Une approche paramétrique pour l'analyse du pouvoir d'adsorption du cadmium sur une bentonite naturelle saturée

Azzedine OULARBI¹

1. Université Saad DAHLAB 1 de Blida, Faculté des Sciences et Technologies,
Département Sciences de l'Eau et Environnement, Route de Soumaa, BP 270,
09000 Blida, Algérie.
oularbiazzedine@yahoo.fr

Résumé :

L'objectif de cette communication consiste en la caractérisation d'une bentonite brute d'origine Algérienne vis-à-vis de la rétention par adsorption d'un polluant sous forme d'une solution métallique de nitrates de cadmium ($\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$).

Des tests sur différents échantillons ont été menés à l'échelle du laboratoire suivant un protocole bien précis de telle manière à analyser le pouvoir de rétention et de fixation.

Les résultats des différents essais expérimentaux ont permis de montrer une évolution de la rétention des métaux lourds sur la matrice de la bentonite en fonction du temps de contact, de la température, du pH et du ratio liquide/solide. A l'issue de ces résultats, le procédé d'adsorption, opéré sur une bentonite brute, pourrait constituer une alternative pratique et économique pour le traitement, entre autre, des sédiments de dragage des ports, d'autant plus que, même à faible concentration, l'adsorption semble rapide et le rendement de rétention satisfaisant.

Mots-clés : Sédiments, Bentonite, Cadmium, Adsorption, Rétention.

1. Introduction

La bentonite dont le constituant principal est la montmorillonite, joue un rôle majeur dans le processus d'élimination de composés organiques et inorganiques.

Des résultats issus de travaux de recherche ont montré que la capacité de fixation et de rétention de métaux lourds tels que le cadmium, le plomb, le zinc et le cuivre par des sédiments est conditionnée par leur granulométrie, leur structure particulaire et leur composition chimique (DEVALLOIS, 2009). Des analyses de sédiments à composition granulométrique fine, tel que la bentonite, ont révélées des concentrations élevées en éléments traces métallique E.T.M. (BOUST *et al.*, 1999).

Cette étude traite de la performance du procédé de dépollution de métaux lourds par une argile naturelle, en examinant la question des interactions entre la bentonite en tant que sédiment vis-à-vis du polluant cadmium sous l'action de différents facteurs. Cette argile est disponible dans les gisements de l'ouest algérien.

L'objectif principal de cette étude consiste en la détermination du taux de rétention du cadmium sur la bentonite par le mécanisme d'adsorption dans les milieux aqueux.

2. Caractérisation de la bentonite utilisée

Toutes les expériences relatives à cette étude ont été réalisées sur un même lot de bentonite brute commercialement disponible et dont les principales caractéristiques sont résumées dans le tableau 1.

L'analyse chimique de la bentonite utilisée révèle une très forte concentration en silice avec un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ d'environ 4.72 dont la valeur correspond à l'indice d'une montmorillonite caractérisée par un très fort pouvoir adsorbant.

L'examen des valeurs des caractéristiques physico-chimiques de la bentonite (tableau 2) révèle une faible teneur en eau et une valeur relativement élevée du taux de matière organique.

On note qu'avec un pourcentage de sodium légèrement plus élevé que celui du calcium, un caractère sodique de l'adsorbant testé. Ceci suggère qu'on est en présence d'une montmorillonite sodique dont le pouvoir de dispersion en eau douce est élevé.

Tableau 1. Analyse chimique de la bentonite naturelle testée (% en poids).

Éléments	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	TiO_2	As	Na_2O
%	69,4	14,7	1,2	0,3	1,1	0,8	0,2	0,05	0,5

Tableau 2. Caractéristiques physico-chimiques de la bentonite naturelle utilisée.

Caractéris- tiques physico- chimiques	Densité apparente	Densité réelle	Surface spécifique (m^2/g)	CEC ($\text{még}/100\text{g}$)	Teneur en eau (%)	Matière sèche (%)	Matière organique (%)	Cendre (%)	pH
Valeurs	1,05	2,09	872	65	0,07	99,93	13,67	86,33	8,59

3. Procédure expérimentale

Les expériences effectuées en laboratoire suivant un protocole d'essais en batch dont le mode opératoire est bien adapté pour l'étude, dans une première approche, du mécanisme d'adsorption.

Des études de la cinétique d'adsorption sont menées pour déterminer les quantités fixées de l'adsorbat depuis sa mise en contact jusqu'à un temps précis d'agitation. Pour une série d'échantillons, les masses de l'adsorbant ainsi que les concentrations initiales du micropolluant en $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ sont toutes identiques.

Les principaux paramètres pris en compte lors de cette étude sont : le temps de contact, le ratio liquide/solide et la concentration initiale du micropolluant. L'ensemble des essais est conduit à une température ambiante de 25 °C et avec un pH de 5.

4. Résultats et discussion

Pour tous les types d'essais réalisés lors de cette étude, la cinétique d'adsorption est analysée à partir des courbes de variation de la quantité adsorbée de Cd^{2+} et du rendement de rétention en fonction du temps.

On remarque à partir de l'observation des courbes expérimentales (figure 1a) une allure assez typique caractérisée par deux phases ; une première phase assez rapide quasi linéaire due à l'affinité du support vis-à-vis de la rétention du cadmium, suivie d'un palier de saturation où l'adsorption atteint son rendement maximal (figure 1b).

4.1 Influence de la composition granulométrique sur le processus d'adsorption

Afin d'apprécier l'influence de la granulométrie sur la cinétique d'adsorption, on a analysé le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre d'adsorption pour trois compositions granulométriques différentes de bentonite respectivement $1 \leq \varnothing \leq 2 \text{ mm}$, $0.4 \leq \varnothing < 1 \text{ mm}$ et $\varnothing < 0.4 \text{ mm}$. Une analyse comparative a révélé que la bentonite de composition granulométrie fine $\varnothing < 1 \text{ mm}$ est plus efficace d'un point de vue cinétique avec un temps de contact n'excédant pas les 60 minutes et un rendement de fixation de plus de 80 %.

Des résultats d'études expérimentales similaires confirment la même tendance dans la cinétique de l'adsorption du cadmium de l'argile avec des rendements identiques (STEGGER, 1973).

Figure 1. Cinétique d'adsorption (Fig. 1a) et rendement de fixation (Fig. 1b) du cadmium sur une bentonite brute de composition granulométrique différente.

4.2 Influence de la masse de l'adsorbant sur la capacité d'adsorption

Pour chacun des paramètres étudiés, on a analysé la variation de la quantité adsorbée de cadmium en fonction de la masse initiale de l'adsorbant (bentonite à l'état brute), la

concentration initiale du cadmium en solution étant maintenue constante. Pour ce faire, on a adopté différents ratio liquide/solide pour un volume constant.

La courbe de variation de Ca en fonction de la masse de l'adsorbant (figure 2a) révèle que la capacité d'adsorption du cadmium évolue avec la masse initiale de l'adsorbant avant d'atteindre un seuil constant à partir d'une valeur limite de 400 mg. Cette évolution quasi linéaire observée sur l'intervalle considéré peut s'expliquer par un accroissement de la surface d'échange cationique et que le maximum de la capacité d'adsorption est atteint lorsque la masse de l'adsorbant provoque une agrégation des particules résultant de la décroissance de la surface d'adsorption et d'un accroissement de la durée de diffusion interstitielle, ce qui peut entraîner une diminution de la quantité adsorbée par unité de masse (SHUKLA *et al.*, 2002). Par ailleurs, on note que les meilleurs résultats obtenus pour la capacité d'adsorption, telle que le montre la figure 2b, sont associés à une masse d'adsorbant de m_a de 100 mg ce qui correspond à un ratio liquide/solide de 1/2 pour un temps de contact de 4h.

Figure 2. Capacité d'adsorption du cadmium par une bentonite naturelle de composition granulométrique fine avec $\varnothing < 1\text{mm}$.

5. Conclusion

L'objectif de cette étude a été de tester le pouvoir d'une bentonite naturelle vis-à-vis de l'élimination de cadmium. Le choix s'est porté sur l'adsorption en utilisant une bentonite naturelle du fait que ce procédé se rapproche beaucoup du phénomène naturel lors des interactions argiles/polluants. Ceci nécessite une caractérisation succincte de l'adsorbant suivie d'une évaluation de la capacité de rétention à l'égard du cadmium par un procédé de simulation expérimentale.

A l'issue des résultats des essais réalisés pour l'étude de la cinétique d'adsorption on a pu observer que la bentonite à structure fine de granulométrie $\varnothing < 1\text{ mm}$ était plus performante et que cette performance est améliorée avec un apport progressif en dose de

bentonite. Par ailleurs, le meilleur rendement au niveau de la capacité de rétention, est obtenu pour un ratio liquide/solide de 1/2.

Au final, une bentonite naturelle, en volume important, pourrait être utilisée dans les projets d'aménagement de site de stockage fluviaux et/ou estuariens. La technique consiste à tapisser la chambre de dépôt de couches sous-jacente de telle manière à éviter la migration des contaminants contenus dans les sédiments vers le milieu extérieur.

6. Références bibliographiques

DEVALLOIS V. (2009). *Transferts et mobilité des éléments traces métalliques dans la colonne sédimentaire des hydro-systèmes continentaux*. Thèse de Doctorat, Université de Provence.

BOUST D., FISCHER J.C., OUDDANE B., PETIT F., WARTEL M. (1999). *Fer et Manganèse: réactivité et recyclage*. Rapport Seine Aval, Ifremer, 40 p.

SHUKLA A., ZHANG Y.H., DUBEY P., MARGRAVE J.L., SHUKLA S.S. (2002). *The role of sawdust in the removal of unwanted materials from water*. Journal of Hazardous Materials Vol. 95(1-2), pp 137-52. [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3894\(02\)00089-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3894(02)00089-4)

STEGER H.F. (1973). *On the mechanism of the adsorption of trace copper by bentonite*, Clays and Clays minerals, Vol. 21, pp 429-436.

*Côtes méditerranéennes menacées :
Risques et défis dans le contexte du changement climatique*