laboratoire.

Des études complémentaires semblaient donc nécessaires afin d'évaluer l'impact de la configuration du réacteur, du taux d'aération, du taux de mélange et des propriétés de la liqueur mixte sur la distribution de taille des floccs. En effet dans l'optique d'optimiser la dépense énergétique associée à l'aération, au mélange et à la filtration, il semblait particulièrement important d'identifier comment les propriétés à l'échelle mésoscopique (Distribution de taille de flocc - DTF) peuvent influencer les propriétés à macro-échelle (rhéologie AS, taux de cisaillement) et vice-versa.

Matériel et Méthodes

Les DTF (réalisées à l'aide d'un granulomètre laser) ont été déterminées directement sur un bioréacteur à membrane d'une station d'épuration de région parisienne et ce dans quatre systèmes présentant des caractéristiques hydrodynamiques différenciées pour une même origine de boue (issue du bassin biologique de la station de traitement des eaux) : deux systèmes à l'échelle pilote (un cuve agitée standard – équipé d'une turbine Rushton ou une hélice marine - et une colonne à bulle colonne) et les deux réacteurs réelles de la station d'épuration (zone d'aération et zone de filtration).

Résultats et discussions

Les travaux ont tout d'abord été menés dans la cuve standard. Ces expériences ont permis d'illustrer l'effet des paramètres hydrodynamiques sur la distribution de tailles de floccs :

- La distribution granulométrique des floccs des boues activées dépend principalement du taux de cisaillement moyen ($\dot{\gamma}$) et du temps de circulation (t_c) dans le réacteur agité standard même si $\dot{\gamma}_{max}$ influence également la DTF. Cependant, en considérant les deux agitateurs, la distribution est beaucoup plus corrélée à $\dot{\gamma}$ et t_c qu'avec $\dot{\gamma}_{max}$;
- Dans les conditions hydrodynamiques testées, les phénomènes de rupture de floccs sont considérés comme fortement liés à la micro-échelle de Kolmogorov, la plus petite taille des tourbillons (Figure 1A).
- L'augmentation observée de la dimension fractale avec un incrément de $\dot{\gamma}$, met en évidence que les floccs deviennent plus denses et compacts avec le taux de cisaillement appliqué.

Des expériences ont en parallèle été réalisées dans la colonne à bulles (BC) pour évaluer l'influence de la vitesse superficielle de gaz et la concentration en boues. Les résultats ont montré que :

- la distribution granulométrique dépend de la vitesse superficielle de gaz injecté (U_G). Ceci est conforme à l'influence de la vitesse d'agitation (et du taux de cisaillement moyen résultant) dans la cuve standard.
- L'influence de la concentration en boues dépend de la vitesse superficielle.
- Ces observations sont à mettre en relation avec le comportement rhéologique des boues qui présente un comportement de fluide rhéofluidifiant. Cet effet rhéofluidifiant est pris en compte dans le taux de cisaillement moyen et explique la meilleure corrélation des paramètres de taille avec ce paramètre qu'avec la concentration en boues ou U_G seul.

Enfin des mesures de distribution granulométrique ont également été réalisés dans les zones de filtration et les zones aérées de la STEP. Pour un $\dot{\gamma}$ estimé similaire, les diamètres caractéristiques sont plus faibles et les floccs apparaissent plus denses dans le réacteur à grosses bulles que dans le réacteur à fines bulles. Cette différence peut s'expliquer par les régimes turbulents générés par les grosses bulles où des gradients de vitesse gaz-liquide élevés se produisent et conduisent potentiellement à des taux de cisaillement locaux élevés. Ceci est confirmé par la valeur de la dimension fractale qui est plus élevée pour les grosses bulles que pour les fines bulles même lorsqu'un $\dot{\gamma}$ inférieur est appliqué avec des grosses bulles.

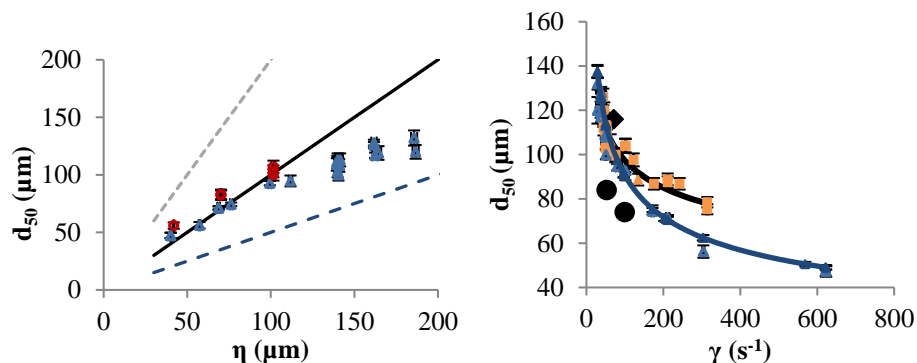


Figure 1. A. Comparaison entre le d_{50} et la micro-échelle de Kolmogorov moyenne. $d = 0.5 \eta$ - - , $d = \eta$ — et $d = 2 \eta$ - - - . B. Influence du taux de cisaillement moyen estimé sur d_{50} à l'état d'équilibre. Réacteur standard (Δ) ; colonne à bulles (\square) ; zone de filtration (\bullet) ; zone aérée (\blacklozenge).