

FLUIDIFICATION DES MIXTURES DE VASE DE BARRAGE PAR LES BOUES RESIDUAIRES

M.Hadj Djelloul¹, M.Belhadri¹, N.Boudjenane¹

Laboratoire de Rhéologie, Transport et Traitement des fluides complexes (LRTTFC),

Faculté d'Architecture et de Génie civil, Département d'Hydraulique,

Université des Sciences et de la Technologie d'Oran (USTOMB)

B.P. 1505 Oran-EL-M'naouar 31000, Algérie

hadji31med@gmail.com

Résumé :

Notre travail de recherche porte sur l'efficacité d'un nouveau produit naturel, écologique et économique qu'est la boue résiduaire du traitement des eaux usées domestique, comme agent réducteur de frottement entre particules solides et paroi de conduite lors de transport des sédiments issu du dévasement des barrages.

Le travail empirique s'est basé sur l'étude du comportement rhéologique du mélange vase+eau (Cv 10% 12,5% 15%) avant et après l'ajout. notre mélange vase+eau se comporte comme un fluide newtonien au-dessus de $C_{vlim}=6,7\%$, au-delà de cette concentration il suit le modèle de Bingham. L'augmentation de la concentration implique une augmentation du seuil d'écoulement et de la viscosité.

La boue a un effet réducteur sur l'écoulement de différentes mixtures de vase, un maximum de réduction sur le seuil de l'écoulement de 56% a été observé avec l'ajout de 0.25% de boue. Cette réduction implique une économie proportionnelle du cout d'énergie de pompage, et la boue rejetait avec les sédiments peut être utile pour les terres agricoles.

Mots-clés : vase, boue, réduction de frottement, rhéologie, dévasement.

1. INTRODUCTION :

L'envasement des barrages est un risque sérieux pour la durée de vie de celle-ci, ce pendant les gestionnaires ont eu recoure a des opérations de dragage de sédiments, lors de l'évacuation de ces sédiments vers l'aval du mur, il est recommandé d'introduire des substances polymériques pour réduire les frottements qui se provoquent entre les particules et la paroi des conduites et minimisé les pertes de charge.

La réduction de la traînée est un phénomène d'écoulement qui, par la présence de très petites quantités d'additifs (polymères ou tensio-actifs) dans un fluide quelconque, consiste en une réduction significative du frottement à la paroi en régime turbulent. Certaines solutions d'additifs en interagissant avec la structure de la turbulence

conduisent à une réduction du frottement pouvant aller jusqu'à 90 % par rapport au solvant pur. Ceci induit une réduction de la puissance de pompage de l'ordre de 30 %.

Notre travail de recherche porte sur la problématique de frottement entre particules solides et parois des conduites, qui se produit lors du transport de la vase de l'amont du mur de barrage vers l'aval. Vu le coût très élevé des polymères, nous proposons de réduire ces frottements on introduit des boues résiduelles de station d'épuration des eaux usées.

2. ETUDE EXPERIMENTALE :

2.1. Matériaux utilisée :

Les essais ont été réalisés sur la vase de barrage de Fergoug qu'est situé au nord-ouest de l'Algérie, au pied du contrefort de l'atlas, à environs de 10 km au sud de la ville de Mohammadia (willaya de Mascara).

L'ouvrage est d'une capacité de $17 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (1970) mais il a soumis un phénomène d'envasement progressif et sa capacité a chuté à $9.67 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. il a connaît deux opérations de dévasements et le taux d'envasement actuelle est estimé à plus de $14 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

2.2. Etude rhéologique :

L'étude rhéologique a été faite a l'aide de rhéomètre RS600 a contrainte imposé, équipé de géométrie de mesure cône-plat (diamètre 60 mm, $\alpha=2^\circ$).

Nous avons choisi de travail avec des concentrations proche de celle utilisée lors de dragage de barrage, pour cela on a préparé des concentrations volumiques de 10%, 12.5%, 15%, 17.5% et 20%, mise en agitation pendent 24h pour bien homogénéisé le mélange.

Dans un premier temps, une quantité d'eau, préalablement déterminée, est soumise à une agitation. Une quantité de vase sèche à la concentration voulue, est alors versée par petites quantités dans cette eau pour éviter la formation d'agrégats. Pour assurer une bonne homogénéisation, le système obtenu est soumis à une agitation continue pendant 24 heures.

Pour le protocole de mesure, on a imposé une plage de 0.05s^{-1} à 500s^{-1} pour un temps d'enregistrement de 30s pour chaque point.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS :

3.1 Caractérisation rhéologique de la vase :

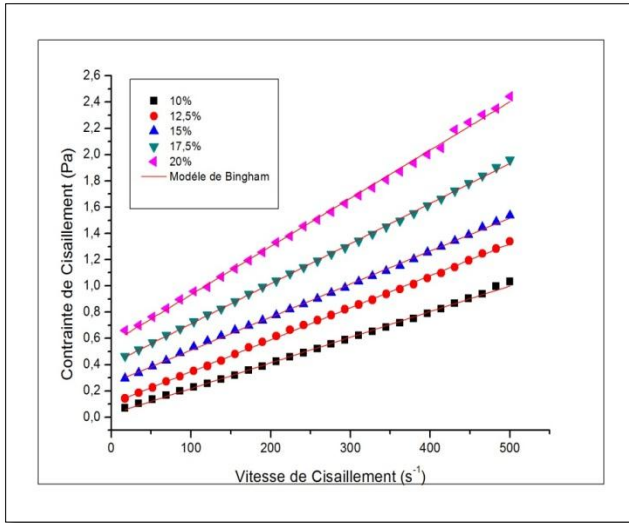


Figure 3 Rhéogramme de différentes concentrations pour la vase de barrage de Fergoug.

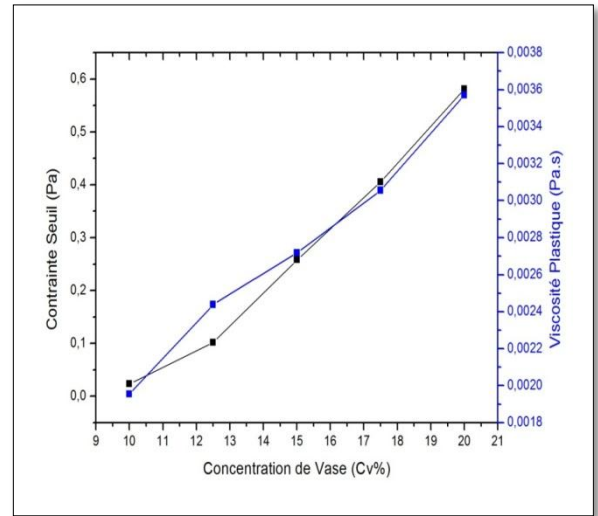


Figure 4 Evolution des paramètres de Modèle de Bingham en fonction de la concentration.

D'après la figure (2) le modèle de Bingham reproduit correctement le comportement rhéologique. On remarque une augmentation de la contrainte de cisaillement pour différentes concentration, La figure (3) représente l'évolution des paramètres de modèle de bingham tel-que la contrainte seuil et la viscosité plastique en fonction de différentes concentration étudié, d'après ces deux figure on voit bien l'effet de la concentration c'est-à-dire plus la concentration du mélange augmente plus l'écoulement devient complexe. (M. Benedini, 1974; P. Coussot, 1994)

3.2 Effet de l'ajout de la boue résiduaire sur l'écoulement de la vase :

➤ Vase 10%+boue :

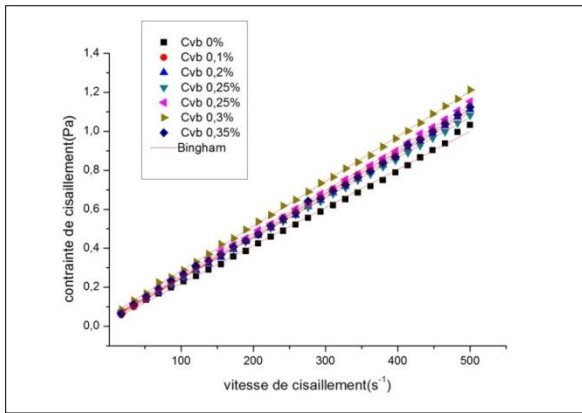


Figure 5 Courbe d'écoulement de la vase Cv10%+différentes concentration de Boue Cvb.

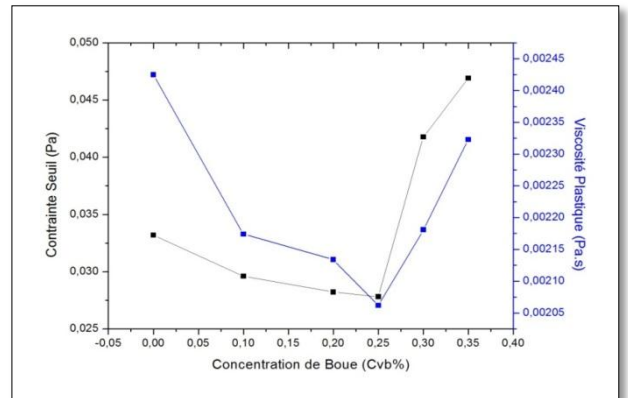


Figure 6 évolution des paramètres de l'écoulement de la vase a 10% après l'ajout de la boue résiduaire.

➤ Vase 12,5%+Boue :

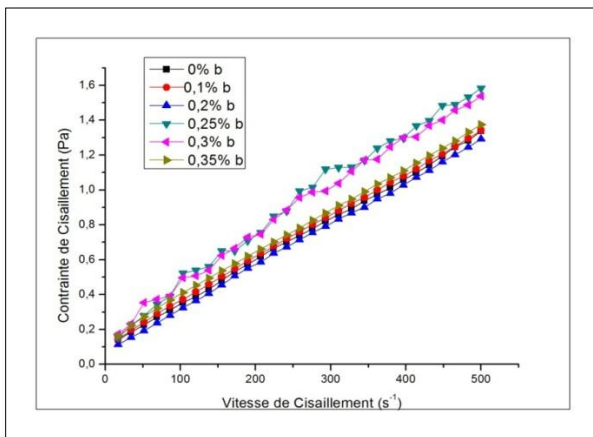


Figure 7 Courbe d'écoulement de la vase Cv12,5%+différentes concentration de Boue Cvb.

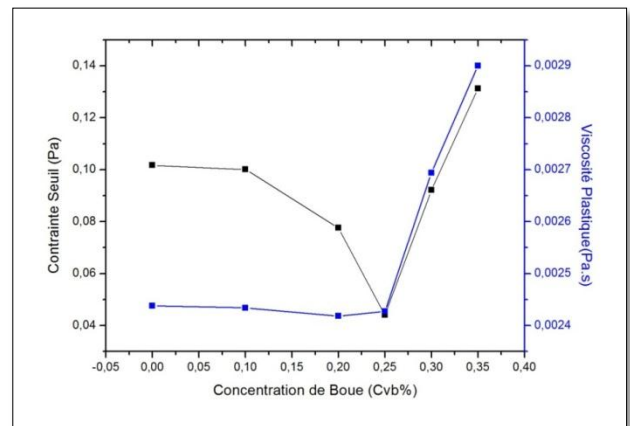


Figure 8 évolution des paramètres de l'écoulement de la vase a 12,5% après l'ajout de la boue résiduaire.

➤ Vase 15%+Boue :

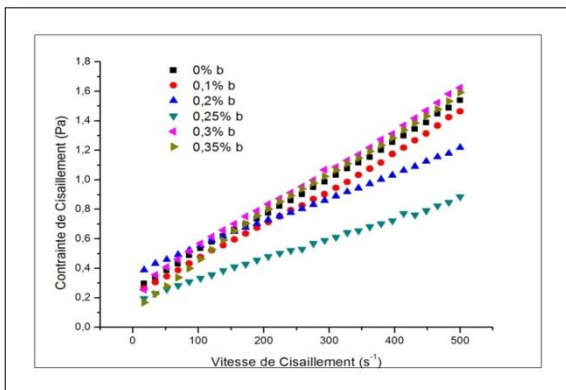


Figure 9 Courbe d'écoulement de la vase Cv15%+différentes concentration de Boue Cvb.

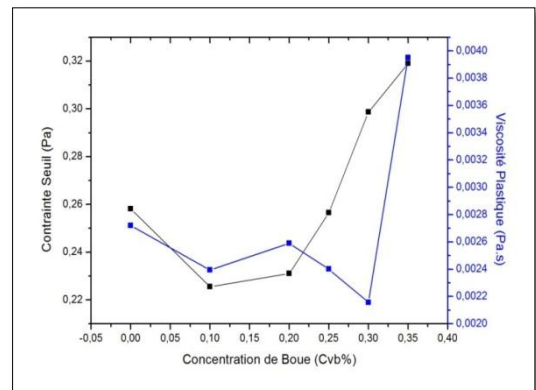


Figure 10 évolution des paramètres de l'écoulement de la vase a 15% après l'ajout de la boue résiduaire.

La contrainte de cisaillement a été diminuée avec l'ajout de certaines concentrations de boue résiduaire, par exemple pour le mélange de vase à 10% on n'a pas de réduction sur les courbes d'écoulement, or sur le mélange de vase 12,5%, C_{vb} de 0,2% a donné une réduction et sur le mélange de vase 15% les concentrations de boue de 0,1, 0,2 et 0,25 ont bien réduit la courbe d'écoulement.

En comparant le seuil de l'écoulement la vase sans ajout de boue et après l'ajout pour la même concentration de vase, qu'on peut déduire le taux de réduction sur la contrainte seuil.

$$\text{Pour cela on calcule } T_R = \frac{\tau_{0.vase} - \tau_{0.vase+boue}}{\tau_{0.vase}} * 100\%$$

$T_R > 0$: il y a une réduction de seuil de l'écoulement
 si: $T_R = 0$: il y a aucune réduction de seuil de l'écoulement
 $T_R < 0$: il y a une augmentation de seuil de l'écoulement

Tableau 1 Taux de réduction pour la contrainte seuil après l'ajout de la boue

Cv%	Cb%	Réduction(%)	Cv%	Cb%	Réduction(%)	Cv%	Cb%	Réduction(%)
10%	0%	0	12,50%	0%	0	15%	0%	0,0
	0,10%	10,81		0,10%	1,57		0,10%	12,6
	0,20%	15		0,20%	23,7		0,20%	10,6
	0,25%	16,23		0,25%	56,74		0,25%	0,5
	0,30%	-25,84		0,30%	9,41		0,30%	-15,8
	0,35%	-41,3		0,35%	-29,11		0,35%	-23,5

Cette réduction de la traînée a été expliquée par plusieurs auteurs, par exemple (Lumley, 1969) suppose que la turbulence près de la sous couche visqueuse laminaire est fortement influencée par une viscosité effective due au caractère non-newtonien de la solution. D'où l'augmentation de l'épaisseur de cette sous couche visqueuse avec comme conséquence la réduction de gradient de vitesses donc, du taux de cisaillement près de la paroi.

(Tabor & Gennes, 1986) pensent que la réduction de traînée est due essentiellement au développement d'une viscoélasticité même à faible concentration en additifs sans invoquer l'hypothèse d'effets visqueux de (Lumley, 1969). Une partie de l'énergie élastique provoquée par l'écoulement de la solution est emmagasinée dans les macromolécules et agit directement sur le caractère dissipatif du système, ce qui provoque une réduction de l'énergie turbulente. Cette théorie prévoit aussi une concentration micellaire critique appelée CMC, au-dessous de laquelle la réduction de traînée ne peut se manifester.

Beaucoup d'autres mécanismes sont avancés pour expliquer la réduction de la traînée. En analysant la turbulence de ces solutions, (Rabin & Zielinska, 1989) supposent que

cette réduction est due essentiellement à la réorganisation des tourbillons et à la présence d'une énergie élastique due aux molécules d'additifs(Zakin Jacques, Lu, & Bewersdorff, 1998) ainsi que(Drappier, et al., 2006) relie la réduction de la traînée à un changement de comportement rhéologique au contact de la paroi.

4. CONCLUSION :

Le but de ce travail est d'étudier le comportement rhéologique de la vase de barrage de fergoug afin de prévoir son écoulement lors du refoulement dans les conduites, ainsi nous avons proposé une solution pour diminuer la grande consommation d'énergie par l'utilisation de la boue résiduaire comme un lubrifiant et réducteur de frottement.

5. BIBLIOGRAPHIE :

Drappier, J., Divoux, T., Amarouchene, Y., Bertrand, F., Rodts, S., Cadot, O., Meunier, J., & Daniel, B. (2006). Turbulent drag reduction by surfactants. *EPL (Europhysics Letters)*, 74, 362.

J.C. Baudez , F. M., N. Eshtiaghi , P. Slatter (2011). The rheological behaviour of anaerobic digested sludge. *water research*, 45, 5675-80.

Lumley, J. L. (1969). DRAG REDUCTION BY ADDITIVES. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 1, 367-&.

M. Benedini, G. M. (1974). Rhéologie des mélanges d'eau et d'argile. *Rheological. Acta*, 13, 289-95.

P. Coussot, J.-M. P. (1994). On the behavior of fine mud suspensions. *Rheologica Acta*, 33, 175-84.

Rabin, Y., & Zielinska, B. J. A. (1989). Scale-dependent enhancement and damping of vorticity disturbances by polymers in elongational flow. *Physical Review Letters*, 63, 512-15.

Tabor, M., & Gennes, P. G. d. (1986). A Cascade Theory of Drag Reduction. *EPL (Europhysics Letters)*, 2, 519.

Zakin Jacques, L., Lu, B., & Bewersdorff, H.-W. (1998). Surfactant Drag Reduction. In *Reviews in Chemical Engineering* (Vol. 14, pp. 253).