

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

**FACULTE DES SCIENCES ET DE LATECNOLOGIE ET SCIENCES DE LA
MATIERE**

**Département de Génie des
Procédés**



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie de l'environnement

Présenté par : CHIKHI Khalid

Thème

Adsorption du zinc sur la bentonite de Maghnia

Devant le jury : 19 / 06 / 2013

CHAOUKI Mourad

MCA UKM Ouargla

Président

MOKADEM Khadra

MAA UKM Ouargla

Examinatrice

CHAOUCH Noura

MAA UKM Ouargla

Rapporteur

Année universitaire 2012/2013.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes parents qui m'ont soutenu tout au long de mes études ;

A mon frère ;

A mes sœurs ;

A tous mes amis ;

A tous ceux qui me sont chers.

Remerciments

Avant tout, je dois remercier Dieu tout puissant qui m'a donné la force pour mener à terme ce travail ;

Je tiens à remercier très sincèrement le président de jury et les membres de jury ayant acceptés d'évalué ce travail ;

Je tiens à remercier mon encadreur M^{elle} CHAOUCH Noura, pour son soutien tout au long de mon travail ainsi que son aide documentaire et ses encouragements. Ce fut un grand plaisir de travailler avec elle ;

Je ne saurais oublier toutes les personnes qui ont contribués à la réussite de ce travail.

	Sommaire	Page
	<i>Introduction général</i>	01
Chapitre 1	<i>Synthèse bibliographique</i>	
I	<i>Généralité sur l'adsorption</i>	02
I.1	<i>Définition</i>	02
I.2	<i>Mécanisme de l'adsorption</i>	02
I.3	<i>Type d'adsorption</i>	02
I.3.1	<i>Adsorption physique</i>	02
I.3.2	<i>Adsorption chimique</i>	02
I.4	<i>Principaux facteurs influant sur l'adsorption</i>	03
I.5	<i>Cinétique d'adsorption</i>	03
I.6	<i>Isotherme d'adsorption</i>	04
I.6.1	<i>Isotherme de Langmuir</i>	04
I.6.2	<i>Isotherme de Freundlich</i>	05
II	<i>La bentonite</i>	05
II.1	<i>Définition</i>	05
II.2	<i>Origine de la bentonite</i>	05
II.3	<i>Application de la bentonite</i>	06
II.4	<i>Structure de la bentonite</i>	06
II.5	<i>La bentonite en Algérie</i>	07
III	<i>Le zinc</i>	07
III.1	<i>Définition</i>	07
III.2	<i>Toxicité</i>	07
III.3	<i>Utilisation</i>	08
Chapitre 2	<i>Expérimentation</i>	
I	<i>Matériels et méthodes</i>	09
I-1	<i>Appareillage</i>	09
I-2	<i>Produits chimiques</i>	10
I-3	<i>Méthodologie de travail</i>	10
I-3.1	<i>Choix du précurseur</i>	10
I-3.2	<i>Préparation de l'adsorbant</i>	10
I-3.3	<i>Caractérisation de la bentonite active</i>	11
I-3.3.1	<i>Mesure de la densité apparente</i>	11
I-3.3.2	<i>Mesure de la porosité</i>	11
I-3.4	<i>Adsorption du zinc</i>	11
I-3.4.1	<i>Optimisation des conditions d'adsorption du zinc</i>	11
I-3.5	<i>Modélisation des résultats</i>	12
II	<i>Résultats et discussions</i>	12
II.1	<i>Caractérisation de la bentonite active</i>	12

II-2	<i>Etude fondamentale de l'adsorption du zinc sur la bentonite active</i>	13
II-2.1	<i>Etude de la cinétique d'adsorption</i>	13
II-2.2	<i>Etude de l'effet de la masse de la bentonite active sur l'adsorption du zinc</i>	13
II-2.3	<i>Etablissement des isothermes d'adsorption</i>	14
II-2.4	<i>Modélisation des résultats expérimentaux</i>	15
	<i>Conclusion</i>	17
	<i>Bibliographie</i>	18

Liste des tableaux

N°	Titre du tableau	page
CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE		
1	Les paramètres caractéristiques des types d'adsorption	03
CHAPITRE II : EXPERIMENTATION		
2	Listes des produits chimiques	10
3	Composition chimique de la bentonite de Maghnia	10
4	Les conditions opératoires du processus d'adsorption	12
5	Caractéristiques de la bentonite active	12
6	Cinétique d'adsorption du zinc sur la bentonite active	13
7	Effet de la masse de la bentonite active sur l'adsorption du zinc	14
8	Isothermes d'adsorption	14
9	Paramètres équationnels du modèle de Langmuir	15
10	Paramètres équationnels du modèle de Freundlich	16
11	Constantes relatives aux deux modèles	16

Liste des figures

N°	Titre de la figure	page
CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE		
1	Structure de la montmorillonite	06
2	Le zinc	07
CHAPITRE II : EXPERIMENTATION		
3	Balance analytique type Scout Pro	09
4	Spectrophotomètre à absorption atomique type 1100 b	09
5	la bentonite de Maghnia	11
6	Cinétique d'adsorption du zinc sur la bentonite active	13
7	Effet de la masse de la bentonite active sur l'adsorption du zinc	14
8	Isothermes d'adsorption du zinc sur la bentonite active	15
9	Isotherme de Langmuir	15
10	Isotherme de Freundlich	16

Liste des symboles

Symbole	Signification	Unité
Q	Quantité de soluté adsorbée par gramme d'adsorbant	mg/g
C_0	Concentration initiale du soluté	mg/l
C_e	Concentration du soluté à l'équilibre d'adsorption	mg/l
V	Volume de la solution	l
m	Masse d'adsorbant utilisé	g
k	Constante de Langmuir	l/mg
b	Capacité maximale d'adsorption	mg/g
k	Constante de Freundlich	$\text{mg}^{1-n} \text{l}^n \text{g}^{-1}$
n	Constante de Freundlich	-
ρ	Densité apparente	g/cm^3
ε	Porosité	%
T	Température	$^{\circ}\text{C}$

Introduction générale

L'eau est la base de vie sur terre. Cette ressource non renouvelable est menacée par les sources de pollution qui croît sans limites. Les polluants les plus dangereux pour l'homme et l'environnement sont ceux non biodégradables et toxiques par bioaccumulation dont mais pas uniquement les métaux lourds.

Afin de réduire l'impact de ces métaux, de nombreuses techniques de dépollution ont été développées. Cependant l'adsorption est la méthode de choix pour l'élimination de ce genre de pollution dissoute.

L'adsorption sur des supports en argiles à montrer une efficacité comparable à celle obtenue lors de l'emploi des charbons actifs.

C'est dans ce contexte générale que se s'inscrit cette étude ayant pour objectif principal l'étude de la possibilité d'employer la bentonite de Maghnia activée avec de l'acide chloridrique comme adsorbant pour la rétention du zinc à partir d'une solution aqueuse.

Ce manuscrit est composé en trois chapitres.

Dans le premier chapitre, nous avons résumé des notions théoriques sur l'adsorption, la bentonite et le zinc.

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté le matériel employé, la méthodologie adoptée et les résultats obtenus et leurs interprétations.

La conclusion générale résume les principaux résultats de ce travail et bien entendu les recommandations nécessaires dans le cas d'une éventuelle poursuite de cette recherche

Chapitre 1: Synthèse bibliographique

I-Généralité sur l'adsorption

I.1-Définition

L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules d'un fluide (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant) selon divers processus plus ou moins intenses grâce aux interactions physiques et/ou chimiques.

Le phénomène inverse, par lequel les molécules adsorbées sur une surface s'en détachent, notamment sous l'action de l'élévation de la température, ou de la baisse de pression est nommé désorption[1-2].

Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par KAYSER, en 1881, pour différencier entre une condensation de gaz à la surface et une absorption de gaz.

I.2-Mécanisme de l'adsorption

L'adsorption est un phénomène de surface universel. Aux interfaces, les attractions intermoléculaires ne sont pas compensées dans toutes les directions, et il subsiste des forces résiduelles dirigées vers l'extérieur. Ces forces sont neutralisées lorsque des particules mobiles d'un fluide se fixent en surface : on dit qu'elles s'adsorbent.

I.3-Type d'adsorption

Sur la base des interactions existantes entre l'adsorbat et l'adsorbant, on distingue deux types d'adsorption :

I.3.1-Adsorption physique : est caractérisée par des faibles forces d'interaction, la liaison adsorbat-adsorbant sont de type Van Der Waals ou pont hydrogène. La physisorption est un processus qui ne requiert que des énergies de l'ordre 10 Kcal par mole, il est réversible et favorisé par l'abaissement de température[3].

I.3.2-Adsorption chimique : est caractérisée par des liaisons adsorbat-adsorbant de forte intensité. En effet, ce sont des liaisons de type covalent ou ionique semblables aux liaisons chimiques. L'énergie de processus est généralement comprise entre 10 et 100 Kcal par mole. Cette adsorption irréversible est favorisée par un accroissement de température[4-5].

Les principales différences entre ces deux types d'adsorption sont regroupées dans le tableau N°01ci-après

Tableau N°01 : Les paramètres caractéristiques des types d'adsorption.

paramètres	Physisorption	Chimisorption
Type de liaison adsorbant adsorbé	Vander Waals ou pont d'hydrogène	Covalente ou ionique
Nombres de couches adsorbées	une ou plusieurs couches superposées	Souvent une monocouche
Domaine de température	Relativement faible	Plus élevée
Spécificité	Processus non spécifique	Dépend de la nature de l'adsorbant et l'adsorbé
Cinétique d'adsorption	rapide.	très lente, en particulier en dessous de la température d'activation

Source : [4 -6].

I.4-Principaux facteurs influant sur l'adsorption

L'équilibre d'adsorption dépend de plusieurs paramètres, notamment :

- **Surface spécifique** : l'adsorption est directement proportionnelle à la surface spécifique [7].
- **Nature de l'adsorbé** : moins une substance est soluble dans un solvant, mieux elle est adsorbée.
- **pH** : ce paramètre détermine la solubilité d'un constituant dans l'eau et par conséquent sa mobilité qui influe sur son adsorption.
- **Température** : l'adsorption physique est exothermique d'où, les résultats sont meilleurs à froid. Par contre, la chimie sorption est endothermique [8].

I.5-Cinétique d'adsorption

La connaissance de la cinétique de l'adsorption présente un intérêt pratique considérable pour la mise en œuvre d'un adsorbant dans une opération industrielle. En effet, il est admis que l'adsorption d'un composé sur un solide poreux a lieu selon un processus comportant 03 étapes:

- 1- Le transfert de masse externe, impliquant le transfert et la diffusion de l'adsorbât à travers le film liquide vers la surface de l'adsorbant.
- 2- Le transfert de masse interne, impliquant la diffusion de l'adsorbât dans les pores de l'adsorbant vers les sites actifs.
- 3- L'adsorption proprement dite.

Généralement, c'est l'étape de transfert interne qui limite la vitesse d'adsorption dans le cas d'un solide poreux. Si l'adsorbant n'est pas poreux, c'est l'étape du transfert de masse externe qui contrôle la vitesse d'adsorption.

I.6-Isotherme d'adsorption

La capacité des adsorbants à adsorber les différents constituants d'un mélange constitue le facteur le plus déterminant pour les performances de la majorité des procédés d'adsorption. Il est par conséquent essentiel de bien connaître les propriétés d'équilibre adsorbant-adsorbé, pour pouvoir concevoir et dimensionner les procédés d'adsorption. Les quantités adsorbées à l'équilibre sont généralement caractérisées par des isothermes d'adsorption déterminées à une température donnée. Il s'agit de courbes qui représentent la relation entre la quantité de soluté adsorbée par unité de masse de l'adsorbant et la concentration du soluté à l'équilibre du processus. La quantité de soluté adsorbée est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$Q = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \quad (1)$$

Où

- Q : Quantité de soluté adsorbée par gramme d'adsorbant (mg/g ou mol/g) ;
- C₀ : Concentration initiale du soluté (mg/l ou mol/l) ;
- C_e : Concentration du soluté à l'équilibre d'adsorption (mg/l ou mol/l) ;
- V : Volume de la solution (l) ;
- m : Masse de l'adsorbant (g) [9].

Les isothermes les plus employées pour la représentation des données expérimentales dans le cas d'une adsorption solide liquide, sont celles de Langmuir et Freundlich [10].

I.6.1-Isotherme de Langmuir : proposée en 1918, elle repose sur les hypothèses suivantes :

- L'existence des sites d'adsorption à la surface de l'adsorbant ;
- Une seule molécule peut s'adsorber par site ;
- Chacun de ces sites a la même affinité pour le soluté en solution ;
- Les interactions entre les molécules adsorbées et leurs voisines sont négligées ;
- L'adsorption se fait en une seule couche complètement saturée.

L'équation de l'isotherme de Langmuir se présente comme suit :

$$Q = \frac{k \times b \times C_e}{1 + (k \times C_e)} \quad (2)$$

Où

- **b** : capacité maximale d'adsorption (mg/g).
- **k** : constante de Langmuir (l/mg)

L'équation (2) peut s'écrire sous la forme pratique suivante :

$$\frac{C_e}{Q} = \frac{1}{k} C_e + \frac{1}{b \times k} \quad (3) \quad [11].$$

I.6.2-Isotherme de Freundlich : proposée en 1906, elle repose sur l'équation empirique suivante :

$$Q = k \times C_e^n \quad (4)$$

Où

- **K**: constante de Freundlich ($\text{mg}^{1-n} \text{l}^n \text{g}^{-1}$).
- **n** : constante de Freundlich

L'équation de Freundlich est cependant plus utile sous la forme logarithmique :

$$\log Q = \log k + n \log C_e \quad (5) \quad [12].$$

Les faibles valeurs de n ($0.1 < n < 0.5$) sont caractéristiques d'une bonne adsorption, alors que des valeurs plus élevées révèlent une adsorption modérée ($0.5 < n < 1$) ou faible ($n > 1$).

II-La bentonite

II.1.Définition

La bentonite est une roche argileuse, friable, tendre et onctueuse au toucher, sa teinte dépend des composés minéraux et impuretés qui lui sont étroitement associés. Elle est blanche, grise ou légèrement jaune. Elle se caractérise par une capacité élevée d'adsorption, d'échange ionique et de gonflement.

II.2-Origine de la bentonite

L'altération et la transformation hydrothermale de cendres des tufs volcaniques riches en verre entraînent la néoformation des minéraux argileux, qui font partie principalement du groupe des smectites. Les roches argileuses ainsi formées portent le nom de bentonite, d'après le gisement situé près de Fort Benton (Wyoming, Etats-Unis). Elle contient plus de 75 % de

montmorillonite ; cette dernière fut découverte pour la première fois en 1847 près de Montmorillon, dans le département de la Vienne (France)[13].

II.3-Application de la bentonite

Les bentonites ont de larges applications dans différents domaines (forage, fonderie, céramique, peinture, pharmacie, terres décolorantes,..., etc).La majeure partie de la bentonite exploitée dans le monde est utilisée comme liant du sable de moulage, dans l'industrie de la fonderie et aussi pour épaissir les fluides de forage[14-15-16].

II.4-Structure de la bentonite

La montmorillonite (Figure N°01)est le constituant principal de la bentonite. C'est un phyllosilicates 2 :1 (famille de smectites) dans lequel la charge négative de la couche est électriquement équilibrée par une charge égale, des cations échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , K^+ , NH_4^+ et Na^+) situés principalement entre ces couches silicates ; ces cations ne font pas partie de la structure et garde une certaine mobilité.

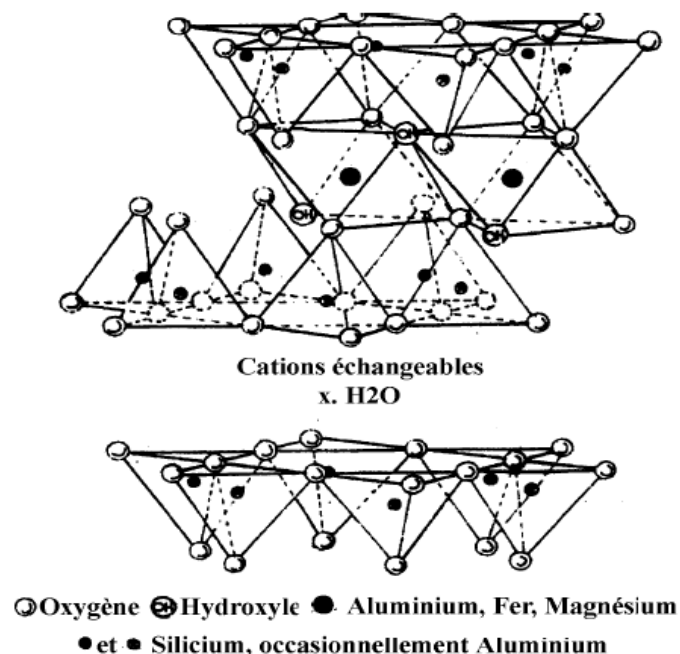


Figure N°01:Structure de la montmorillonite[17].

II.5-La bentonite en Algérie

En Algérie, les gisements de bentonite les plus importants économiquement se trouvent à l'ouest algérien. On relève en particulier la carrière de Maghnia (Hammam

Bouhrara) dont les réserves sont estimées à un million de tonnes et de celle de Mostaganem (M'zila) avec des réserves de deux millions de tonnes[18].

III-Le zinc

III.1-Définition

Le **zinc** est un métal de symbole Zn et de numéro atomique 30. C'est le 24^{ème} élément le plus abondant dans l'écorce terrestre. Il possède cinq (05) isotopes stables. Son principal minéral est la sphalérite (sulfure de zinc).



Le zinc est un métal pur à 99,995 % de couleur bleu-gris (Figure N°02), moyennement réactif, il se combine avec l'oxygène, certains non-métaux et les acides dilués en dégageant de l'hydrogène. L'état d'oxydation le plus commun du zinc est +II (appelé ion zincique).

Le zinc peut réagir avec l'eau, l'oxygène, et le dioxyde de carbone pour former une patine qui se traduit par une diminution progressive de l'éclat métallique de la surface. La couche formée, insoluble, adhérente et protectrice, a comme constituant principal du carbonate de zinc.

En contact avec de l'eau stagnante, il forme des taches blanchâtres constituées notamment d'hydroxyde et d'oxyde de zinc, produits pulvérulents généralement peu adhérents et non protecteurs, parfois appelés rouille blanche.

III.2-Toxicité

Le zinc est relativement toxique. Les risques tératogènes, mutagènes et cancérigènes sont pratiquement nuls aux doses utilisées par l'homme. Si les signes digestifs aigus n'apparaissent qu'à dose élevée, une anémie sévère par interaction avec le cuivre peut

survenir avec des doses supérieures aux apports recommandés par l'organisation mondiale de la santé(5 mg/l) [19].

III.3-Utilisation

Les réserves mondiales de zinc sont estimées à 250 millions de tonnes en 2010. La galvanisation consomme 47 % du zinc exploité dans le monde. Le laiton (alliage de cuivre et de zinc) et le bronze (alliage de cuivre et d'étain, auquel on ajoute parfois du zinc) consomment 22 % du zinc.

Les alliages de zinc, tel les Zamaks et les Kayems et les produits chimiques à base de zinc, représentent respectivement 19 % et 12 % de sa consommation.

Ce métal est employé pour la couverture des immeubles et pour les gouttières et les descentes d'eaux pluviales. Il est aussi utilisé en agriculture, comme apport d'oligo-élément.

En thérapeutique, le zinc peut être utilisé pour le traitement des dermatoses. Il possède également des propriétés cicatrisantes et anti-inflammatoires .

Chapitre 2: Expérimentation

I-Matériels et méthodes

I-1-Appareillage

Les appareils utilisés dans le cadre de cette étude ainsi que leur principe de fonctionnement sont présentés comme suit :

❶ Balance analytique type Scout Pro



Figure N°03 : Balance analytique type Scout Pro.

❷ **Spectrophotomètre à absorption atomique type 1100 b** : Lorsqu'une solution est pulvérisée dans une flamme, l'eau s'évapore, les sels et leurs produits de décomposition sont dissociés à l'état d'atome ou de radicaux. Ceux-ci sont excités par l'énergie thermique de la flamme (air/ acétylène) leur permettent ainsi d'absorber à une certaine longueur d'onde un quantum d'énergie lié à la concentration de élément considéré. Le zinc est dosé à une longueur d'onde équivalente à 313,9 nm.



Figure N°04 : Spectrophotomètre a absorption atomique type 1100 b

I-2-Produits chimiques

Les produits chimiques employés dans cette étude sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau N°02 : Listes des produits chimiques.

Opération analytique	Produits chimiques
Caractérisation de la bentonite	- CH ₃ OH
Activation de la bentonite	- HCl (10%)
Dosage du zinc	- Zn(NO ₃) ₂ (30mg/l)

I-3-Méthodologie de travail

I-3.1- Choix du précurseur

Le précurseur employé dans ce travail est la bentonite de Maghnia caractérisée par une surface spécifique de 80 m²/g, un pH légèrement acide (6,2) et une composition diversifiée en oxydes avec la prédominance de SiO₂ et Al₂O₃ comme le montre le tableau suivant :

Tableau N°03 :Composition chimique de la bentonite de Maghnia.

	Constituants	%
1	SiO ₂	69.4
2	Al ₂ O ₃	14.7
3	Fe ₂ O ₃	1.2
4	CaO	0.3
5	MgO	1.1
6	Na ₂ O	0.5
7	K ₂ O	0.8
8	MnO ₂	0.2
9	As	0.05

Source : [20].

I-3.2- Préparation de l'adsorbant

La bentonite de Maghnia (Figure N°5) est traitée avec l'acide Chloridrique à un taux d'activation de **10%**.

Après 24 heures de contact entre l'argile et l'acide, la bentonite est lavée avec de l'eau distillé jusqu'à l'obtention d'un pH neutre, filtrée ensuite séché à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures.



Figure N°05 : La bentonite de Maghnia.

I-3.3-Caractérisation de la bentonite active

I-3.3.1-Mesure de la densité apparente

Dans une éprouvette graduée, une masse de la bentonite activée **m** est disposée de telle sorte à occuper un volume **V_a**. La densité apparente peut être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$\rho = \frac{m}{V_a} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (6) [21].$$

I-3.3.2-Mesure de la porosité

La porosité représente le volume du vide contenu dans la bentonite active. Pour mesurer cette grandeur, il suffit de mettre dans une éprouvette de 10 ml, une masse de bentonite active **m₁** équivalente à un volume de **V₁** de 1ml en suite d'ajouter du méthanol jusqu'à atteindre, un volume **V₂** de 2 ml correspondant à une masse totale **m₂**. La porosité est calculée au moyen de la formule suivante :

$$\varepsilon = \frac{\frac{m_2 - m_1}{\rho_{\text{methanol}}} - V_2}{V_1} \quad (7)$$

I-3.4-Adsorption du zinc

I-3.4.1- Optimisation des conditions d'adsorption du zinc

Dans le but d'optimiser les conditions en faveur d'une meilleure adsorption du zinc sur la bentonite active précédemment caractérisée, nous avons étudié, l'effet de deux

paramètres sur le processus d'adsorption à savoir : le temps de contact et la masse de la bentonite active. Les conditions opératoires sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau N°04 : Les conditions opératoires du processus d'adsorption.

Paramètres	Conditions opératoires
Temps de contact	V(ml) : 300 ml C ₀ :30 mg/l m _b (g) :1 g t (min) : 30 -1440 min T (°C) : 30°C
Masse de la bentonite	V (ml) :300 ml C ₀ :30 mg/l m _b (g) : 1,2, 3 et 4 g t (h) : 24 h T (°C) : 30°C

La quantité de zinc adsorbée par unité de masse de bentonite est calculée par la formule suivante : $Q = \frac{(C_0 - C_e)}{m_p} \times V$ (8)

Les résultats peuvent être exprimés en pourcentage d'élimination comme le montre la formule suivante : $P = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100$ (9)

I-3.5- Modélisation des résultats :

En vue de la représentation des résultats expérimentaux, deux modèles ont été testés :

- Le modèle de Langmuir.
- Le modèle de Freundlich.

II-Résultats et discussions

II.1-Caractérisation de la bentonite active

Les principales caractéristiques de la bentonite activée avec de l'HCl sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau N°05 : Caractéristiques de la bentonite active.

Paramètres	Bentonite active
Masse volumique (g/cm ³)	0,453
Porosité (%)	39,04

La bentonite activée dans cette étude est caractérisé par une masse volumique de 0,453g/cm³ et une porosité moyennement importante de 39,04%.

II-2-Etude fondamentale de l'adsorption du zinc sur la bentonite active

II-2.1-Etude de la cinétique d'adsorption

La cinétique d'adsorption du zinc sur la bentonite active est présentée dans le tableau N°06 et la Figure N°06 ci-dessous.

Tableau N°06 : Cinétique d'adsorption du zinc sur la bentonite active.

t (min)	Ce (mg/l)	q (mg/g)	P (%)
30	7.87	6,64	73,77
60	7.54	6,74	74,87
120	7.13	6,86	76,23
180	6.69	6,99	77,70
240	6.69	6,99	77,70
360	6.69	6,99	77,70
1440	6.69	6,99	77,70

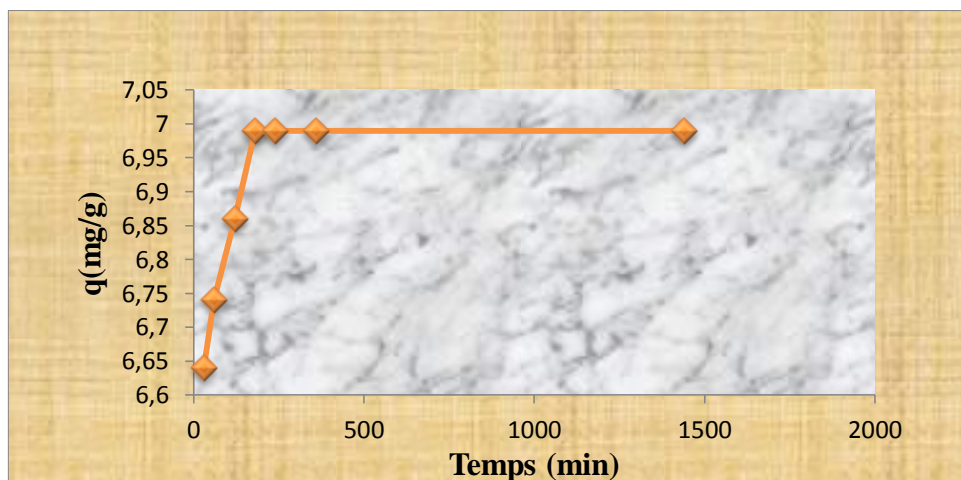


Figure N°06 : Cinétique d'adsorption du zinc sur la bentonite active.

L'adsorption du zinc atteint un maximum de **6.99** mg/g au bout de 3 heures, soit un pourcentage de **77.70** %. On conçoit donc qu'il s'agit d'une physisorption.

II-2.2-Etude de l'effet de la masse de la bentonite active sur l'adsorption du zinc

L'influence de la masse de bentonite active sur la quantité de zinc adsorbée est présentée dans le tableau N°07 et la Figure N°07 ci-dessous.

Tableau N°7 :Effet de la masse de la bentonite active sur l'adsorption du zinc.

m(g)	Ce (mg/l)	q (mg/g)	P (%)
1	6.69	6.99	77.70
2	6.60	7.02	78.00
3	6.51	7.05	78.30
4	6.00	7.20	80.00

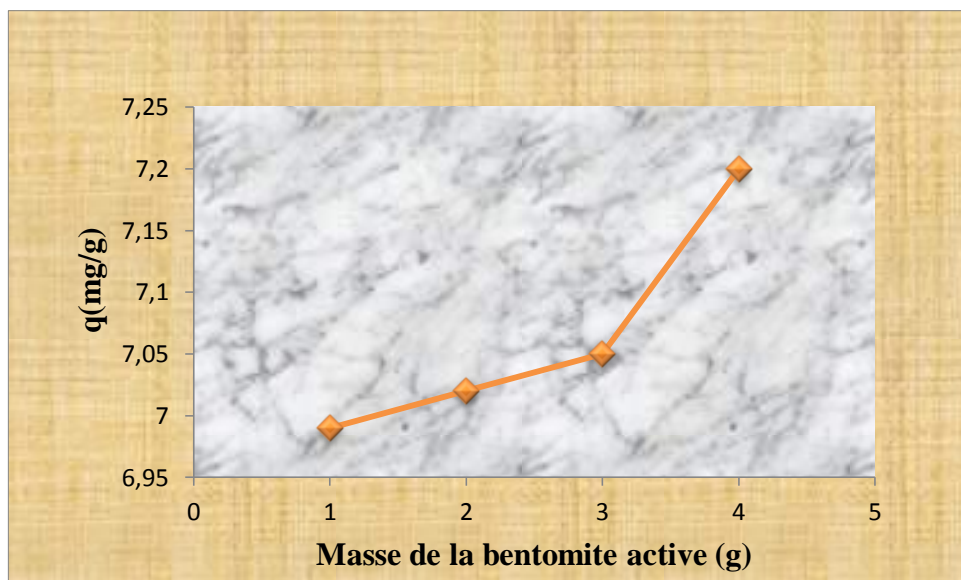


Figure N°07 :Effet de la masse de la bentonite active sur l'adsorption du zinc

Une augmentation de la masse de l'adsorbant de 1 à 4 g, permet d'augmenter le taux d'adsorption du zinc de **6.99 mg/g** à **7.20 mg/g**, ce résultat est encourageant, car il prouve à la fois l'affinité et la capacité de la bentonite active a adsorbé ce polluant.

II-2.3-Etablissement des isothermes d'adsorption :

L'isotherme d'adsorption du zinc sur la bentonite active est présentée dans ce qui suit :

Tableau N°08 : Isothermes d'adsorption.

Ce (mg/l)	Q (mg/g)
6.69	6.99
6.60	7.02
6.51	7.05
6.00	7.20

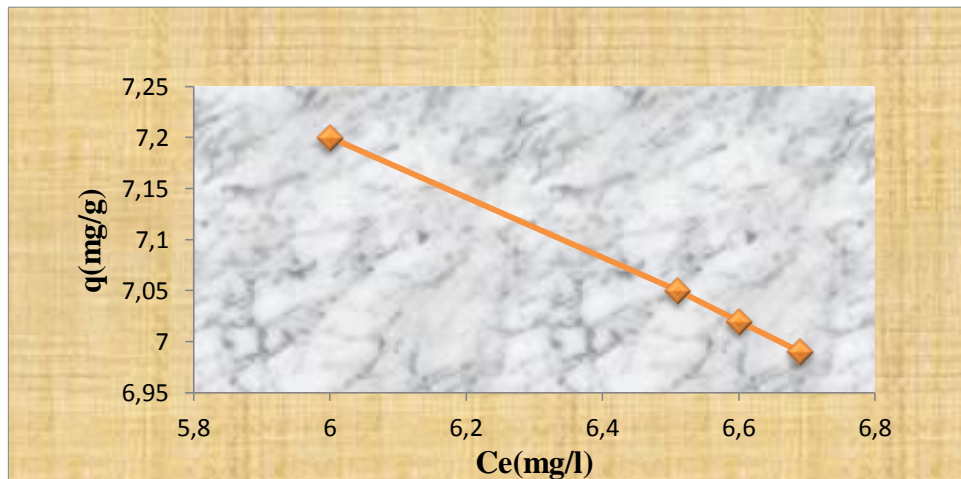


Figure N°08 : Isothermes d'adsorption du zinc sur la bentonite active.

Cette linéarité remarquable indique un partage égal entre la solution et la bentonite active employée.

II-2.4-Modélisation des résultats expérimentaux

Les paramètres équationnels des deux modèles choisis pour la modélisation des résultats sont présentés dans ce qui suit :

Tableau N°09 : Paramètres équationnels du modèle de Langmuir.

Ce/q (g/l)	Ce (mg/l)
0.96	6.69
0.94	6.60
0.92	6.51
0.83	6.00

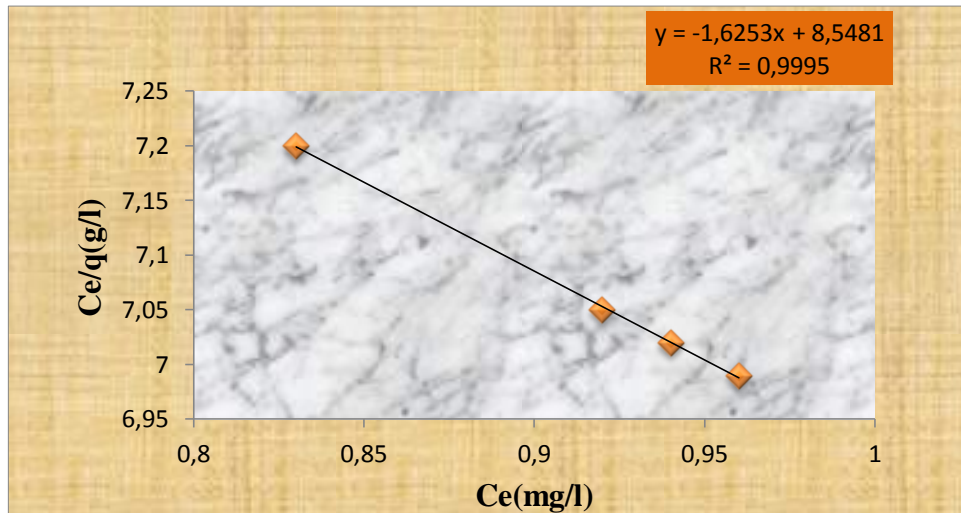


Figure N°09 : Isotherme de Langmuir.

Tableau N°10 : Paramètres équationnels du modèle de Freundlich.

Log q (mg/g)	Log Ce (mg/l)
0.844	0.825
0.846	0.819
0.848	0.813
0.857	0.778

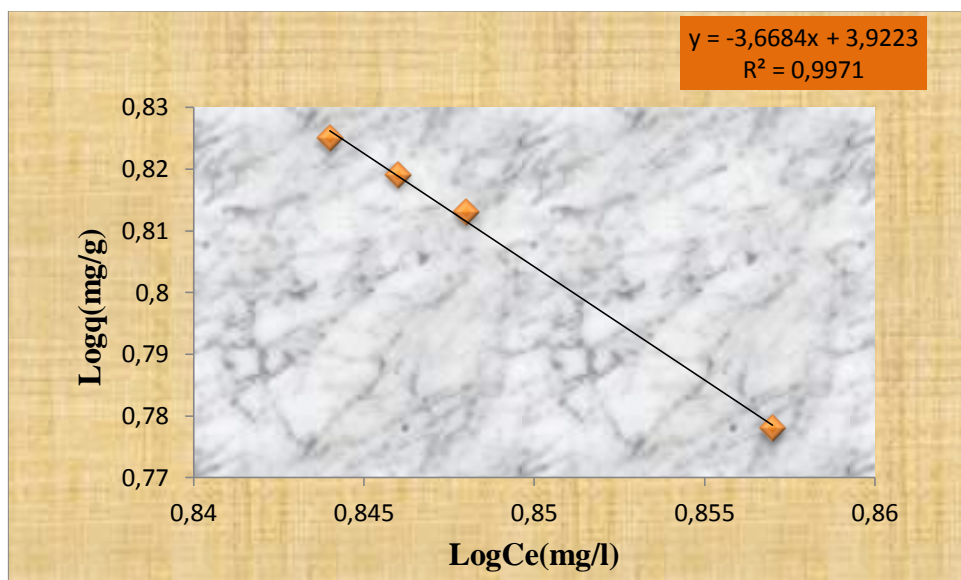


Figure N°10 : Isotherme de Freundlich.

Les paramètres relatifs à chaque modèle ainsi que les coefficients de corrélation sont synthétisés dans le tableau N°11 ci-après.

Tableau N°11 : Constantes relatives aux deux modèles.

Modèle de Langmuir			Modèle de Freundlich		
K	b	R ²	K	n	R ²
-0.1901	-0.6152	0.9995	8361,80	-3.6684	0.9971

Malgré que les coefficients de corrélation indiquent une linéarité remarquable, les valeurs négatives des paramètres relatifs à chaque modèle font que ces derniers ne peuvent pas être employés pour la présentation des résultats expérimentaux.

Conclusion générale

Au terme de ce travail, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- La bentonite de Maghnia activée avec du HCl à 10 % est caractérisé par une densité de 0.453 g/cm^3 et une porosité de **39,04%**.
- l'adsorption du zinc atteint **6,99 mg/g** en **3** heures. Cette cinétique rapide montre qu'il s'agit d'une adsorption physique.
- l'augmentation de la masse de la bentonite active de **01 à 04 g** augmentera le taux d'adsorption de **6.99 à 7.20 mg/g** ce qui témoigne de l'affinité et la capacité de l'adsorbant à fixer ce polluant.
- Les résultats expérimentaux ne sont pas compatibles avec le modèle de Langmuir et le modèle de Freundlich nous recommandant de tester d'autres modèles thermodynamique.

Bibliographie

- [1] S.E.Chitoure: Chimie des surfaces introduction 0 la catalyse ,2^{ème}adition, (1981), p 27.
- [2]R.Huchon: Activité photocatalytique de catalyseurs déposés surdifférents supports (medias) application à la conception d'un photoréacteurspilote. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard – Lyon,(2006),p 27.
- [3]C.Tomlin:The pesticide manualm, 11^{ème} edition, (1997), p28.
- [4]C.Beckman:La surface spécifique d'une poudre ou d'un solide et Caractérisation des Particules, (1999),p 28.
- [5]M.A.Slasli: Modélisation de l'adsorption par les charbons microporeux : Approches théorique et expérimentale. Thèse de doctoratmUniversité de Neuchâtel, (2002), p 28.
- [6]E.Slejko, M.Dekker :Adsorption Technology: a step by step approach to processevaluation and application, (1985), 135p.
- [7]D.Ruthven ; Principalofadsorption and adsorption process,(1984),135p.
- [8]N.Jozjaet al : Impacts « multi-échelle » d'un échange (Mg,Ca)–Pb et ses conséquences sur l'augmentation de la perméabilité d'une bentonite. Comptes Rendus Géoscience, (2003), pp 729–736.
- [9] E.L. SLEJKO, M.DEKKER _Adsorption Technology: a step by step approach to process evaluation and application, Ed M.DKKER, New York 1985,135p.
- [10]S.Brunauer et al : Adsorption of gases in multimolecular layers. J. Am. Chem. Soc,(1938),pp 309-319.
- [11]L.Langmuir: The adsorption of gass, mica and platinumium. J. Am. Chem. Soc, (1918), pp 1361-1403.
- [12]H.Freundlich : Colloid and capillarychemistry, (1926), p33.
- [13]C.Jouenne: Traité de céramique et matériaux minéraux.Tome II, (1964), p 40.
- [14]H.Chambley: Clay sedimentology, (1989), p 36.
- [15]G.Didier: Gonflement cristallin et macroscopique de bentonite. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon, France, (1972), 217p.
- [16]A.Decarreau: Matériaux argileux. Structures, propriétés et applications, (1990), 179p.
- [17]S. Caillère et al : Minéralogie des argiles, 1^{ère} édition, Masson, Paris, (1963),217p.

Bibliographie

- [18] C.Abdelouhab: Elimination sur quelques argiles bentonitiques algériennes de métaux lourds présents dans les eaux résiduaires industrielles cas du Cd(II) et Zn (II). Thèse de Magister, U.S.T.H.B, Alger, (1987), 217p.
- [19] P.HARRY et al : Intoxications aiguës par inhalation de chlorures de Zinc et d'aluminium. J.Toxicol. Clin.Exper, (1989) ,359p.
- [20] Anonyme : Rapport de laboratoire de L'ENOF de Mostaghanem.
- [21] Élie Lévy : Dictionnaire de physique, (1988), 217p.

Résumé

L'adsorption est une technique économique et facile à mettre en œuvre. Elle est largement employée dans l'élimination des polluants à partir des solutions aqueuses.

Dans le but de préserver l'environnement, la bentonite de Maghnia activée avec l'acide chlorhydrique a été employée en vue de tester son efficacité dans la réduction du taux de zinc.

Le temps de contact et la masse de l'argile sont des paramètres qui influent sur le processus d'adsorption développé. Le modèle de Langmuir et le modèle de Freundlich ont été choisis pour la représentation des résultats expérimentaux.

Mots clés : argile, bentonite, adsorption, zinc, Langmuir, Freundlich.

Abstract

Adsorption is an economical and easy to implement technique. It is widely used in the removal of pollutants from aqueous solutions.

In order to preserve the environment, bentonite of Maghnia activated with hydrochloric acid was used to test its efficacies in the reduction of zinc.

The contact time and the mass of the clay are parameters that affect the adsorption process developed. The Langmuir and Freundlich model were chosen to represent the experimental results.

Keywords: clay, bentonite, adsorption, zinc, Langmuir, Freundlich.