

Caractérisation mécanique des boues hydroxyde de Marrakech

Sergio PARRA¹, Azeddine FANTASSE², Angélique LEONARD¹, Lakhal EL KHADIR²

Affiliation 1: University of Liège, Department of Chemical Engineering – PEPs, Belgique.

Affiliation 2 : Laboratoire d'Automatique, Environnement et Procédés de Transfert LAEPT, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad Marrakech, Maroc

Introduction

Le processus de traitement de l'eau potable génère une grande quantité d'un sous-produit pâteux, la boue hydroxyde (BH). La gestion des BH est un défi majeur en raison de l'augmentation des volumes, en plus de la menace potentielle pour l'environnement et des problèmes aigus d'élimination. Uniquement dans l'usine de production d'eau potable de Marrakech (Maroc) 55 tonnes par jour de BH sont générées (Fantasse et al., 2020).

La prédiction précise du comportement hydrodynamique des boues est nécessaire pour le calcul, la conception, la mise en service et le bon fonctionnement de différents équipements, tels que pompes, sécheurs, systèmes de filtration, échangeurs de chaleur, systèmes de mélange, entre autres. Prédire le comportement hydrodynamique des BH nécessite une connaissance précise des caractéristiques mécaniques (y compris rhéologiques) (Eshtiaghi et al., 2013).

Méthodologie

Les échantillons de boue ont été prélevés dans les bassins de stockage des boues de la station d'épuration de Marrakech. Les échantillons ont été stockés à 4°C pendant le temps de caractérisation.

Le comportement rhéologique des boues a été mesuré à l'aide d'un rhéomètre rotatif MCR302e (Anton Paar, Graz, Autriche) équipé d'une géométrie à plaques parallèles dentelées de 50 mm de diamètre. L'équipement a été contrôlé avec le logiciel Rheocompas 1.30. Toutes les mesures ont été effectuées à une température contrôlée de 20°C. Les mesures ont été faites avec un entrefer de 1 mm et un taux de cisaillement (gradient de cisaillement) en rampe logarithmique compris entre 0,01 et 100 s⁻¹, 10 points par décade ont été mesurés.

Résultats

La BH a établi une relation non linéaire entre la contrainte de cisaillement et le taux de cisaillement. Les changements dans la courbe d'écoulement (Figure 1 (a)) sont liés à différents changements structurels dans DWTS pendant le processus de cisaillement. Dans ce graphique, trois régions peuvent être identifiées : la région 1 représente la limite d'élasticité. Le contrainte seuil a été obtenu en appliquant un zoom à de faibles taux de cisaillement. La région 2 représente la région d'écoulement intermédiaire qui décrit la structure induite par le cisaillement et enfin la région 3 représente la fonction d'écoulement dans la région de cisaillement élevé, où la contrainte de cisaillement a augmenté non-linéairement avec le taux de cisaillement indiquant un comportement fluide non newtonien (Markis et al., 2014).

La viscosité apparente du DWTS au début de l'essai (réduit les taux de cisaillement) chute considérablement, puis tend vers une valeur relativement constante (taux de cisaillement les plus élevés) (Figure 1 (b)). Au cours de ce processus, les boues ont tendance à être moins visqueuses, démontrant un comportement rhéofluidifiant (pseudo plastique).

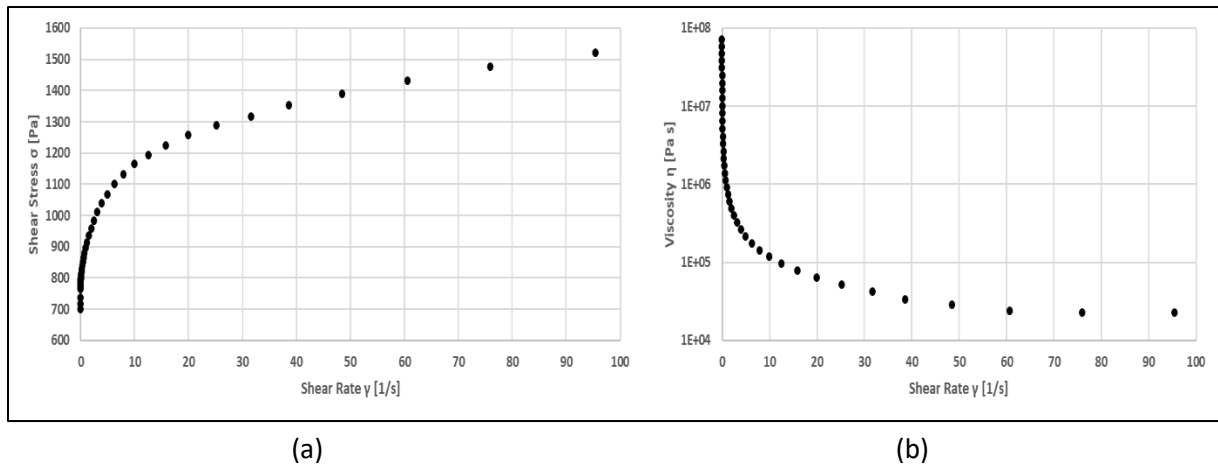


Figure 1: (a) Experimental flow curve for hydroxide sludge and (b) Apparent viscosity as a function of shear rate.

La courbe d'écoulement expérimentale a été ajustée à deux modèles rhéologiques différents couramment utilisés pour décrire les matériaux pâteux. Le tableau 1 contient les résultats de l'ajustement des données expérimentales.

Table 1: Rheological models used to describe hydroxy sludge rheology

Rheological Model	Equation	Parameters values	R ²
Windhab	$\tau = \tau_o + \eta_{\infty} \dot{\gamma} + (\tau_1 - \tau_o) \left(1 - e^{-\frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}^*}}\right)$	$\tau_o = 684 \pm 23 \text{ Pa}$ $\tau_1 = 1172 \pm 42 \text{ Pa}$ $\eta_{\infty} = 3 \pm 0.8 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ $\dot{\gamma}^* = 5 \pm 1 \text{ s}^{-1}$	0.96
Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_o + k\dot{\gamma}^n$	$\tau_o = 653 \pm 28 \text{ Pa}$ $k = 197 \pm 30 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$ $n = 0.3 \pm 0.07$	0.98

Conclusion

Ce travail nous prouve que le DWTS est un fluide rhéofluidifiant (pseudo plastique), qui pour les contraintes de cisaillement sous la limite d'élasticité, le matériau reste comme un solide viscoélastique et pour les contraintes supérieures à la limite d'élasticité, la boue se comporte comme un fluide à limite d'élasticité. Cela peut être modélisé à l'aide des modèles Windhab ou Herschel-Bulkley sur une large gamme de taux de cisaillement.

Références bibliographiques

Eshtiaghi, N., Markis, F., Yap, S. D., Baudez, J. C., & Slatter, P. (2013). Rheological characterisation of municipal sludge: A review. In *Water Research* (Vol. 47, Issue 15, pp. 5493–5510). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.07.001>

Fantasse, A., Lakhal, E. K., Idlimam, A., Kouhila, M., Berroug, F., & El Haloui, Y. (2020). Management of hydroxide sludge waste using hygroscopic gravimetric method and physico-chemical characterization. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.498>

Markis, F., Baudez, J. C., Parthasarathy, R., Slatter, P., & Eshtiaghi, N. (2014). Rheological characterisation of primary and secondary sludge: Impact of solids concentration. *Chemical Engineering Journal*, 253, 526–537. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.05.085>