



Contribution à l'étude de l'élimination du chrome (VI) par le kaolin naturel de Tamazert

GUENDOOUZ Safia⁽¹⁾ and REBBANI Nacer⁽²⁾

Laboratoire de traitement des eaux et valorisation des déchets industriels, Département de chimie,
université Badji Mokhtar Annaba

safiachimie@yahoo.fr

Résumé

Le présent travail a pour objectif l'étude de l'immobilisation des ions chrome (Cr^{+6}) dans une solution aqueuse par adsorption sur un kaolin naturel (KN). Des essais en batch ont été réalisés afin d'étudier l'effet de la masse de kaolin naturel, du pH, du temps de contact et de la température sur l'adsorption. La capacité ultime d'adsorption trouvée pour une masse argile de 100 g.l^{-1} ; à $\text{pH}=2$, pendant 60 min de contact et à une température de $40 \text{ }^\circ\text{C}$ est $Q_e = 5.15 \text{ mg.g}^{-1}$. L'équilibre adsorbant-adsorbé a été bien décrit par le modèle cinétique de pseudo-second ordre.

Mots clés: adsorption, chrome hexavalent, kaolin

1. Introduction

Les métaux lourds entrent dans une grande part de la pollution de l'environnement et provoquent de graves risques sur la faune et la flore [1,2]. L'élimination des métaux lourds des milieux récepteurs est devenue indispensable, au vu de leur toxicité, même à de très faibles teneurs [3]. La pollution du littoral Algérien par les métaux lourds a fait l'objet de quelques travaux concernant la pollution des eaux et des sédiments [4,5]. Les résultats obtenus par ces derniers ont permis de signaler une pollution bien prononcée de chrome, qui est présent en quantité élevée ($80 \mu\text{g/g}$) dans les sédiments marins [6].

L'objectif de cette étude est de vérifier la possibilité d'emploi du kaolin naturel du gisement de Tamazert d'El Milia (Est Algérien) comme support pour l'immobilisation des ions chrome hexavalent d'une solution aqueuse. A cet effet, les différents paramètres qui contrôlent l'immobilisation des ions Cr^{+6} par le KN (masse du solide, pH de la solution, temps de contact et température) ont été optimisés. Les études cinétiques ont aussi été réalisées.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

L'échantillon argileux a été fourni par l'entreprise nationale d'exploitation des substances utiles et des non ferreux (ENOF) (El Millia, Algérie). Les roches blanches du kaolin naturel ont été bien broyées. La poudre obtenue a été purifiée et acidifiée par une solution de HCl (0.1 N) puis filtrée. La pâte obtenue a été lavée avec l'eau distillée jusqu'à stabilisation du pH de sa suspension, puis a été filtrée et séchée à une température d'environ 105°C [7].

La composition chimique de cette argile donnée par l'Entreprise Nationale (ENOF) est: SiO_2 (67.90%), Al_2O_3 (18.60%), Fe_2O_3 (0.58-1.22%), TiO_2 (0.31%), MgO (0.22%), Na_2O (0.39%), K_2O (0.82-3.18%) et CaO (0.07%). Sa surface spécifique BET (S_{BET}) est égale à $14.035(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$ [8].

2.2. Méthode

Les ions Cr (VI) sont obtenus par dissolution d'une quantité bien déterminée de $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Fluka) dans l'eau bidistillée. Leur dosage est réalisé par spectrophotométrie sous forme d'un complexe formé avec le diphényle carbazide (Prochima) sous une longueur d'onde $\lambda=540 \text{ nm}$ [9].

Les pH des solutions sont ajustés à l'aide d'une solution de HCl (1N) et NaOH (1 N).

Tous les essais de fixations sont réalisés sous agitation.

L'efficacité d'élimination de Cr^{+6} est calculée par l'équation (1):

$$R = \frac{C_0 - C_e}{C_0} * 100 \quad (1)$$

Où, R est le rendement (%); C_0 et C_e sont respectivement les concentrations initiales et à l'équilibre (mg.l^{-1})

La quantité adsorbée est calculée en utilisant l'expression suivante:

$$Q_{ads} = \frac{C_0 - C_e}{m} * V \quad (2)$$

Où: Q_{ads} : quantité adsorbée ($mg.g^{-1}$), C_0 :

concentration initiale ($mg.l^{-1}$), C_e : concentration d'équilibre ($mg.l^{-1}$), V : volume de la solution (L),
 m : masse de kaolin (g).

3. Résultats et discussion

3.1. Détermination de la dose argileuse

D'après la figure 1 qui représente l'effet de la dose argileuse sur l'adsorption du Cr (VI) sur le kaolin naturel (KN), on remarque que pour des doses de 25 à 150 $g.l^{-1}$ de kaolin et 50 ml de solution de concentration de 20 $mg.l^{-1}$ en Cr (VI), la quantité adsorbée augmente avec la dose argileuse et elle est maximale ($R=88,50\%$) pour 100 $g.l^{-1}$. Cette masse est retenue pour les essais ultérieurs.

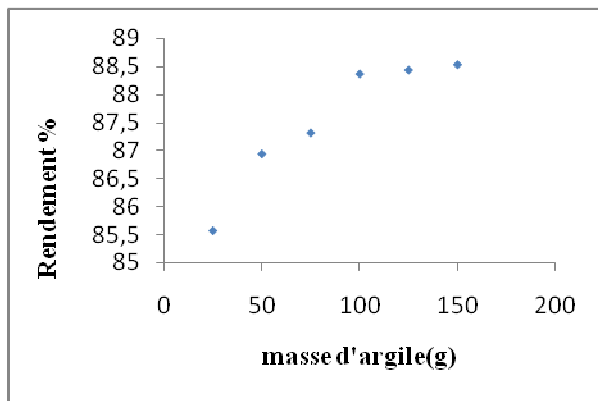


Fig.1. Effet de la dose argileuse sur l'adsorption de Cr(VI) sur le kaolin naturel

3.2. Effet du pH

La fixation des micropolluants par l'argile dépend du pH qui a un effet sur la spéciation des composés et des matériaux. Afin d'étudier l'influence du pH sur la cinétique de l'adsorption de Cr(VI) sur le KN, nous avons mené une série d'expériences en utilisant des solutions de Cr (VI) de concentration égale à 150 $mg.l^{-1}$ mises en contact avec 100 $g.l^{-1}$ de KN et à des pH variant entre 1.0 et 7.0 à température ambiante.

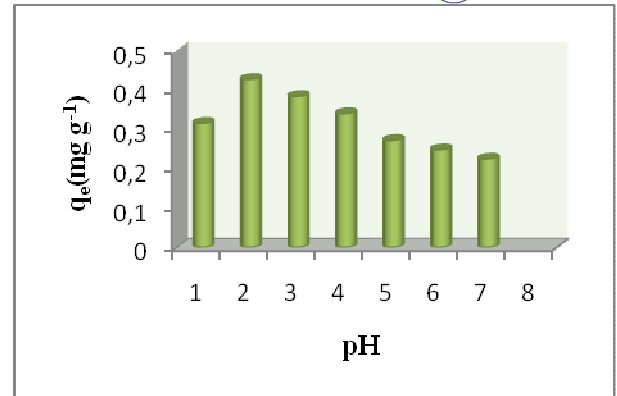


Fig.2. Effet du pH sur l'adsorption de Cr(VI) sur KN

D'après la figure 2, la rétention maximale des ions Cr(VI) a été observée à pH 2.0. Il est clair que l'argile minérale est riche en divers oxydes. Selon la distribution d'espèces de Cr (VI) représentées sur la figure 3, nous pouvons dire que la majorité des ions du Cr(VI) qui coexistent dans la solution à pH 2.0 est sous forme de $HCrO_4^-$.

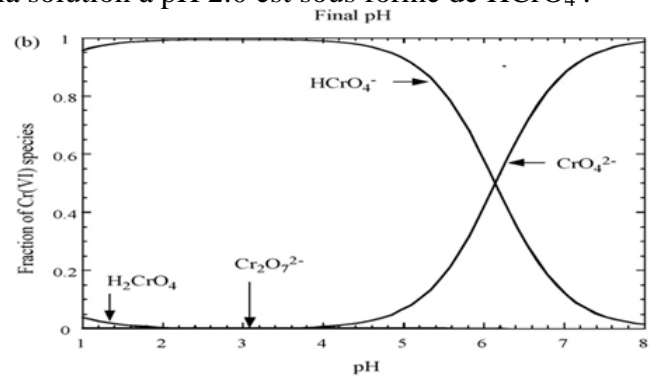
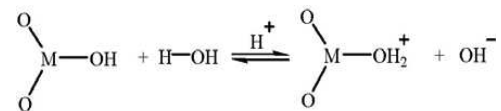


Fig.3. Distribution de Cr^{+6} comme espèces en fonction du pH [10]

L'argile est constituée d'oxydes. Les oxydes en solution, à pH inférieur au pH du point zéro charge, ont tendance à former à la surface des aqua complexes chargés positivement [11].



Où "M" représente Si, Al, etc

Cette réaction explique la diminution de l'adsorption avec l'augmentation du pH puisqu'à pH élevé, le nombre d'aqua complexes diminue ce

qui entraîne une diminution de l'attraction de l'espèce du chrome, chargé négativement.

3.3. Etude de la cinétique d'adsorption

La cinétique d'adsorption nous permet de déterminer le temps de contact nécessaire pour l'établissement de l'équilibre. De ce fait, nous avons procédé au suivi du le taux de fixation de Cr(VI) d'une solution de concentration initiale de 20 mg.l⁻¹ par le KN en fonction de temps. Les résultats de la cinétique d'adsorption de Cr (VI) sur le KN sont illustrés par la figure 4.

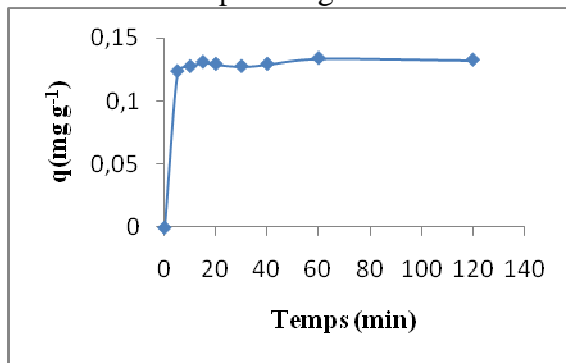


Fig.4. Cinétique d'adsorption de Cr (VI) sur le KN

D'après l'allure de la courbe $Q_{ads}=f(t)$, nous remarquons une forte fixation dès le début de processus de contact et l'équilibre est rapidement atteint (5 minutes de contact). La rapidité de contact, peut être interprétée par le fait qu'en début d'adsorption, le nombre des sites actifs disponibles à la surface du matériau adsorbant, est beaucoup plus important que celui des sites restant après un certains temps [12]. A ce niveau, il y a un pseudo-équilibre entre les vitesses d'adsorption et de désorption, l'adsorption devient relativement plus lente ce qui donne l'impression d'un équilibre.

3.4. Modélisation de la cinétique

La forme linéaire du modèle de pseudo first ordre (PFO) est donnée par la formule suivante:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (3)$$

Où : k_1 (min⁻¹) est la constante de vitesse, q_t (mg g⁻¹) et q_e sont respectivement les quantités de Cr(VI) adsorbées par unité de masse à l'instant t et à l'équilibre.

La forme linéaire du modèle de pseudo second ordre (PSO) est présentée par l'expression suivante:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (4)$$

Où: k_2 (g mg⁻¹min⁻¹) est la constante de vitesse et q_e (mg g⁻¹) est la quantité de Cr(VI) adsorbée à l'équilibre.

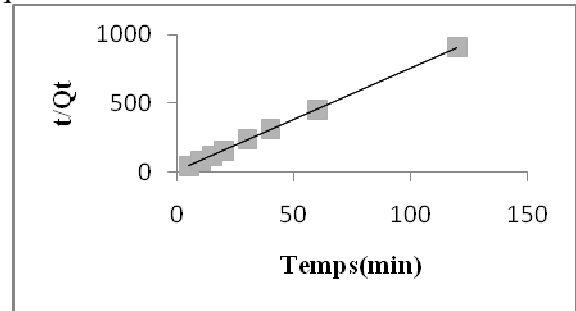


Fig.5. Modèle PSO pour l'adsorption du Cr (VI) sur le KN

L'étude de la courbe représentée par la figure (5) nous permet de calculer les paramètres de la cinétique d'adsorption. Les résultats sont regroupés dans le tableau I.

Tableau I. Paramètres de la cinétique d'adsorption de Cr (VI) sur le kaolin

Modèle					
PFO			PSO		
K_1 (min ⁻¹)	q_e (mg g ⁻¹)	R^2	K_2 (g mg ⁻¹ min ⁻¹)	q_e (mg g ⁻¹)	R^2
22	0,0027	0,211	12,4533	0,1331	0,999

Après traitement de ces résultats, nous remarquons que notre processus d'adsorption est en bonne corrélation avec le modèle PSO ($R^2=0,999$).

Conclusion

Cette étude a montré que le kaolin naturel de Tamazert (Est Algérien) pourrait être utilisé comme nouvel adsorbant des ions de chrome hexavalent à partir du milieu aqueux. L'immobilisation des ions Cr(VI) est contrôlée par différents facteurs (pH_{solution}, $t_{contact}$ et T). Sous les conditions optimales d'adsorption déterminées, le KN donnent une capacité



Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement

12 - 14 Mars 2019, Ouargla (Algérie)



d'adsorption maximale de Cr(VI) de $Q_{\max}=5.15 \text{ mg.g}^{-1}$

¹. Pour les données expérimentales obtenues, la cinétique d'adsorption est mieux décrite par le PSO que par le PFO ($R^2=0.999$).

Référence

- [1] P Trivedi, L. Axe, Modeling Cd and Zn sorption to hydrous metal oxides, *Environmental Science & Technology*, 34 (2000) 2215–2223.
- [2] D.M. Dong, X.Y. Hua, Y. Li, J. Zhang, D.Yan, Chemical processes at the water-manganite (-MnOOH) interface, *Environmental Science & Technology*, 37(2003) 4106–4112.
- [3] A. Sari, M. Tuzen, D. Citak, M. Soylak; *J. Hazard. Mater.*, 148 (2007) 59-63.
- [4] T. Nouar, A. Toumi, D. Messadi., *Journal de l'Eau et de l'Environnement*, (2005) 34-40.
- [5] A. Kadi., *Journal of Hydrological Sciences*, 42 (1997) 191-197.
- [6] N. Ouali, F. Derradji, Y. Bouhedja, C. Kasdarli, *Phy. Chem. News*, 42 (2008) 139-143.
- [7] N Ouis, N Benharrats, M Belbachir ; *C.R.Chimie*, 7 (2004) 955-962
- [8] D Merabet, H Belkacemi ; *Ann. Chim. Sci. M at.*, 28 (2003) 61-83
- [9] J.Rodier, "L'analyse de l'eau", 8^{ème} édition, Dunod Paris 2005.
- [10] C-H Weng, Y.C Sharma, Sue-Hua Chu ; *Journal of Hazardous Materials*, 155 (2008) 65-75
- [11] M. Özacar , I.A. Şengil, *J. Hazard. Mater.*, B98 (2003) 211–224.
- [12] B Benguella, A Yakouta-Nour ; *C.R. Chimie*, 12(2009) 762-771