

Etude potentielle de mélange des adsorbants naturels (grignons d'olive et noyaux de dattes) pour l'adsorption du chrome

H. Aksas*, H. Cherifi-Naci, N. Babaci, K. Louhab

Laboratoire de Recherche et de Technologie Alimentaire (LRTA)
Université M'hamed Bougara Boumerdes Algerie

*Corresponding author: aksas_ha@yahoo.fr ; Tel.: +2137 93 84 86 06

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 07/01/2016

Accepted : 09/01/2016

Mots clés:

Chrome;
Adsorption;
Mélange d'adsorban;
Grignons d'olive;
Noyaux de dattes.

Key Words:

Chromium;
Adsorption;
Mixture of adsorbents;
Olive stone;
Date pits.

ABSTRACT/RESUME

Résumé: Cette étude a pour objectif d'étudier le potentiel d'utilisation de matériaux naturels (mélange homogène de noyaux de dattes et de grignons d'olives) issus de l'activité d'agriculture pour le traitement des eaux usées, chargées en polluant métallique: le chrome. Ces deux matériaux ont été activés chimiquement par l'acide phosphorique, en les mélangeant à différents pourcentages, afin d'obtenir une solution solide homogène et d'améliorer leur capacité adsorptive.

L'adsorption des ions du chrome est étudiée en milieu dispersé (batch) à la fois sur les matériaux pur et à l'état du mélange à différentes proportions, composées d'une quantité fixe en noyaux de dattes (ND), et des quantités du grignon d'olive (GO) variées.

Les résultats d'adsorption du chrome montrent: qu'elle est maximale à un pH =5.6, croît avec la température et avec la concentration initiale du chrome dans la solution. Le modèle de Langmuir stimule mieux les isothermes d'adsorption du chrome que d'autres modèles étudiés (avec un coefficient de corrélation de 0.9988 pour (88% NDI, 12% GOI). L'adsorption du chrome augmente avec l'augmentation du taux du grignon d'olive dans le mélange d'adsorbant (grignon d'olive et noyau de date).

Abstract: This study aims to investigate the potential use of natural materials (homogeneous mixture of date pits and olive stone) from agricultural activity for the treatment of wastewater, loaded with metal pollutant: chromium. These two materials were chemically activated with phosphoric acid, by mixing with various percentages to obtain a homogeneous solid solution and improving their adsorptive capacity. The adsorption of chromium ions is studied in a dispersed medium (batch) both on the pure materials and the state of the mixture in different proportions, composed of a fixed amount in date pits (ND), and the quantities of olive stone (GO) varied.

The chromium adsorption results show: it is maximum at pH = 5.6, increases with temperature and with the initial chromium concentration in the solution. The Langmuir model better stimulates the adsorption isotherms of chromium other models studied (with a correlation coefficient of 0.9988 for (NDI 88%, 12% GOI). The adsorption of chromium increases with increasing rate of olive olive in the adsorbent mixture (olive stone and date pits).

I. Introduction

La protection de l'environnement est devenue un enjeu économique et politique majeur car tous les pays du monde sont concernés par la sauvegarde des ressources en eau douce [1].

Actuellement, les rejets d'eaux industrielles contenant des quantités relativement importantes de substances métalliques [2], constituent un problème de plus en plus préoccupant. Leur présence dans les effluents est une menace pour tout organisme biologique [3]. En effet, Le secteur de l'eau demeure caractérisé par l'acuité de certains problèmes notamment la dégradation qualitative et quantitative des ressources en eau [4], auxquels s'ajoutent ceux causés par les conditions climatiques et la prolifération des foyers de pollution [5]. L'eau devient ainsi un vecteur de pollution [6]. (L'Algérie a par ailleurs promulgué un décret le 10 juillet 1993 [7] concernant les concentrations en métaux des eaux de rejet des installations industrielles)

Certains de ces processus sont : la coagulation, la flottation, la précipitation chimique l'ultrafiltration, la méthode électrochimique et l'adsorption⁶. L'utilisation du charbon dans le processus d'adsorption est également très sollicitée [8]. Le charbon actif présente une forte capacité d'adsorption due essentiellement à sa grande surface spécifique [9], mais ce procédé reste très coûteux.

L'attention a été focalisée par la suite, sur l'utilisation de nouveaux adsorbants à base de matériaux naturels [10]: Grignons d'olive et noyaux de datte. Surtout au cours des dernières années, diverses études ont démontré le potentiel de divers adsorbants naturels pour la récupération des métaux lourds en solution [11].

II. Matériel et méthodes

Les grignons d'olives: Les grignons d'olives utilisés dans cette étude, ont été prélevés au niveau de la région de Lakhdaria, durant la période oléicole 2008-2009.

Avant l'activation chimique, ces grignons d'olive sont lavés plusieurs fois à l'eau courante pour éliminer les poussières et les impuretés adhérentes, ainsi que les substances hydrosolubles jusqu'à obtention d'une eau de lavage claire, puis rincés à l'eau distillée. Ensuite mis en contact avec de l'hexane pendant 48heures, pour éliminer les huiles résiduelles, et enfin lavés avec de l'eau distillée plusieurs fois et séchés à l'étuve à 105°C.

Les noyaux de dattes: Les noyaux de datte utilisés proviennent de la région d'El Djelfa. Les noyaux de dattes concassées subissent les mêmes étapes de préparation que les grignons d'olives.

Traitement des adsorbants: Une fois, les grignons d'olive et noyaux de dattes sont séchés, on prépare des différents échantillons à base de

mélange de ces deux matériaux, avant leurs activations chimiques. Ces mélanges sont donnés dans le tableau:

Tableau 1. Différents pourcentages de grignons d'olives et noyaux de dattes dans le mélange

Numéro d'échantillon	Pourcentage de grignons d'olives dans le mélange	Pourcentage de noyaux de dattes dans le mélange
1	0	100
2	100	0
3	80	20
4	88	12

III. Resultats et discussion

III.1 Effet de la température

L'effet de la température sur la sorption de Cr a été étudié en utilisant trois températures différentes 10, 25 et 45°C avec une composition différente du mélange des grignons d'olives et noyaux de dattes.

La solution a été filtrée et la concentration en Cr du filtrat a été analysée, en utilisant spectrophotomètre d'absorption atomique SAA.

III.2 Effet du pH

La quantité de chrome adsorbée en mg par gramme du mélange a été calculée, les expériences ont été réalisées dans les conditions de température constante (25 ° C), la vitesse d'agitation (350 rpm), le temps de contact (2h), la dose d'adsorbant (0,2g/l) et de la concentration initiale de chrome (1007 mg/l). PH de la solution a été modifié et l'élimination du chrome a été étudiée.

Les résultats expérimentaux sont présentés sur la fig. 2. Le pH optimum de la solution a été observé à un pH de 5. L'augmentation du pH provoque une diminution drastique entre l'adsorbat et l'adsorbant chargé de façon opposée qui conduisent finalement à la réduction de la capacité d'adsorption [12]. L'adsorption du chrome hexavalent varie en fonction du pH [13] avec H_2CrO_4 , $HCrO_4^-$, $Cr_2O_7^{2-}$ et ions CrO_4^{2-} . À un pH de 2, $HCrO_4^-$ est l'espèce dominante. La charge de surface du mélange (grignons d'olives et noyaux de dattes) est positive à un pH faible, ce qui peut favoriser la liaison négative.

III.3 Effet de la concentration initiale

Pour atteindre les valeurs maximales de capacité d'adsorption du chrome, qui représentent la saturation de tous les sites actifs disponibles sur la surface de l'adsorbant, nous avons étudié l'influence de la concentration initiale en ions chrome. En prenant en considération une gamme de concentrations initiales du chrome à savoir: 356mg/l; 534 mg/l; 712 mg/l; 1007 mg/l et 1246 mg/L.

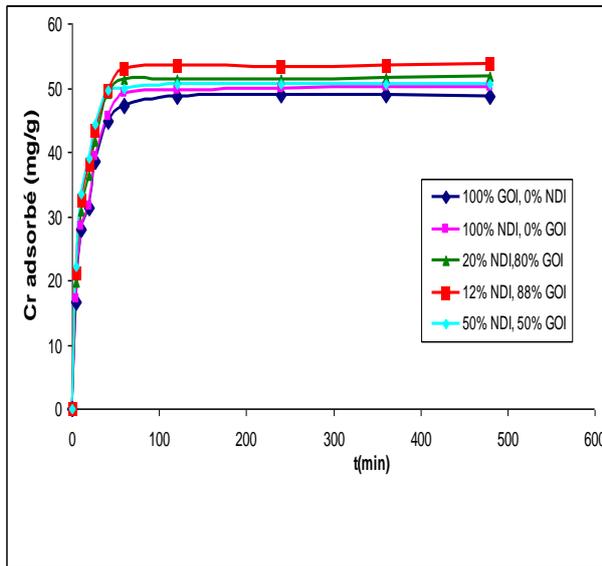


Figure 1. Effet du temps du contact sur la capacité d'adsorption du chrome (Dose d'adsorbant=0,2g/15ml, pH=5.6, $C_0=1007\text{mg/l}$, $W=350\text{tr/min}$, $T=25^\circ\text{C}$)

Les essais ont été effectués dans les conditions opératoires suivantes:

Concentration de l'adsorbant 13,3g/l, Vitesse d'agitation 350 tr/min, Temps d'agitation 120 min, pH fixe à 5.6 et à une température de 25 °C

La capacité d'adsorption du chrome passe de 42.61mg/g à 53.81mg/g et de 46.49mg/g à 57.39mg/g, quand la concentration initiale du chrome passe de 356mg/l à 1246 mg/l, avec l'utilisation de 100% NDI seul, et de (12%NDI, 88% GOI) respectivement.

A des concentrations plus élevées en chrome, le nombre de sites d'adsorption diminue, ce qui fait diminuer la capacité d'adsorption du chrome [14,15].

La capacité d'adsorption du chrome augmente avec la concentration initiale du chrome, pour tout mélange utilisé.

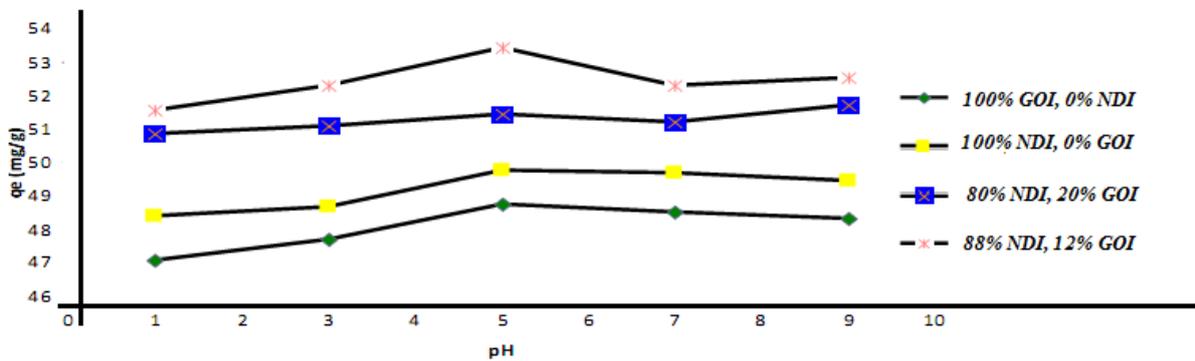


Figure 2. Effet du pH sur l'adsorption du chrome par l'utilisation d'un mélange du GOI et NDI ($C_0=1007\text{mg/l}$, $t=120\text{min}$, $w=350\text{tr/min}$, $T=25^\circ\text{C}$)

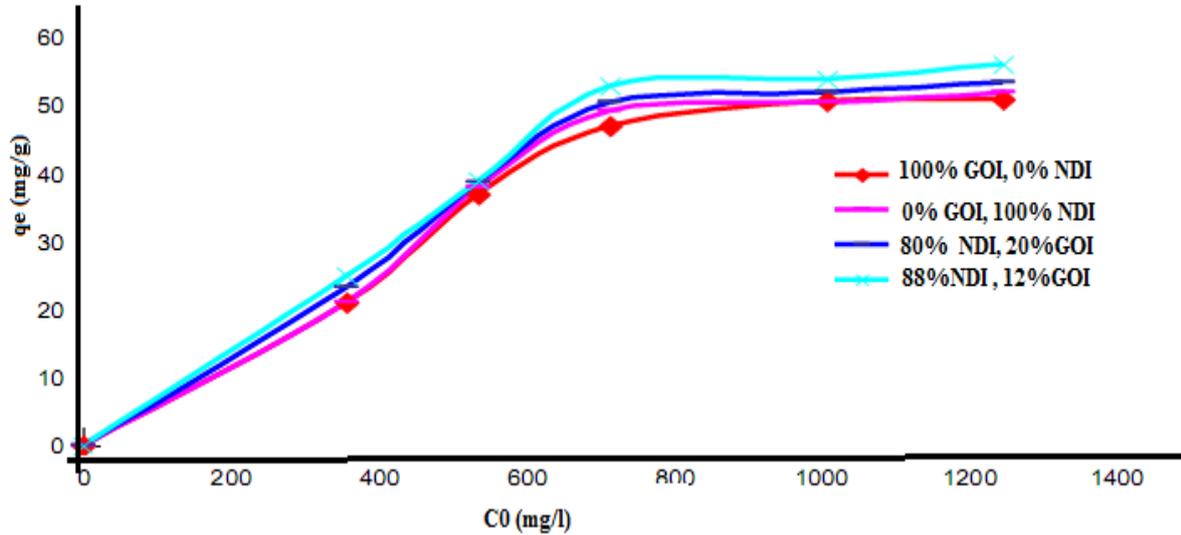


Figure 3. Capacité d'adsorption du chrome en fonction de la concentration initiale du chrome ($t=120 \text{ min}$; $W= 350 \text{ tr/min}$; $T= 25^\circ\text{C}$, $\text{pH}=5.6$).

Isothermes d'adsorption

La nature de l'adsorption peut être décrite en reliant la capacité d'adsorption (masse de soluté adsorbée par unité de la masse d'adsorbant) à la concentration du soluté restant dans la solution, une telle relation est appelée isotherme d'adsorption d'équilibre. Il existe de nombreux modèles d'isothermes Langmuir, Freundlich et Temkin.

Isotherme de Temkin [16]: Temkin suppose que la diminution de la chaleur d'adsorption est linéaire et l'adsorption se caractérise par une répartition uniforme des énergies de liaison. Isotherme de Temkin est exprimée par l'équation suivante:

$$q_e = (R_T/b_T)\ln(a_T C_e) \quad (1)$$

L'équation (1) peut être réarrangée pour obtenir l'équation (2):

$$q_e = (R_T \ln a_T)/b_T + (R_T/b_T)\ln(C_e) \quad (2)$$

Les résultats de la linéarisation des isothermes expérimentaux par le modèle de Temkin $q_e = f(\ln C_e)$, sont présentés sur les figures N°04. Les paramètres de l'équation de Temkin sont consignés dans le tableau N°2.

La variation de l'énergie d'adsorption $\Delta\theta$ découlant de la linéarisation du modèle de Temkin est toujours positive et avec tous les adsorbants utilisés (grignons d'olive et noyaux de dattes). D'où l'endothermicité de l'adsorption du chrome par des

mélanges de GO et ND, ce qui confirme le résultat obtenu lors de l'étude de l'effet de la température.

Isotherme de Freundlich: L'isotherme de Freundlich est à l'origine de nature empirique, mais ensuite a été utilisé dans l'adsorption multicouche avec possibles interactions entre les molécules adsorbées.

$$q_e = K_F \cdot C_e^n \quad (5)$$

La forme exploitée la plus courante est le tracé en échelle logarithmique des variations de q_e en fonction de C_e :

$$\log q_e = \log K_F + n \log C_e \quad (6)$$

La constante n (adimensionnelle) donne une indication sur l'intensité de l'adsorption. Il est généralement admis que des faibles valeurs de n ($0,1 < n < 0,5$) sont caractéristiques d'une bonne adsorption [16], alors que des valeurs plus élevées révèlent une adsorption modérée ($0,5 < n < 1$) ou faible ($n > 1$). La constante « n » est très souvent remplacé par « $1/n$ » ou facteur d'hétérogénéité. Il faut noter que si n (ou $1/n$) tend vers 1, l'isotherme devient linéaire donc de type C.

Nous constatons que le rapport $1/n$ est inférieur à 1, donc l'isotherme de Freundlich est favorable pour l'adsorption du chrome pour toute proportion du GO et ND.

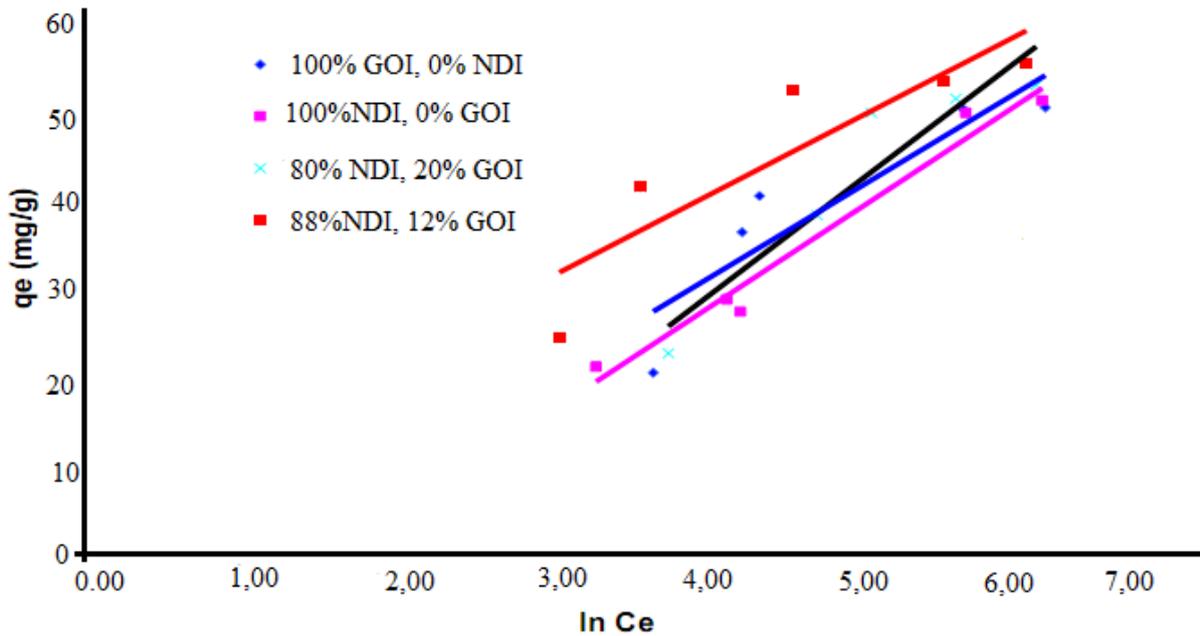


Figure 4. Isotherme du Temkin pour l'adsorption du Cr ($T=25^{\circ}\text{C}$, $t=120\text{ min}$, $\text{pH}=5.6$, $w=350\text{ tr/min}$)

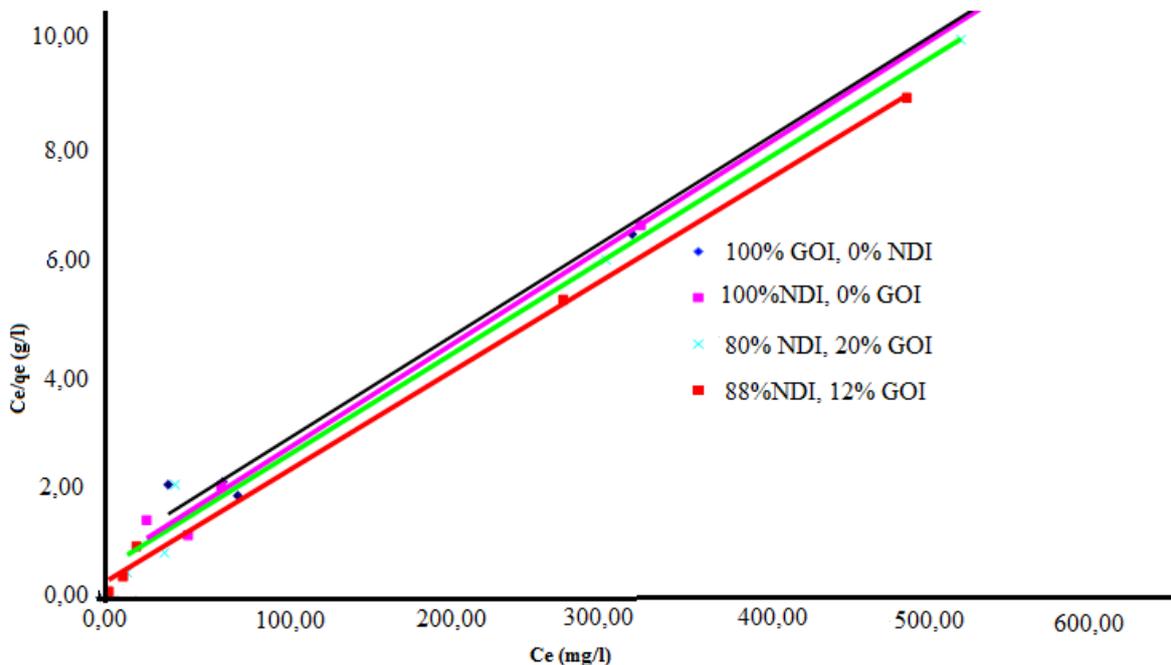


Figure 5. Isothermes d'adsorption de Langmuir par différents mélanges du GOI et NDI

Isotherme de LANGMUIR

Le modèle le plus communément utilisé est celui de Langmuir [17]. Les hypothèses initiales sont:

- le solide adsorbant présente une capacité d'adsorption limitée (q_m);
- tous les sites actifs sont identiques;
- Les sites actifs ne peuvent complexer qu'une seule molécule de soluté (adsorption monocouche);
- il n'y a pas d'interactions entre les molécules adsorbées.

L'isotherme de Langmuir peut être représentée comme suit :

$$q_e = bCeq_m / (1 + bC_e) \quad (6)$$

Où

b: est la constante d'équilibre

q_m : La capacité maximale d'adsorption.

Si l'équation de Langmuir est vérifiée, nous devons

obtenir, en traçant $\frac{C_e}{q_e}$ en fonction de C_e , une

droite de pente $\frac{1}{q_m}$ et d'ordonnée à l'origine $\frac{1}{bq_m}$.

Les constantes q_m et b sont les caractéristiques Langmuir et peuvent être déterminées à partir de l'équation (7) représenté par:

$$1/q_e = a/bCeq_m + 1/q_{max} \quad (7)$$

La viabilité d'une adsorption R_L est définie par Hall et AL [19]: peut encore se définir à partir du facteur de séparation adimensionnel R_L :

$$R_L = \frac{1}{1 + b.C_0} \quad (8)$$

Cinétique d'adsorption

Afin d'étudier le mécanisme d'adsorption, l'ordre de la réaction d'adsorption du chrome a été déterminé en utilisant l'expression d'un mécanisme de pseudo-second ordre.

Le model du pseudo-second ordre [18] peut être décrit par l'équation différentielle suivante :

$$dq/dt = k (q_e - q_t)^2 \quad (9)$$

K_2 : constante de vitesse d'adsorption du modèle de pseudo- deuxième -ordre (g.mg⁻¹.min⁻¹).

q_t : Capacité d'adsorption à l'instant t

q_e : La capacité d'adsorption à l'équilibre

La séparation des variables dans l'équation ci-dessus donne:

$$dq_e / (q_e - q_t)^2 = k dt \quad (10)$$

En intégrant l'équation (10) et en appliquant les conditions aux limites,

$$q_t = 0 \text{ à } t=0 \text{ et } q_t = q_e \text{ à } t = t, \text{ l'équation devient: } 1 / (q_e - q_t) = 1/q_e + k t \quad (11)$$

L'équation 11 peut être arrangée de manière à obtenir une forme linéaire:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (12)$$

Etude thermodynamique

Les paramètres thermodynamiques : variation de l'énergie libre de Gibbs (ΔG), enthalpie (ΔH) et l'entropie (ΔS) ont été déterminées avec l'utilisant des équations suivantes et sont représentés dans le tableau 4

$$K_c = C_qe / C_s \quad (13)$$

$$(\Delta G) = -RT \ln k_e \quad (14)$$

$$\ln K_c = \Delta S / R - \Delta H / RT$$

Où: R est constante des gaz, k est la constante d'équilibre.

La variation d'enthalpie (ΔH) et d'entropie (ΔS), peut être obtenue à partir de la pente et l'interception de l'équation de Van't Hoff de (ΔG) en fonction de T (les résultats sont donnés dans le tableau N°04):

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (15)$$

Le tracé des droites $\ln b = f(1/T)$ permet d'obtenir les valeurs de ΔH (pente de la droite) et de ΔS (ordonnée à l'origine). (Figure N° 7).

Tableau 2. Les constantes d'isothermes adsorption du chrome avec l'utilisation de différents mélanges de grignons d'olives et noyaux de dattes

Composition de mélange	Paramètres de Langmuir				Paramètres de Temkin			Paramètres de Freundlich	
	q_{max} (mg/g)	b	R^2	R_L	a_T (l/g)	b_T (j/mol)	R^2	K_F	1/n
0%NDI, 100% GOI	56,50	0,011	0,9971	0,0802	10,292	2,36	0,8245	14,85	0,20
100%NDI, 0% GOI	56,18	0,017	0,9988	0,0543	11,229	2,88	0,9724	10,00	0,28
80%NDI, 20% GOI	78,34	0,031	0,9908	0,0315	12,984	3,16	0,8870	6,85	0,35
88%NDI, 12% GOI	80,92	0,18	0,9988	0,0054	8,834	1,57	0,7902	14,77	0,23

GO: Grignons d'Olives
ND: Noyaux de Dattes

Tableau 3. Paramètres de la cinétique du pseudo second ordre relative à l'adsorption du chrome par l'utilisation des mélanges de grignons d'olives et noyaux de dattes.

Composition du mélange GO: Grignons d'olives ND: Noyaux de dattes	Concentration initiale du Cr (mg/l)	qe, exp (mg/g)	K (g min/mg)	R ²
100% GOI, 0% NDI	356	24,21	0,0296	1
	1007	50,8	0,0087	0,991
	1256	51,02	0,0135	1
0% GOI, 100% NDI	356	25,91	0,0209	1
	1007	50,4	0,0129	1
	1256	54,95	0,0186	0,9965
20% GOI, 80% NDI	356	25,91	0,0396	1
	1007	52	0,0468	1
	1256	53,76	0,0157	1
12% GOI, 88% NDI	356	26,88	0,011	0,9998
	1007	54	0,0517	1
	1256	54,87	0,0114	1

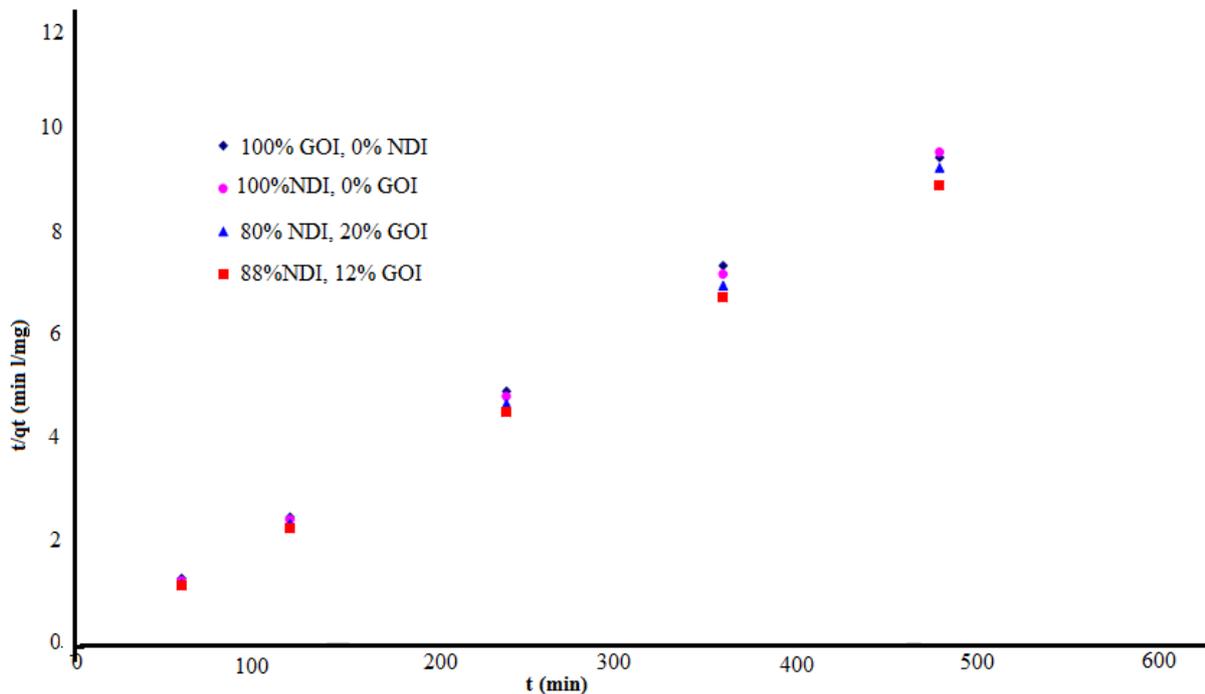


Figure 6. Cinétique du pseudo second ordre d'adsorption du chrome ($C_0 = 1007 \text{ mg/l}$; $\text{pH} = 5.6$; $W = 350 \text{ tr/min}$)

Composition de mélanges		T (°C)	Kc	ΔG (Kj/mol)	ΔH (Kj/mol)	ΔS (Kj/mol°K)
GO: Grignons d'Olives	ND: Noyaux de Dattes					
0%NDI, 100% GOI		283	0,017	-9,63	18,23	0,098
		298	0,011	-9,82		
		318	0,019	-11,83		
100%NDI, 0% GOI		283	0,022	-9,55	18,23	0,098
		298	0,017	-9,48		
		318	0,012	-11,76		
80%NDI, 20% GOI		283	0,590	-1,31	88,29	0,963
		298	0,180	-4,47		
		318	0,010	-10,38		
88%NDI, 12% GOI		283	0,009	-7,99	31,91	0,138
		298	0,031	-9,22		
		318	0,040	-11,05		

Tableau 4. Valeurs thermodynamiques de l'adsorption du Cr, à différentes températures et pour les différents mélanges utilisés ($C_0= 1007$ mg/l ; $pH=5.6$; $W= 350tr/min$)

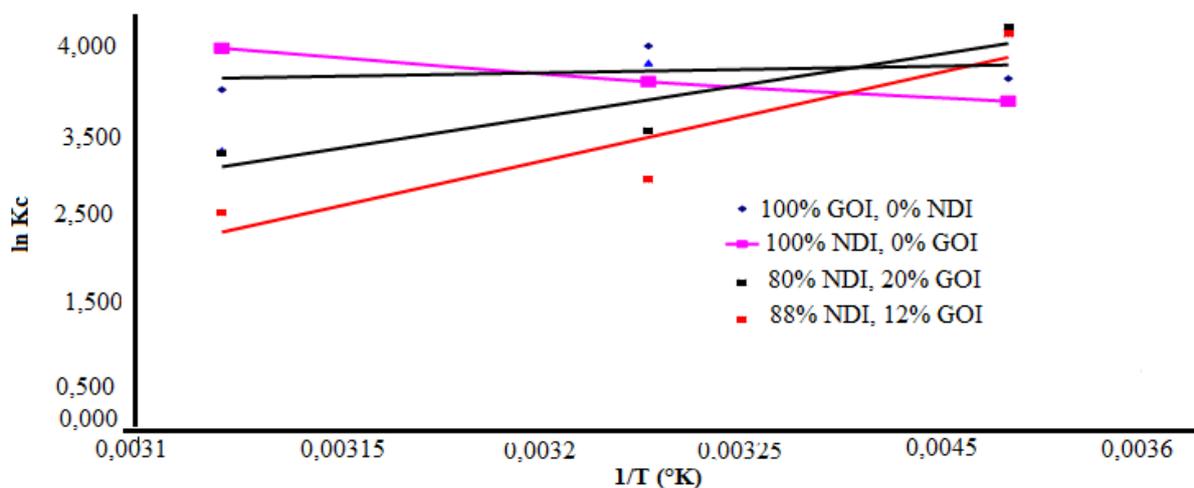


Figure 7. Relation entre constante d'équilibre (Kc) et la température ($C_0= 1007$ mg/l ; $pH=5.6$; $W= 350tr/min$)

Généralement, l'énergie libre pour physisorption est comprise entre -20 et 0 kJ / mol, pour la chimisorption est entre -80 à 400 kJ/mol [20].

La variation d'énergie libre globale au cours du processus d'adsorption est négative pour toutes la gamme expérimentale de températures et pour les différentes compositions de l'absorbant mixte (tableau 4). L'adsorption du Cr est un processus physique spontané. Il est observé que dans le mélange, plus la quantité des grignons d'olives dans le mélange augmente, plus l'énergie augmente et avec les différentes températures.

La valeur positive de ΔH pour les différents adsorbants indique la nature endothermique de

l'adsorption. Les valeurs négatives de (ΔG) de l'adsorption du Chrome sur les différents mélanges d'adsorption sont dues au fait que le processus d'adsorption était spontané avec une grande préférence du Chrome sur les mélanges de grignons d'olives et noyaux de dattes.

La variation d'entropie (ΔS) est une mesure de désordre. Les transformations spontanées vont dans le sens d'une augmentation du désordre. Dans notre cas, La valeur positive de ΔS pour les différents adsorbants, reflète l'affinité du Cr, et indique l'augmentation du caractère aléatoire à l'interface solide / liquide durant l'adsorption du Cr sur les différents mélanges de grignons d'olives et noyaux de dattes.

L'augmentation du taux de grignons d'olives dans le mélange favorise :

- l'endothermicité de l'adsorption ;
- la spontanéité du chrome sur le mélange ;
- le désordre dans le sens de cette augmentation de grignons d'olives dans le mélange.

IV. Conclusion

Dans cette étude, l'effet du mélange des grignons d'olive et noyaux de dattes sur l'élimination du Cr a été examiné. Les résultats indiquent que le procédé d'adsorption atteint un équilibre après 120 minutes et à ce moment, l'élimination du chrome était plus élevée : 64,55%, 65,89%, 68,07% et 70,73% pour (100% GOI, 0% NDI), (100% NDI, 0% GOI), (80% NDI, 20% GOI) et (88% NDI, 12% GOI) respectivement.

Parmi tous les paramètres étudiés, pH de la solution était le plus important pour l'élimination du chrome.

Les résultats ont montré que :

- la plus forte adsorption du Chrome sur les mélanges des grignons d'olives et noyaux de dattes a eu lieu à un pH 5.
- le pourcentage d'adsorption est fonction de la concentration initiale du chrome.
- l'isotherme d'adsorption de Langmuir décrit mieux l'élimination du chrome sur le mélange des noyaux de dattes et grignons d'olives avec un coefficient de corrélation ($R^2 > 0,99$) pour tous les échantillons.
- l'étude cinétique de l'adsorption des ions Cr sur le mélange des grignons d'olives et noyaux de dattes pourrait être bien décrite avec le modèle du cinétique pseudo-second ordre,
- la constante de vitesse pour le processus est de (0,0087, 0,0129, 0,0198 et 0,0468 (g /mg.min) pour (100% GOI, 0% NDI), (100% NDI, 0% GOI), (80% NDI, 20% GOI) et (88% NDI, 12% GOI) respectivement, à 25 ° C. Basé sur ces résultats de recherche, les mélanges des grignons d'olives et noyaux de dattes peuvent être considérés comme adsorbants affectives disponibles et naturels pour l'élimination du chrome dans une solution aqueuse.

V. References

1. Ata, S, Din, M.I, rasool, A, Qasim, I, and Mohsin, I, Equilibrium thermodynamics, and kinetic sorption studies for the removal of Coomassie Brilliant Blue on wheat bran as a lowcost adsorbent. J. of Analytical methods in Chemistry V (2012) 8.
2. Veglio F. And Beolchini of metals by biosorption, a review, hydrometallurgy, 44, 301-316 (1997).
3. Al –ashes, S and Duvnjak, Z, Biosorption. A review, hydrometallurgy, water Qual. Res. J. Can, 31, 319-328 (1996).
4. Villaescusa, I, Fiol and poch, J, chromium uptake gage wastes, Chemical Speciation and biodiavalability, 16, 25-33 (2004)
5. Kumar, K; Sivanesan. V and Ramamurthy, S, V. Adsorption of malachite green onto Pithophora sp., fresh water algae: equilibrium and kinetic modeling. Process Biochemistry, July 2005, vol. 40, no. 8, p. 28652872.
6. Elsherbiny, A.S, Adsorption kinetics and mechanism of acid dye onto montmorillonite from aqueous solutions: Stopped-flow measurements, Appl. Clay Sci. 83 (2013) 56-62. ApJ, 686, 667.
7. Jerald, M, Antony, J and. Xavier, N, Equilibrium isotherm studies of MB from aqueous solution unto activated carbon prepared from strychnos potatorium seed International journal of applied biology and pharmaceutical technology V3(3) (2012) 27-31.
8. Hardryari, Z et al; Experimental study of methylene bleu adsorption from aqueous solution onto carbon nano tube 9. I.J. of Wat. Res. and Environ. Engineering V 2 (2) (2010)16-28.
9. Chakir, A; Bessiere, J; Kacemi, El. Marouf, B. (2002)- A comparative study of the removal of trivalent chromium from aqueous solutions by bentonite and expanded perlite. Journal of Hazardous Materials, 95, 29-46.
10. Zoulalian, A. « Transfert de matières et de chaleur au sein des adsorbants ». Technique de l'ingénieur N° (J 1302-1).
11. Langmuir, I, 1916. The constitution and fundamental proprieties of solids and liquids. Am.J. Chem.Soc., 38: 2221-2295.
12. Bontoux, J ; "Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons qualité et santé" ; 2ème édition entièrement revue et complétée ; Edition CEBE DOC, Apr, liège, 63 p, 1993.
13. Chakir, A; Bessiere, J. El Kacemi, K, Marouf, B. (2002)- A comparative study of the removal of trivalent chromium from aqueous solutions by bentonite and expanded perlite. Journal of Hazardous Materials, 95, 29-46.
14. Dejardin, R, 1997. « le traitement des eaux », 2ème édition. Revue et améliorée, Ecole Polytechnique de Montréal.
15. Luo, C; Shen Z, Li X, 2005. Enhanced phytoextraction of Cu, Pb, Zn and Cd with EDTA and EDDS, Chemosphere 59.
16. Temkin, M.J, Pyzhev, V. 1940. Recent modifications to Langmuir isotherms. Acta physiochim USSR., 12: 217-225.
17. Achraf, C, Jacques, B, Kacemi Kacem, EL and Bouchaib, M. A, "Comparative study of the removal of trivalent chromium from aqueous solutions by bentonite and expanded perlite", J. Hazardous Mater, vol. 95 (1-2), vol. 29-46, Nov. 11, 2002.
18. Hameed, B.H, 2009. Removal of cationic dye from aqueous solution using jackfruit peel as non-conventional low-cost adsorbent. Journal of Hazardous Materials. 162, 344-350.
19. Kumar, K.V; Sivanesan, S and Ramamurthy, V. Adsorption of malachite green onto Pithophora sp fresh water algae: equilibrium and kinetic modeling. Process Biochemistry, July 2005, vol. 40, no. 8, p. 2865-2872.

20. Alloway. B.J. (1995). Heavy metals in soils. Second edition. Blackie Academic and Professional, London, 368.
21. Ho. YS, McKay. G. Kinetic model for lead (II) sorption onto peat. *Ads Sci Technol* 1998; 16:943–55.

Please cite this Article as:

Aksas H., Cherifi-Nacy H., Babaci N., Louhab., *Etude potentielle de mélange des adsorbants naturels (grignons d'olive et noyaux de dattes) pour l'adsorption du chrome*, **Algerian J. Env. Sc. Technology**, 2:2 (2016) 209-218