

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE EPOPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des sciences appliquées

Département de Génie des procédés

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Science et Technologie

Filière : Science et Génie de L'environnement

Spécialité : Génie des Procédé de L'Environnement

Présenté Par :

ARBAOUI Djaouida

BELKHIRA Meriem

Thème :

Élimination du cadmium par adsorption  
sur une argile locale

Soutenu publiquement le:15/05/2023

Devant le jury composé de:

Chaouiki Mourad

Hasini Zeineb

Bebba Ahmed Abdelhafide

Professeur (UKM Ouargla)

MCB ( UKM Ouargla)

MCB (UKM Ouargla )

Président

Examineur

Encadreur

Année universitaire : 2022/2023

## **Dédicace :**

Louange à Dieu, assez et prières soient sur Habib Al-Mustafa, sa famille et ceux qui sont  
fidèles, quant à ce qui suit :

Loué soit Dieu, qui nous a permis de valoriser cette étape de nom parcours universitaire,  
par ce billet, fruit de l'effort et de la réussite, grâce à lui, le Tout-Puissant, dédié à mon cher  
père, qui est loin et proche à mon cœur, que Dieu ait pitié d'eux.

A tous mes amis, enseignants du primaire à l'université et tous ceux qui m'ont soutenu dans  
ma carrière universitaire.

### **DJAOUIDA**

Après des années d'études, je vais enfin obtenir mon diplôme.

Je dédie ce travail à ma mère, mon père, mon grand-père Mohammed Saifi et ma grand-  
mère Fatima qui m'ont élevé j'espère qu'ils se remettront ma grand-mère.

A mes oncles Bahri, Suleiman, Khadir, Zuhair et tous les membres de ma famille.

A tous mes amis et à tous ceux qui ont eu un impact sur ma vie et que ma plume a oublié.

### **MERIEM**

نرجوا من الله ان يوفقنا في عملنا هذا



## Remerciements :

*Nous remercions Dieu Tout-Puissant qui nous a permis de mener à bien cette recherche scientifique, et qui nous a donné santé, bien-être et détermination.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements et notre gratitude au professeur superviseur Dr. BABBA AHMAD ABDALHAFIDE pour tous les conseils et informations précieuses qu'il nous fournis et qui ont contribué à enrichir le sujet de notre étude dans ses différents aspects.*

*Nous adressons également nos remerciements et notre appréciation aux membres du comité estimé qui ont accepté de discuter de cette étude. Membres du comité de discussion présidé par Dr. CHAOUKI MURAD et discutant par le Dr. HASINI ZAINEB.*

*Nous remercions également le doctorant et responsable du laboratoire du Génie de l'Eau et de l'Environnement en Milieu Saharien pour tous ses efforts et toutes les informations qu'elle nous a données et pour nous avoir fourni les outils utilisés dans ce travail.*

*Nous remercions l'équipage, chaque employé et responsable de CRAPC de nous avoir reçu pour effectuer quelques analyses pour ce travail.*

*Nous adressons également nos sincères remerciements à tous ceux qui nous ont montré un bon impact et qui nous ont encouragés et insufflé en nous l'espoir et la volonté, à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin.*

## Résumé :

Dans notre travail, nous avons utilisé l'argile locale de la ville de Blidet-Omar pour étudier la possibilité d'éliminer les ions cadmium de l'eau par des phénomènes d'adsorption. Une étude des facteurs influents a été entreprise. Nous avons commencés notre travail par la purification de l'argile et la caractérisation de ces propriétés physico-chimiques. Les résultats montrent que l'argile représente 52% de l'échantillon de sol. Ses propriétés se sont avérées être de 65,5% d'illite, 21,8% de kaolinite, 12,7% de quartz et une surface spécifique 113,762m<sup>2</sup>/g et la capacité d'échange cationique de l'échantillon d'argile est égale 20mEq/100ml. Les résultats du traitement des solutions avec de l'argile ont montré sa capacité effective à éliminer les ions cadmium avec un rendement de 93.72%. La vitesse d'agitation, la masse de l'adsorbant et le temps de contact ont eu un effet sur la capacité d'adsorption.

**Mots-clés :** argile, cadmium, adsorption, élimination, Blidet Omar..

## ملخص

استخدمنا في عملنا الطين المحلي لمدينة بلدة عمر لدراسة إمكانية إزالة أيونات الكاديوم من الماء بظاهرة الامتزاز.

تم إجراء دراسة للعوامل المؤثرة بدانا عملنا بتنقية الطين و توصيف خواصه الفيزيائية الكيميائية . أظهرت نتائج ان الطين يمثل 52% من عينة التربة اما خواصه اظهرت نتائج 65.5% ايليت 21.8% كاولنيت 12.7% كوارتز وسعة تبادل الكاتيوني (20ملي مكافئ/100ملغ) و مساحة السطح المحدد 113,762م<sup>2</sup>/غ أظهرت نتائج معالجة المحاليل بالطين قدرته الفعالة على ازالة ايونات الكاديوم بمردود 93.72% كان لسرعة تحريك ووقت تلامس و كتلة الماز تأثير على قدرة الامتزاز.

**الكلمات المفتاحية :** الطين، الكاديوم، الامتزاز، إزالة، بلدة عمر.

### Summary :

In our work, we used the local clay of blidet Omar to study the possibility of eliminating cadmium ions from water by adsorption phenomena, while following the effect of change of the factors affecting adsorption capacity.

At first, work was carried out to purify the clay and determine its physico-chemical properties. It was found that clay represents 52% of the soil sample. Its properties were found to be 65.5% illite, 21.8% kaolinite, 12.7% quartz and a specific surface area of 113.762m<sup>2</sup>/g and the cation exchange capacity of the clay sample is equal to 20mEq/ 100ml.

The results of treating the solutions with clay showed its effective ability to remove cadmium ions with a yield of 93.72%. Stirring speed, adsorbent mass, and contact time had an effect on adsorption capacity.

**Keywords:** clay, cadmium, adsorption, removal, Blidet Omar.

## Liste de tableau:

Tableau II.1 : Propriétés physiques du cadmium.....	19
Tableau II.2 : Propriétés chimiques du cadmium.....	20
Tableau II.3 : Limite réglementaire pour le cadmium métal.....	21
Tableau IV .1 : Résultats du changement de la vitesse d'agitation sur l'élimination du cadmium.....	43
Tableau IV 2 : Résultats du changement de temps de contact sur l'élimination du cadmium.....	44
TableauIV.3 : Résultats de le changement de la quantité d'absorbant pour éliminer le cadmium.....	46

## Liste des figures:

Figure I.01: Structures tétraédrique.....	4
Figure I:02 Structures octaédrique.....	4
Figure I.03 : Minéraux argileux montrant la capacité d'échange cationique .....	6
Figure I.4 : adsorption physique.....	9
Figure I.5 : adsorption chimique .....	9
Figure I.6. Structure zeolites.....	10
Figure I .7: Classification d'équilibre d'adsorption selon leur allure (Giles et Smith, 1974).....	12
Figure II.1 : Cadmium métal .....	18
Figure III.01: Capture d'écran de Google Earth emplacement de l'échantillon.....	29
figureIII.02: Plan de préparation des échantillons.....	32
Figure IV.1 : Trace des valeurs de DRX pour un échantillon d'argile .....	40
Figure IV.2 : Spectre d'absorption infrarouge a transformée de Fourier.....	40
Figure IV.3 : Courbe isotherme de l'azote pour échantillon d'argile étudié.....	41
Figure IV. 04 : MEB la microscopie électronique à balayage MEB d'un échantillon d'argile.....	42
Figure IV 5 : Courbe d'évolution du rendement d'élimination du Cd en fonction la vitesse d'agitation.....	43
Figure IV 6 : Courbe d'évolution du rendement d'élimination du Cd en fonction du temps de contact.....	45
Figure IV 7 : Courbe d'évolution du rendement d'élimination du Cd en fonction du la masse d'adsorbant..	46

## **Liste des abréviations :**

**CEC:** Capacité d'échange cationique

**CRAPC:** Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-Chimiques

**DRX:** La diffraction des rayons X

**EPA:** Environmental Protection Agency

**FAO:** Food and Agriculture Organization of the United Nations

**FDA:** Food and Drug Administration

**FTIR:** Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

**ISO:** International Organization for Standardization

**MEB:** La microscopie électronique à balayage

**OSHA:** Occupational Safety and Health Administration

**pH:** potentiel d'Hydrogène

**SAA:** Spectrophotomètre d'Absorption Atomique

**WHO:** World health Organization

# Sommaire

Dédicace :

Remerciements :

Résumé :

Liste de tableau:

Liste des figures:

Liste des abréviations :

Sommaire

Introduction générale : .....1

## **I.Chapitre : Généralités sur les argiles et le phénomène d'adsorption 2**

A Les argiles : .....	3
Introduction : .....	3
2 Structure et différents types d'argile : .....	3
2.1 Structure d'argile : .....	3
2.2 Différentes types des argiles : .....	5
3 Propriétés des argiles : .....	5
3.1 Surface spécifique : .....	5
3.2 Capacité d'échange cationique (ionique) : .....	6
4 Caractérisations des argiles : .....	6
5 Utilisation des argiles : .....	7
5.1 Matériau de construction : .....	7
5.2 Le domaine médical : .....	7
5.3 Applications agricoles : .....	8
B ADSORPTION .....	8
1 Définition de l'adsorption : .....	8
2 Types d'adsorption : .....	9
2.1 Adsorption physique : .....	9
2.2 adsorption chimique .....	9
3 principaux adsorbants : .....	10
4 Facteurs affectant la capacité d'adsorption : .....	11

4-1 Propriétés de l'adsorbant : .....	11
4-2 Température : .....	11
4-3 pH .....	11
5 Isothermes d'adsorption : .....	11
6 Cinétique d'adsorption : .....	13
7 Applications : .....	14
Les références bibliographiques: .....	15

## **II Chapitre:Généralités sur Cadmium 17**

Introduction : .....	18
2 Propriétés physiques : .....	19
3 Propriétés chimiques : .....	19
4 Impact sur l'homme et l'environnement : .....	20
5 Normes et réglementation : .....	21
6 Caractérisation et Dosage : .....	22
7 Utilisations : .....	24
8 Techniques d'élimination du cadmium : .....	24
Les références bibliographique .....	27

## **III.Chapitre : Matériels et Méthodes 28**

Partie 1 : Préparation et caractérisation des échantillons d'argile .....	29
Partie 2 : Traitement de l'eau .....	35
1 Préparation des solutions synthétiques : .....	36
2 Etude des facteurs influents: .....	36

## **IV.Chapitre : Résultats et discussion 38**

Partie 1 : Déterminer le type et les propriétés de l'argile : .....	39
Partie 2 : Traitement des eaux : .....	42
1/Résultats du traitement des échantillons par l'argile : .....	43
Conclusion .....	47
Annexe.....	50

## **Introduction générale :**

La prise de conscience de la toxicité de la pollution par les métaux lourds pour l'homme et l'environnement a conduit de nombreuses organisations et institutions internationales à élaborer une législation, pour réduire cette pollution, la raison de l'augmentation de la pollution de l'eau par les métaux lourds est due aux sources industrielles et aux déchets industriels liquides qui transportent des ions métalliques dans l'eau et le sol. Le cadmium métal est cumulatif, hautement toxique et insoluble, Les normes ISO 14001 et EU RoHS interdisent l'utilisation de cadmium dans certains procédés de fabrication.

Pour protéger la santé humaine, l'Environmental Protection Agency(EPA) a averti que la valeur maximale autorisée de cadmium dans l'eau potable est de 0,005 ppm, C'est parce que le cadmium a des effets, négatifs sur la santé humaine, comme l'insuffisance rénale et peut entraîner le cancer.

Le cadmium peut être éliminé de l'eau par des méthodes de traitement physico-chimique (précipitation chimique, échange d'ions, électrodialyse, osmose inverse.....), cependant, ces méthodes sont chères et difficile à mettre en œuvre.

Notre travail repose sur l'utilisation d'une argile locale à savoir l'argile de la région de Blidet-Omar pour éliminer le cadmium par adsorption. Cette technique alternative est peu coûteuse, facile à mettre en œuvre et respectueuse de l'environnement.

L'objectif de notre travail est de définir les meilleures conditions pour l'adsorption du cadmium. Les facteurs influents tels que la vitesse d'agitation, le temps de contact et la masse d'argile vont être étudiés.

Notre travail est divisé en deux parties, théorique et pratique, chaque partie contient deux chapitres :

Partie théorique :

Chapitre1 : Dans ce chapitre, nous avons abordé des généralités sur l'argile et les phénomènes d'adsorption.

Chapitre 2 : dans ce chapitre, concerne des généralités sur le cadmium et son élimination.

Partie pratique :

Chapitre 3 : Matériels et méthodes.

Chapitre 4 : Ce chapitre est consacré à la présentation et à la discussion des résultats obtenus.

**I. Chapitre :**

**Généralités sur les argiles et  
le phénomène d'adsorption**

## A- Les argiles

### Introduction

L'homme a été créé à partir d'argile, et depuis des temps immémoriaux, les humains connaissaient le pouvoir de l'argile et ses bienfaits, ils l'ont donc utilisé dans de nombreuses industries traditionnelles et traitements médicaux [1].

Le mot argile vient du latin « Argilla » et ce mot est dérivé de la langue grecque « Argilos » dérivé de « Argos » qui veut dire blanc [2]. L'argile est une substance présente dans la plupart des types des sols. Elle est utilisée dans la fabrication de céramiques et de briques. Les géologues décrivent l'argile comme de très petites particules dont la taille est inférieure à quatre micromètres ( $<4\mu\text{m}$ ) de diamètre, et les scientifiques du sol indiquent que l'argile a des particules dont les diamètres sont inférieures à  $<2\mu\text{m}$  [3].

Le mot argile désigne également un matériau naturel de la terre composé de minéraux argileux et d'autres matériaux. Les minéraux argileux sont des silicates d'eau contenant de l'aluminium, du potassium et d'autres cations qui ajoutent à l'argile ses caractéristiques distinctives telles que la plasticité et le durcissement lors du séchage ou de la combustion [3].

L'argile est un matériau très important en ingénierie et en géologie car il est souvent observé dans la pratique de tous les travaux liés au sol. L'argile a une résistance terrible contre le feu, même le fer ne peut pas résister au feu avec le temps [1]. L'argile se distingue des autres car elle est respectueuse de l'environnement, peu coûteuse et peut être utilisée comme agent de décontamination (par adsorption).

## 2 Structure et différents types d'argile :

### 2.1 Structure d'argile :

La structure, la chimie cristalline, la minéralogie et la chimie de surface de l'argile sont responsables de leur rôle important dans les environnements naturels et de leurs applications environnementales et industrielles utiles. La majorité des minéraux argileux principalement composés de couches contenant des feuilles de silice et

d'alumine qui appartient à la classe des silicates en couches ou au groupe des phyllosilicates [4].

Les scientifiques ont remarqué qu'il existe deux structure de base que tous les minéraux argileux sont composés de :

-**La structure fondamentale tétraédrique** : est composée de quatre atomes d'oxygène (O) formant un tétraèdre avec en son centre un atome de silicium [5].

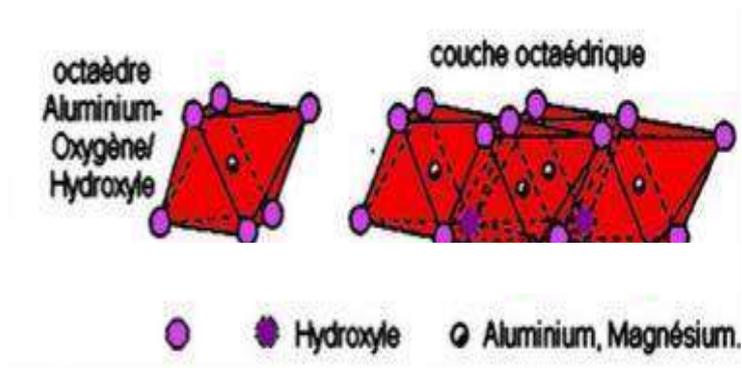


Figure I.01: Structures tétraédrique [6].

-**La structure fondamentale octaédrique** : est une combinaison de six atomes d'oxygène (O) ou molécules d'hydroxyde (OH), placés aux sommets d'un octaèdre qui renferme un atome métallique l'aluminium (Al) ou de magnésium (Mg). Chacun de ces deux atomes peut être remplacé par un atome métallique de fer (Fe), de titane(Ti), de nickel(Ni), de chrome(Cr) ou de lithium(Li) [5].

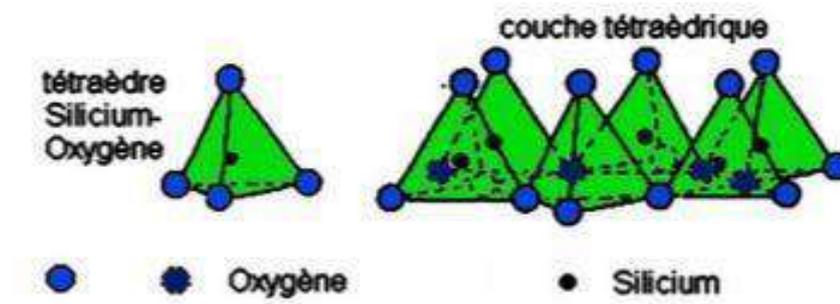


Figure I.02: Structures octaédrique [6].

## 2.2 Différentes types des argiles

Les minéraux argileux appartiennent à un groupe en tant que caractéristique distinctive, qui est le silicate, ou cette couche est constituée de niveaux d'atomes constitués de feuilles tétraédriques(T) et octaédriques(O), et à partir d'eux, les minéraux argileux sont divisés en trois familles [7] :

Famille T-O (type 1.1) à 7 Å : Il se compose d'une couche d'octaèdre et d'une couche de tétraèdre et est considéré comme le plus pauvre d'entre eux car il ne contient que deux couches. L'équidistance caractéristique est d'environ 7,1 Å. La formule de base est  $2\text{SiO}_2 \text{Al}_2\text{O}_3 2\text{H}_2\text{O}$ . Ce type comprend le groupe de kaolinite.

- **Famille T-O-T (type 2.1) à 10 Å** : Il contient deux couches de tétraédrique et une couche octaédrique, qui est plus riche que la première. Sa formule se base est  $4\text{SiO}_2 \text{Al}_2\text{O}_3 2\text{H}_2\text{O}$ . Et ce type correspond à illite.
- **Famille T-O-T-O (type 2.1.1) à 14 Å** : Ce type a une couche de tétraédrique avec une zone de couche octaédrique. La distance entre deux feuillets consécutifs est de 14 Å. Le chlorite appartient à ce type.

## 3 Propriétés des argiles

L'argile a des propriétés physico-chimiques très importantes dans les applications en raison de sa petite taille, ce qu'en fait un matériau important dans divers aspects, y compris l'étude et l'industrie, et parmi les propriétés les plus importantes sont :

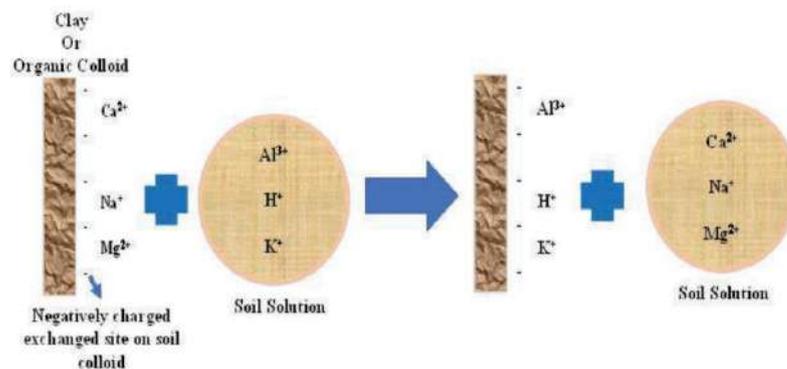
### 3.1 Surface spécifique

On l'appelle aussi la surface massique, qui représente la surface totale par unité de masse exprimée en unités ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) [8]. Les minéraux argileux présentent une surface spécifique élevée en raison de la forte interaction des polluants de l'eau dans le sol, ce qui conduit à une forte réactivité. La réaction varie selon les différents minéraux argileux, car la surface des minéraux argileux dépend principalement de la taille des particules et de la forme des composants qu'elles contiennent. Avec la diminution de la taille des particules, la surface spécifique augmente [10] .

### 3.2 Capacité d'échange cationique (ionique)

Une réaction chimique est définie comme la quantité de cations disponibles pour l'échange avec d'autres cations à un pH donné et est généralement exprimée en mEq/100 [10]. Il se produit par interaction et échange électrostatique. Il se produit en général sur les surfaces des matériaux qui ont une charge électrique. Les corps chargés attirent à leur surface les ions de charge différente et équivalente à eux. L'échange d'ions avec des ions similaires à eux chargés en quantité et en qualité, et c'est ce qu'on appelle l'échange de cations [9].

Les argiles ont grande capacité d'échange cationique (CEC) qui dépend peu du degré de pH, et la capacité d'échange cationique est déterminée par la diffraction des rayons X (DRX) [11].



**Figure I.03 :** Minéraux argileux montrant la capacité d'échange cationique [9].

## 4 Caractérisations des argiles

Une variété de techniques et d'instruments spectroscopiques ont été utilisés pour analyser et caractériser les argiles et les minéraux argileux [9] comme suit :

- **DRX :** La diffraction des rayons X est principalement utilisée pour déterminer la cristallinité des minéraux argileux. Les minéraux argileux distinctifs tels que l'illite, la kaolinite, la smectite, etc. peuvent être identifiés à l'aide du modèle RDX qui donne plus d'informations sur la zone intercalaire. La zone intercalaire est déterminée à l'aide de l'équation de Bragg's ( $n\lambda = 2d\sin\Theta$ ) [9].

- **MEB** :Le microscope électronique à balayage est utilisé pour étudier la topologie de surface des minéraux argileux, décrit principalement la morphologie de surface et est surveillé par l'empilement des couches et la zone inter couche [9].
- **FTIR** : Spectroscopie Infrarouge à Transformé de Fourier : La technique FTIR est utilisée pour identifier le groupe fonctionnel tel que le groupe hydroxyle, le groupe Si-O, Al-O .etc. [9].

## 5 Utilisation des argiles

On sait que l'argile est utilisée dans plusieurs domaines différents depuis l'antiquité, car elle utilisée par l'homme dans la fabrication de ses outils quotidiens, et l'un des peuples les plus anciens utilisant l'argile est le peuple chinois dans la fabrication de poteries et d'ustensiles ménagers en céramique [12], et donc parce qu'il est facile à façonner.

### 5.1 Matériau de construction

On sait qu'un tiers de la population mondiale vit dans des bâtiments construits au moins en partie en argile [13], car l'argile se distingue toujours comme un matériau facile à utiliser, à mélanger et à traiter, en plus des avantages qu'elle procure pour construction dans le temps, car il module l'humidité de l'air car il a la propriété d'absorber l'humidité de l'air [14]. Et l'argile est peu coûteuse, donc son utilisation en architecture réduit les coûts de l'argile [1] et résiste plus que

les autres, car elle se tient fortement, et dans les temps anciens certains matériaux ont été ajoutés à l'argile pour augmenter sa cohésion, comme la chaux, le foin [15].

### 5.2 Le domaine médical

L'argile a de nombreuses propriétés thérapeutiques pour l'homme, en plus d'être un puissant analgésique, elle agit également pour augmenter la température corporelle, améliorer la circulation sanguine et augmenter la vitesse du pouls, ce qui permet de détendre les muscles et de revigorer le corps, il améliore les processus métaboliques dans le cartilage. Et c'est aussi un solvant local et anti-inflammatoire, et améliore le fonctionnement des cellules osseuses à l'intérieur des articulations et des cellules en général, augmentant ainsi la production de liquide intra articulaire. Et est utilisé pour

traiter de nombreuses maladies de la peau telles que le psoriasis et le vitiligo, et dans le traitement des maladies rhumatismales telles que l'arthrite, les maladies neurologiques telles que la paralysie cérébrale ou l'atrophie des cellules cérébrales, et il possède de nombreuses propriétés neurologiques curatives [1]

### 5.3 Applications agricoles

Les recherches archéologiques indiquent que la première utilisation de l'argile par les humains a coïncidé avec les anciennes colonies agricoles lorsque les humains ont planté les graines des premiers grains [3]. L'argile joue un rôle omniprésent dans la modulation de la qualité des sols destinés à l'agriculture. Les particules d'argile apportent une petitesse particulière, et donc une surface extrêmement grande par gramme de sol [15]

## B-ADSORPTION

### 1 Définition de l'adsorption :

C'est un phénomène physico-chimique qui se produit à l'interface entre deux phases [16] Où les adsorbat (atomes, de molécules, ions) s'accablent à la surface de l'adsorbant (surface solide).

L'adsorption est l'une des techniques de sorption [16], et c'est une technologie non destructive qui n'implique qu'un changement de phase des polluants [17] et se caractérise également comme réaction exothermiques [18], Une monocouche peut se former à la surface de l'adsorbant "monolayer adsorption " Ou multicouche où les adsorbants s'accablent "multilayer adsorption »

L'adsorption peut réduire, séparer ou éliminer de nombreuses substances telles que les particules de pigments, les ions métalliques, les dérivés aromatiques par conséquent, il a une application plus large dans le contrôle de la pollution de l'eau [17].

## 2 Types d'adsorption

Il existe deux types d'adsorption que l'on distingue entre eux avec plusieurs différences

### 2.1 Adsorption physique

Certaines surfaces d'adsorbants sont inertes dans le processus d'adsorption en raison de la saturation électronique de leurs atomes, ce qui crée des liaisons faibles.

Dans ce cas, les forces d'attraction naturelles entre les atomes de surface de l'adsorbant et l'adsorbat et c'est ce qu'on appelle l'adsorption de van der waals [18].

Elle est caractérisée par:

- Liens faibles.
- Réversible et Il atteint l'équilibre thermique lors d'un changement de température ou de pression [19].
- monocouche\ multicouch Les couches d'adsorption.
- chaleur d'adsorption 5000 cal/mol [19].

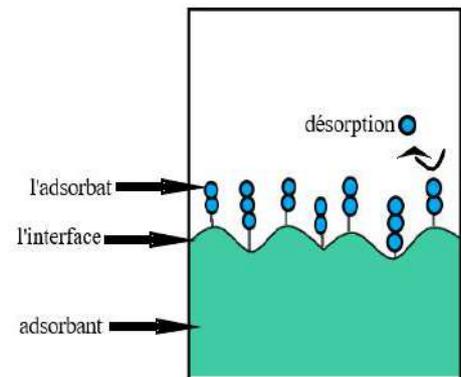


Figure I.4 : Adsorption physique

### 2.2 Adsorption chimique

Dans les surfaces non saturées, des liaisons chimiques fortes se forment entre la surface adsorbant et l'adsorbat, appelées dans ce cas adsorption chimique.

Elle est caractérisée par :

- Des liens forts.
- Non réversible.
- Il se compose monocouche d'adsorbat.
- chaleur d'adsorption entre 10.000 -100.000 cal/mol [19].

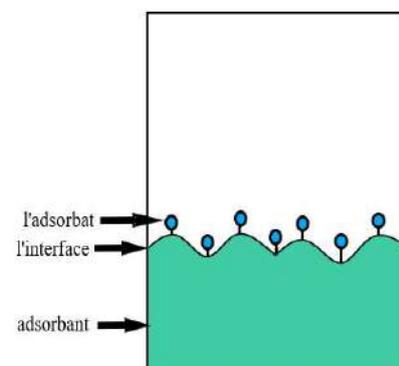


Figure I.5: adsorption chimique

### 3 principaux adsorbants

-**Le charbon actif** : est un matériau poreux (vide) entouré d'atomes de carbone. Il est principalement produit à partir de plantes telles que le bois, les noyaux de fruits et les coques de noix de coco. Il est activé physiquement (thermique) par le dioxyde de carbone, la vapeur ou chimiquement par l'acide phosphorique [20]. La carbonisation a lieu à 400 degrés Celsius, ce qui conduit à la formation de pores, puis l'étape d'activation précédente conduit à ouvrir les pores et à obtenir une grande surface spécifique entre 500 et  $3000 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  [21].

-**Les zéolithes** : Les zéolithes sont des aluminosilicates cristallins poreux constitués d'assemblages de tétraèdres  $\text{SiO}_4$  et  $\text{AlO}_4$  liés entre eux par le partage d'atomes d'oxygène. La formule chimique générale est  $[\text{M}_x/\text{N}[\text{Al}_x\text{Si}_y\text{O}_2(x+y)]]$  [22]. Où X et Y changent selon le type de zéolithe, l'excès de charge négative dû à  $\text{AlO}_4$  est contrebalancé par des cations alcalins ou alcalino-terreux  $\text{M}:(\text{Na}^+, \text{Ca}^+, \text{K}^+, \text{Li}^+)$ ; Des cavités (ou cages) existent dans la structure de la zéolithe et sont reliées par des canaux réguliers (pores) de dimensions moléculaires que les molécules d'absorption peuvent pénétrer; elles ont une porosité interne élevée, de sorte que la majorité de l'adsorption se produit en interne [24]

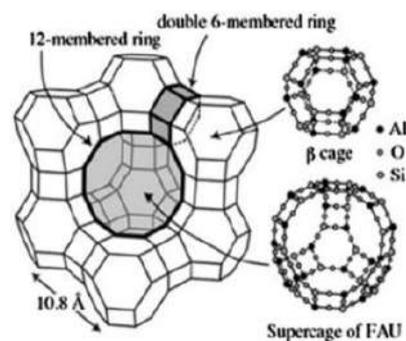


Figure I.6 : Structure zeolites [23]

-**Les alumines activées** : sont obtenues par thermolyse flash du trihydroxyde d'aluminium  $\text{Al}(\text{OH})_3$

Ce qui conduit à la production  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Les alumines activées sont des adsorbants amorphes, moyennement polaires et hydrophiles [25]

#### 4 Facteurs affectant la capacité d'adsorption :

De nombreux facteurs affectent la capacité d'adsorption Cela peut être déterminé empiriquement comme Temps de contact, la vitesse d'agitation, la proportionnalité entre la quantité d'adsorbant et d'adsorbat.

Voici quelques-uns des facteurs qui affectent l'adsorption et à travers lesquels nous choisissons l'adsorbant.

##### 4-1 Propriétés de l'adsorbant :

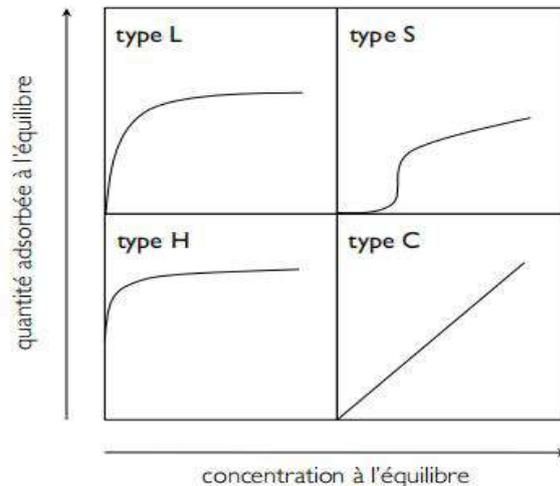
- **Polarité** : Les adsorbants polaires ont tendance à adsorber des composés polaires et l'adsorbants non polaire à tendance à adsorber des composés non polaires [8].
- **Surface spécifique** : L'adsorption est un phénomène de surface qui dépend principalement de la surface soumise à l'adsorption et il est très efficace si la surface adsorbante est grande Ainsi, les surfaces à structure poreuse sont de bonnes surfaces adsorbante [19].

**4-2 Température** : L'adsorption est affectée par la température, car il s'agit d'un processus exothermique [18], de sorte que la quantité d'adsorbant diminue avec une certaine augmentation de la température [19].

**4-3 pH** : Le pH a un effet sur l'adsorption et dans la plupart des cas, les meilleurs résultats sont obtenus au pH le plus faibles [26].

#### 5 Isothermes d'adsorption

Selon Giles et Smith (1974) classent 4 états d'adsorption des molécules dans la phase liquide : les isothermes de type L, S, C et H qui apparaissent



**Figure I.7 :** Classification d'équilibre d'adsorption selon leur allure (Giles et Smith, 1974). [22]

Ces courbes décrivent une relation entre la concentration/pression du gaz adsorbé et la quantité adsorbée

-**Type L** : l'isotherme de Langmuir est caractérisée par une tendance croissante qui commence à diminuer avec l'augmentation de la concentration due à la saturation de l'adsorbant et la surface de l'adsorbant est recouverte d'une monocouche d'adsorbé [27].

-**Type S** : Il augmente avec l'augmentation de la concentration jusqu'à ce que tous les sites de la surface de l'adsorbant soient remplis. Sa capacité d'adsorption est pour quelques faibles concentrations [8].

-**Type H** : Les isothermes de type H C'est un cas particulier de l'isotherme de type L. Ce cas est distingué des autres parce que le soluté montre parfois une affinité si élevée pour le solide que la pente initiale ne peut.

-**Type C** : La courbe linéaire est constante indépendamment de l'augmentation de la concentration.

-Plusieurs modèles isothermes d'adsorption sont utilisés pour étudier les interactions entre les adsorbants et la surface de l'adsorbant dont.

-**modèle de Langmuir** : Pour étudier l'adsorption d'un liquide sur une surface solide, Langmuir a proposé une équation basée sur les hypothèses suivantes :

-chaque site ne peut fixer qu'une seule molécule d'où une adsorption monocouche [22].

-les molécules adsorbées n'exercent aucune interaction entre elles [22].

-Tous les sites d'adsorption à la surface de l'adsorbant sont les mêmes [26].

$$\text{Équation de Langmuir} \quad \frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{k_l q_m} + \frac{C_e}{q_m}$$

$q_e$ : La quantité adsorbée (mg/g)

$q_m$ : La capacité d'adsorption maximale (mg/g)

$k_l$ : Constant Langmuir (l/mg)

**Modèle Freundlich** : Le modèle de Freundlich est un modèle semi-empirique qui prend en compte les inhomogénéités de surface des adsorbants autrement dit, les énergies des sites actifs diffèrent les unes des autres [22] et que la multicouche [23].

$$\text{Équation de Freundlich} : q_e = k_f C_e^{\frac{1}{n}}$$

$q_e$ : La quantité adsorbée sur la surface (mg \ l)

$k_f, n$  : Constant Freundlich

## 6 Cinétique d'adsorption

Il existe divers modèles cinétiques pour décrire le procédé d'adsorption. La cinétique se définit comme étant une "vitesse d'adsorption" L'adsorption d'un soluté par un solide dans une solution aqueuse en fonction du temps ; le taux d'adsorption est affecté par de nombreux facteurs tels que la nature de l'adsorbant et l'adsorbat [28].

La cinétique d'adsorption est contrôlée par les étapes suivantes

1. Le transfert de matière externe : transfert d'un adsorbat d'un liquide à la surface de l'adsorbant (diffusion de film) [28]
2. Le transfert de matière interne : diffusion de l'adsorbat à la surface du adsorbant et à l'intérieur des pores, où le mouvement de l'adsorbat dépend de la taille des pores de l'adsorbant [22].
3. Un processus d'adsorption physique ou chimique se produit à la surface d'interface.

## 7 Applications

L'adsorption est utilisée dans plusieurs domaines dont :

- Purifie l'eau adaptée à l'usage humain de nombreux polluants (métaux lourds, odeurs, couleurs).
- Séparation et purification des gaz.
- Élimination de l'humidité par Gel de silice.
- L'adsorption est largement utilisée dans le recyclage des eaux usées contenant des déchets liquides colorés.
- Fabrication de masques de protection contre les gaz nocifs, composés de gel de silice et de charbon actif, utilisés par adsorption pour filtrer les gaz toxiques.
- Chromatographie d'adsorption [19].

## Les références bibliographiques:

### المراجع باللغة العربية :

- [1]الدكتور مظفر احمد الموصللي،كتاب علاج بالتربة، الطين، الوحل، الرمل. دار الكتب العلمية. ص 4 إلى 29.
- [8]جمال عطية. إزالة التلوث العضوي من مياه الصرف الصحي بمنطقة الوادي باستخدام المعادن الطينية. رسالة دكتوراه كيمياء. جامعة قاصدي مرباح ورقلة.2018.
- [10]مبروك سراوي. استخدام الطين المحلي من منطقة تقرت في تنقية مياه الصرف الصحي. أداة التنقية والظروف المثلى. دكتوراه علوم.2020.
- [13]الدكتور أيمن عبد العظيم ملوك. البناء بمادة التربة جزء 1 في العالم القديم. الباب 1 ماذا يعني البناء بتربة الأرض. مكتبة الانجلو المصرية.ص 42.
- [14] الطالب أحمد المصطفى لبن طوير الجنة. رحلة المنى والمنة. دار الكتب العلمية. ص 30.
- [15]آية الله الدكتور الشيخ محمد صادق محمد الكرباسي. تاريخ المراقد الحسين وأهل بيته وأنصاره. الجزء 8. المركز الحسيني للدراسات . طبعة 1. 2015.ص 15.
- [18]أ.د. محمد مجدي واصل. أسس كيمياء السطوح: امتزاز. طبعة 1. هبة النيل العربية.2007. ص 9 إلى 10.
- [19] -ا.د.حسن أحمد شحاتة، د. محمد فكرى الهادي.أساسيات الكيمياء الفيزيائية الظاهرة السطحية . طبعة الأولى. مكتبة دار العربية. شركة نهضة مصر.2002. ص309 إلى 318.

### -Les Références :

- [2] F. HERNOT, L'argile, son utilisation à l'officine, thèse doctorat en pharmacie, 2016
- [3] S.MUHKERJEE. The science of clays: Applications in industry, Engineering and Environment.Springer.2013.pp3 à 18.
- [4] M. K. Uddin.2017. Chemical Engineering Journal 308 (2017) 438-462.
- [5] V.ROBITAILLE,D.TEMBLAY. Mécanique des sols : théorie et pratique. MODULO 1997. Ch: 3.79 à 80.
- [6] <https://www.le-comptoir-geologique.com/clay-glossary.html> 2023/04/1 14:00
- [7]BOUZID Samia. Adsorption de polluants organiques sur une argile échangée aux phosphoniums. Doctorat en Sciences en chimie.2015. Université Oran.
- [9]G. M. d. NASCIMENTO. Clays, Clays minerals and Ceramic Materials Based on Clays minerals. IntechOpen. 2016.pp33 à 35.

- [11]G, B. K. G. THENG, FAIZA Bergaya. Handbook of Clay science. CH 1. ELSEVIER ;2011, pp9.
- [12]<https://m.marefa.org> 2023/03/30 23:30
- [16]S Vasta, the state of Art of Thermo-Chemical Heat Storage: thermochemical Heat Storage, MDPI AG. 2020; pp10.
- [17] G Crini, P Badot, Sorption Processes and Pollution: An introduction, Presses universitaires de Franche-Comté. 2010 ; pp34.
- [20]H Marsh.Francisco Rodríguez Reinoso .Activated Carbon.Elsevier Science.2006.pp2-3
- [21]Bouia Rabia.2021.Etude comparative de l'élimination de Colorants textiles par deux adsorbants : naturel et active .thèse de doctorat. Université Djilali Liabes. Sidi bel-abbés. Algérie
- [22]Tony Merle.2009.conlage des procédés d'adsorption et d'ozonation pour l'élimination de molécules bio-récalcitrantes. Thèse de doctorat. Université de toulouse.
- [23]Ken Aldren Sumaya Usman.Salvador Buenviaje ET all.2018.Utilizing Silica from Rice Hull for the Hydrothermal Synthesis of Zeolite Y.pp19
- [24] B Crittenden.W John Thomas.Adsorption Technology and Design.Elsevier Science.1998.pp24-24
- [25] serge moreau.l'adsorption et l'environnement. Publié le : 01.12.03.consulté le : 10/05/2023.<https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-physique/thermodynamique-chimique/l-adsorption-et-l-environnement>
- [26]Emna ERRAIS.2011.Réactivité de surface d'argiles naturelles Etude de l'adsorption de colorants anioniques. Thèse de doctorat. UNIVERSITE DE STRASBOURG. France.
- [27]CH. MUSTANSAR HUSSAIN, R KECILI, CH GHAZANFAR HUSSAIN. Sample Preparation with Nanomaterials:adsorption mechanism.Wiley. 2021. pp49
- [28] GENEVIÈVE RIVARD.2011.CINÉTIQUE D'ADSORPTION DES CONTAMINANTS DE L'EAU BLANCHE SUR LES FINES.MÉMOIRE PRÉSENTÉ COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DES PÂTES ET PAPIERS.UNIVERSITÉ DU QUÉBEC. Canda.

I. Chapitre :

Généralités sur Cadmium

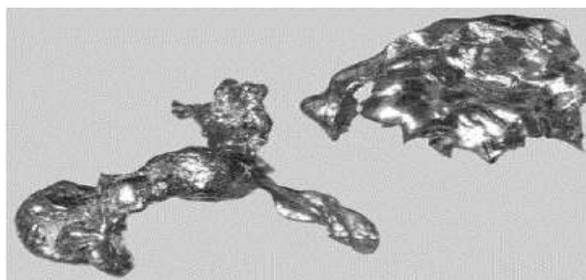
## Introduction

Les métaux lourds (métalloïdes) sont définis comme des éléments minéraux qui ont une densité élevée  $\cong 5$  et sont supérieurs à l'élément carbone, ils sont donc appelés métaux lourds. Ils sont naturellement présents dans l'environnement et ne sont pas sujets à décomposition, mais la plupart d'entre eux sont résultat d'activités humaines telles que l'industrie et l'agriculture, de sorte qu'ils se propagent dans l'environnement et restent dans le sol, l'air [1].

Le cadmium est un élément chimique avec le symbole Cd c'est un métal lourd naturellement présent dans la croûte terrestre, son numéro atomique est 48 ; Le cadmium occupe le deuxième groupe IIB du tableau périodique, plus précisément le cycle 5 et le groupe 12, il a été découvert pour la première fois en Allemagne en 1817 en tant qu'impureté dans le carbonate de zinc par Friedrich Strummer [2]

Le cadmium (en latin *cadmia*) est dérivé du grec *kadusia* qui signifie calamine [1], et c'est un métal doux et blanc argenté, il n'existe pas dans un environnement sous forme de métal pur mais combiné avec de l'oxygène (oxyde de cadmium) ou du chlore (chlore de cadmium) ou du soufre (sulfate de cadmium, sulfure de cadmium). Ces composés sont des solides qui peuvent se dissoudre dans l'eau à des degrés divers, et il n'a ni odeur ni goût qui le distingue et il peut être trouvé dans l'eau et l'air [3].

Le manque de matières premières à partir desquelles le cadmium est extrait sa production en fait une des fonctions de la production de zinc[2] et une partie du cadmium peut être récupérée à partir de la poussière de combustion des fonderies de plomb et de cuivre autrement dit, le cadmium est extrait comme sous-produit lors de la production d'autres métaux , la Greenockite ( $CdS$ ) est un composant du cadmium et c'est le minerai de cadmium le plus courant.



**Figure II.1** : Cadmium métal [4].

## 2 Propriétés physiques

Le cadmium métal est un élément symbolisé par Cd. c'est un solide à structure cristalline hexagonale, il existe huit isotopes naturels du cadmium. Ses propriétés physiques sont résumées dans le tableau ci-dessous [4] :

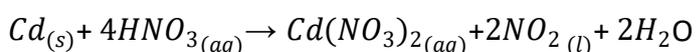
**Tableau II.1** : Propriétés physiques du cadmium.

Propriétés physiques	Cd
Numéro atomique	48
Masse atomique	112,40.
Densité	8,65 g.cm <sup>-1</sup> à 20 °C.
Point de fusion	321 °C.
Point d'ébullition	765 °C.
conductivité thermique	96,8 W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>

## 3 Propriétés chimiques

Le cadmium est similaire au zinc, avec des propriétés similaires. Le cadmium est un élément chimique de métal de transition et il réagit facilement avec les acides non oxydants pour produire de l'hydrogène et l'ion divalent, mais il ne se dissout pas dans une solution alcaline [5], il a donc une résistance supérieure aux environnements alcalins et une excellente résistance à l'eau salée et aux atmosphères tropicales [3].

-Le cadmium se dissout dans l'acide nitrique :



Le cadmium réagit facilement lorsqu'il est chauffé avec de l'oxygène pour donner des oxydes, car il interagit directement avec les halogènes S, Se, P [5].

Certaines des propriétés chimiques du cadmium sont [2] [4] :

**Tableau II.2** : Propriétés chimiques du cadmium.

Propriétés chimiques	Cd
Etat oxydatif	+2
Electronégative	1,69.
Solubilité (l'eau)	Insoluble.
Solvant organiques	Acide, NH4 NO3...
Degré d'auto-inflammation	250 °C.

## 4 Impact sur l'homme et l'environnement

### 4.1 Impact sur la santé humaine

Le cadmium a des effets et des symptômes graves sur le corps humain et ses différents tissus, car il s'accumule dans le foie et les reins [3].

Le cadmium affecte principalement les reins et peut entraîner une altération de la fonction rénale (insuffisance rénale), l'incidence de l'insuffisance rénale dans la population des zones polluées au cadmium s'est avérée plus élevée chez les personnes âgées que chez les jeunes [3].

L'inhalation de niveaux élevés de vapeurs ou de poussières d'oxyde de cadmium entraîne une irritation sévère des tissus du système respiratoire, de sorte qu'après une exposition prolongée, des symptômes apparaissent, notamment toux, fièvre, etc. qui infectent et endommagent les poumons. Respirer de l'air des niveaux élevés de cadmium endommage gravement les poumons et peut entraîner la mort, un autre effet à long terme est l'ostéoporose [3].

Le risque de développer un cancer du poumon est accru pour les travailleurs qui les qui travaillent avec des matériaux contenant du cadmium [3].

### 4.2 Impact sur l'environnement

De petites quantités de cadmium pénètrent dans l'environnement à partir de la décomposition naturelle des roches ou des incendies de forêt ou volcans, mais la majeure partie du cadmium qui pénètre dans l'environnement provient de l'activité humaine. Il peut pénétrer dans l'air lors de combustion du charbon et des déchets ménagers, ainsi que des processus d'extraction et raffinage des métaux. Il peut pénétrer dans l'eau à partir de l'évacuation des eaux usées des ménages ou des industries. Les engrais contiennent souvent du cadmium qui pénètre dans le sol lorsque les engrais sont appliqués sur les cultures. Et à partir de là, les poissons, les plantes et les animaux

peuvent absorber du cadmium dans leur corps, car c'est par l'eau, l'air et le sol qui sont également contaminés. Lorsque le cadmium pénètre dans l'air, il parcourt une longue distance avant de redescendre au sol sous forme de poussière ou de pluie, il ne se décompose pas dans l'environnement et reste longtemps au même endroit où il est entre [3].

## 5 Normes et réglementation

Le cadmium existe à de faibles niveaux dans l'environnement, mais il est insoluble et s'accumule dans le sol, les plantes et le corps humain. Selon l'Organisation mondiale de la santé [6], le cadmium se trouve dans l'air ambiant sous forme de particules contenant de l'oxyde de cadmium et dans l'eau. Normalement les concentrations de cadmium dans l'eau naturelle non contaminée sont inférieures à 1 µg/L l'alimentation en est la principale source de la consommation de cadmium pour les personnes qui ne sont pas exposées professionnellement. Les cultures peuvent contenir du Cd cultivé sur des sols contaminés ainsi que la viande d'animaux qui paissent sur des pâturages contaminés ont des concentrations plus élevées de cadmium les niveaux dans les fruits, la viande et les légumes sont généralement inférieurs à 10 µg/kg. En raison de la toxicité du cadmium pour l'homme, des normes ont été établies par l'Organisation mondiale de l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Organisation mondiale de la santé (WHO) [7]. Une norme pour la quantité qu'une personne peut manger est de 25 µg par kg du corps humain.

**Tableau II.3 : Limite réglementaire pour le cadmium métal [1]**

<b>Métaux lourds</b>	<b>EPA limite dans l'eau potable (ppm)</b>	<b>OSHA limite dans l'air du lieu de travail (mg)</b>	<b>FDA limite en eau en bouteille/nourriture (ppm)</b>	<b>EPA concentration maximale admissible dans les eaux naturelles (mg/m<sup>3</sup>)</b>
Cadmium (Cd)	0,005	5	0,005	10

## 6 Caractérisation et Dosage

Avant de procéder à la détection et à la quantification des métaux lourds, l'échantillon doit être préparé compte tenu des faibles concentrations de métaux lourds et les séparer des matériaux associés.

Par conséquent, le processus d'extraction en phase solide ou liquide est la méthode la plus largement utilisée pour préparer les échantillons, car il est basé sur la division sélective de l'analyte en un faible volume ou masse pour la phase d'extraction et sa séparation de l'échantillon d'origine.[8];Il est extrait dans une phase solide) SPE ) dans laquelle un matériau absorbant solide (charbon actif, silice, alumine) est utilisé pour retenir les ions métalliques et les séparer du reste des composants. Pour l'extraction et le pré concentration des métaux lourds, l'échange d'ions et la chélation avec des groupes contenant O, N et S constituent les principales réactions de rétention de l'analyte sur les adsorbants solides [8] avant l'identification par une technique de détection appropriée.

### -Dosage de techniques d'analyse spectrale

#### ➤ -Spectroscopie d'absorption atomique(AAS) :

Au début, une solution contenant des ions cadmium est aspirée vers l'appareil, où le processus de pulvérisation cathodique a lieu pour éliminer le cadmium de la cathode. Ensuite, il est exposé à une flamme pour atomisation après cela, il a été exposé à une source de faisceau spéciale de cadmium uniquement, de sorte que les électrons sont excités et qu'ils se déplacent vers un niveau d'énergie supérieur lorsqu'il revient à un niveau d'énergie d'origine, il tire un faisceau sur lequel la quantité de concentration de cadmium dans l'échantillon est mesurée.

Il existe deux types : spectroscopie d'absorption atomique à four graphite(GFAAS) ou spectroscopie d'absorption atomique électrothermique (ETAAS) et spectroscopie d'absorption atomique à flamme(FAAS) Ils fonctionnent sur le même principe

➤ **Spectroscopie d'émission atomique à plasma à couplage inductif (ICP-AES):**

C'est l'excitation d'un métal à l'aide d'un plasma à couplage inductif, qui est un type de plasma produit par induction électromagnétique d'un courant électrique en présence d'un gaz (généralement de l'argon) Lorsque des fils électriques sont enroulés autour d'un tube qui contient le gaz, et par induction électromagnétique, le gaz s'ionise et le plasma se forme à une température pouvant atteindre 10.000 °K. L'échantillon contenant du cadmium et de l'argon gazeux est passé à travers un tube sous la forme d'un atomiseur, lorsqu'il traverse le plasma, il y a atomisation, puis il s'excite et lorsqu'il revient à son niveau d'énergie d'origine, il émet un rayonnement spécifique au cadmium, et sa concentration est mesurée en parties par million (ppm).

**-Dosage utilisant de technique électrochimique**

➤ **Technique potentiostatique Ampérométrie**

Il est basé sur le calcul du courant résultant de l'oxydation du cadmium suite à l'application d'une potentiel spécifique entre l'électrode de travail et l'électrode de référence ; l'électrode de travail est celle qui mesure le courant d'oxydation, car l'oxydation du cadmium se produit à sa surface et à partir de là, la concentration de cadmium dans l'échantillon est déterminée.

La Technique volta métrique fonctionne sur le même principe que l'ampérométrie.

**-Dosage nucléaire**

➤ **-Neutron activation analyses (NAA) :**

Dans un réacteur nucléaire, l'échantillon est bombardé de neutrons, qui interagissent avec le noyau  ${}^{A+1}_{Z}X$  puis passe à un état excité qui libère des rayons gamma a ce stade, il sature un échantillon radioactif qui commence à se décomposer avec la libération de "  $\beta^-$  ", il émet donc des rayons gamma distincts pour chaque élément, et en conséquence, la quantité de cadmium présente dans l'échantillon est déterminée.

## 7 Utilisations

Le cadmium et ses composés sont utilisés dans plusieurs matériaux de consommation et industriels, notamment :

- Le cadmium est utilisé dans la fabrication de batteries telles que la batterie rechargeable au nickel-cadmium [1].
- L'utilisation du cadmium dans la fabrication de peintures et de colorants. [3].
- Son utilisation dans certains alliages métalliques [3].
- L'utilisation du cadmium dans les engrais pour les cultures agricoles [3].
- L'utilisation de carbonate de cadmium et chlorure de cadmium a également été trouvé comme fongicides pour les terrains de golf et le gazon domestique [3].
- Le cadmium est utilisé en médecine dans fabrication d'organes artificiels [1].
- Le cadmium est utilisé dans les teintures de vêtements qui sont teints avec des colorants instables et sont considérés comme de mauvais vêtements car le métal toxique peut en être libéré [1].

## 8 Techniques d'élimination du cadmium

### 1-Méthodes d'élimination qui dépendent du processus d'adsorption :

**-Bio-adsorption** : C'est l'utilisation de la biomasse (champignons ; algues ; bactéries) pour ses propres surfaces cellulaires pour retenir les métaux lourds, et c'est un processus négatif, non métabolique, dans lequel des interactions se produisent entre le polluant (chargé positivement) et la paroi cellulaire du micro-organisme (chargé négativement) [9]. Les résidus agricoles contenant de la cellulose montrent une grande capacité à absorber les métaux lourds par exemple l'éradication du Cd(II) de la paille de riz des eaux usées a été utilisé avec succès comme biosorbant potentiel, et la capacité d'adsorption de la noix de coco a montré une élimination du cadmium (II) de 285,70 mg/g. [10]

Les inconvénients du processus de bio-adsorption sont que vous ne pouvez pas le contrôler s'il y a des polluants ou d'autres éléments dans le milieu réduit sa capacité d'adsorption de l'ingrédient cible mais l'un de ses avantages est qu'il est peu coûteux

### **-Adsorption sur charbon actif :**

Le charbon actif est principalement produit à partir de plantes telles que les coques de noix de coco et le bois après les avoir brûlées, et il est largement utilisé pour éliminer les métaux lourds de l'eau ; il a prouvé sa capacité à éliminer le cadmium des nombreuses manières par lesquelles il a été préparé, par le phénomène d'adsorption en raison d'une grande surface spécifique qui le caractérise.

### **2-Électrodialyse :**

Se compose d'un certain nombre de chambres successives, comprenant un certain nombre de membranes positives et négatives placées alternativement ; Lorsqu'un potentiel électrique est appliqué, les ions et cations se déplacent à travers des chambres. L'électrodialyse a des applications dans le dessalement de l'eau et l'élimination des ions métalliques, selon une étude, il a prouvé sa capacité à éliminer le cadmium de l'acide phosphorique en augmentant l'intensité du courant et la vitesse d'écoulement de la solution [11].

### **3-Précipitation chimique :**

C'est une réaction chimique entre deux éléments pour former un solide ; Il a prouvé sa capacité à éliminer le cadmium de l'eau, comme cela a été fait dans une étude [7] utilisant de l'hydroxyde de sodium (NaOH) et la chaux (CaO).

Les meilleurs résultats étaient :

-Avec l'utilisation d'hydroxyde de sodium : à son pH=8 et la chaux (CaO) : à son  $m_{CaO}=1000\text{mg/l}$  et  $\text{ph}=7.5$  l'élimination du cadmium atteint % 99 [12] .

**4-Osmose inverse :**

Le processus de maturation inverse est connu sous le nom de transfert d'eau à traiter à travers une membrane semi-perméable qui permet le passage de l'eau uniquement d'un mélange de concentration plus élevée à un mélange de concentration plus faible sous une pression ,de nombreux polluants tels que les métaux, les colorants et les bactéries peuvent être isolés grâce à la membrane semi-perméable. Elle est également utilisée pour séparer les sels dans le dessalement de l'eau.

**Les références bibliographique :****مراجع العربية**

[1]-الدكتور سعد الله نجم النعيمي، تسمم الانسان بالعناصر الثقيلة.دار الكتب العلمية. 2020 . ص 4الى28

**Référence:**

- [2]-J. M. Lucas. Cadmium. Department the Interim bureau of Mines, Chap1. 1979. p: 1à2.
- [3]J Taylor, Rob DeWoskin, J.Wayne. Spoo, prepare par: research triangle institute. . Toxicological profile for cadmium Draft. US. Department of Health and Human Services, Public health services, agency for toxic subs and disease registry. 1997. pp1 à206 .
- [4]WIKIPEDIANS. Chemical Elements, The first 118 elements, ordered alphabetically. Cadmium. pp152 à 163.
- [5]E. C Foulkes. Cadmium. CH 1. Springer. 2012. USA. pp 1
- [6]J. Contruvo. J, Cotruvo ET Associates et al, 2011, cadmium in Drinking water, ENVIRONMENTAL LEVELS AND HUMAN EXPOSURE, World Health organization. P: 1à2.
- [7]-Food and Agriculture Organization of the United Nations, Codex Alimentarius Commission. 2018. (consult le : 15/05/2023),  
<https://www.fao.org/news/story/en/item/1143286/icode>
- [8]Inamuddin and al, Remediation of Heavy Metals: Sample Preparation for Elemental Analysis of Heavy Metals, Springer, 2021. pp7-15.
- [9]Michele Greque de Morais, Munise Zapparoli, Barbara FrancoLucas, et al, Algal Biotechnology, Microalgae for bioremediation of pesticides: Overview, challenge, and future trends, 2022, Elsevier Science, p : 63à78
- [10]Faizan Ahmed, Sadaf Zaidi, Emerging contaminants, Potential Use of Agro/Food Wastes as Biosorbents in the Removal of Heavy Metals, IntechOpen, 2020, p: 1à8.
- [11]W Mecibah, R Delimi and M Gabli, 2012. Elimination du cadmium de l'acide phosphorique par électrodialyse, Rev. Sci .Techno. Synthèse 24 : 84à90.
- [12]-Jemjami Saloua, Taoufik M, Moufti A et al, INDUSTRIAL REJECTION : REMOVAL OF HEAVY METALS BASED ON CHEMICAL PRECIPITATION AND RESEARCH FOR RECOVERABLE MATERIAL IN BYPRODUCTS, Journal of Engineering technologies and Management Research,2020,520,pp.39-43.

## **II. Chapitre :**

# **Matériels et Méthodes**

## Partie 1 : Préparation et caractérisation des échantillons d'argile

### 1 Préface

Afin de bénéficier et d'exploiter l'argile pour traiter l'eau polluée, il faut d'abord extraire l'argile sous sa forme pure du sol. Une fois l'argile purifiée on procède à la caractérisation de ces propriétés physico-chimiques par divers méthodes comme : DRX, FTIR, BET, SEM/EDX, CEC.

### 2 Site de collecte d'échantillons

L'échantillon d'argile a été prélevé près de la commune de Blidet-Omar entre la latitude  $32^{\circ}56'27''N$  et la longitude  $5^{\circ}55'45''E$  de la wilaya de Touggourt.



Figure III.01 : Capture d'écran de Google Earth emplacement de l'échantillon.

### 3 Détermination de la texture du sol

Dans ce travail, la texture du sol a été déterminée afin de connaître le pourcentage d'argile dans l'échantillon de sol étudié. Pour cela, la méthode hydrométrique standard (NFP94.057" Mai 92") a été utilisée selon les étapes suivantes :

#### **Étape 01 : Séchage de l'échantillon de sol**

Afin de sécher l'échantillon, nous le mettons dans un récipient en aluminium et le mettons dans un four à une température de  $105^{\circ}C$  jusqu'à ce qu'il sèche.

**Étape 02 : Séparation préliminaire des particules grossières du sol**

- ✓ Nous pesons 1 kg d'argile préalablement séchée et le mettons dans un récipient en aluminium et le plongeons dans l'eau et le laissons se désintégrer pendant environ une heure
- ✓ Nous le tamisons à travers un tamis de 0,08 mm, et le déplaçons avec une brosse jusqu'à ce qu'il descende, et nous utilisons de l'eau pour le tamisage.
- ✓ Le reste est pris sur le tamis et mis à sécher dans un four à une température de 105°C.
- ✓ Une série de tamis sont placés les uns sur les autres dans l'ordre du plus grand au plus petit (5-2-1-0,3-0,2-0,1-0,08 mm) et la partie séchée et le poids de ce qui est en suspension dans chaque tamis sont tamisés.

**Étape 03 : Méthode hydrométrique**

Pour déterminer les proportions constitutives de la pièce qui passe au tamis de 0,08 mm, elle est séchée à une température de 105°C et broyée humide, puis 40 g en sont prélevés pour analyse par la méthode hydrométrique comme suit :

- Mettre la quantité de 40 g dans la tasse du mélangeur et ajouter 30 cm<sup>3</sup> de solution d'hexa-méta-phosphate de sodium (5%) et d'eau distillée et mettre le mélange dans un mélangeur électrique et agiter pendant 5 minute.

Ensuite, le mélange est versé dans un tube à essai de 1 litre (1000mm), et de l'eau distillée y est ajoutée jusqu'à la ligne de calibre et laissée pendant 24h.

- Après 24h, il a été agité manuellement, la température a été mesurée, un hydromètre a été placé et une lecture a été prise à différents moments.

Pour déterminer les proportions constitutives de la pièce qui passe au tamis de 0,08 mm, elle est séchée à une température de 105°C et broyée humide, puis 40 g en sont prélevés pour analyse par la méthode hydrométrique comme suit :

- Mettre la quantité de 40 g dans la tasse du mélangeur et ajouter 30 cm<sup>3</sup> de solution d'hexa-méta-phosphate de sodium (5%) et d'eau distillée et mettre le mélange dans un mélangeur électrique et agiter pendant 5 minute.

Ensuite, le mélange est versé dans un tube à essai de 1 litre (1000mm), et de l'eau distillée y est ajoutée jusqu'à la ligne de calibre et laissée pendant 24h.

- Après 24h, il a été agité manuellement, la température a été mesurée, un hydromètre a été placé et une lecture a été prise à différents moments.

#### **Étape 04 : Collecte des données**

Après avoir recueilli les résultats des étapes 2 et 3, nous les entrons dans un programme afin d'obtenir une courbe graphique qui nous permet de déterminer la texture du sol, de connaître les pourcentages des composants du sol et de déterminer leur type.

#### **4 Préparation des échantillons d'argile**

Pour déterminer les caractéristiques et le type d'argile, nous devons d'abord séparer l'argile sous forme pure de l'échantillon de sol. Pour cela, nous utiliserons un tamis d'un diamètre de 2 micromètres. Pour faciliter le processus de tamisage, nous effectuons un ensemble d'opérations sur l'échantillon de sol :

- ✓ Nous mettons l'échantillon de sol dans un récipient en aluminium, le recouvrons d'eau et le laissons jusqu'à ce qu'il se disperse pendant environ une heure.)
- ✓ A l'aide d'un tamis de 45 micromètres, on tamise la terre humide, afin de se débarrasser du sable fin,)
- ✓ Nous séchons l'échantillon pendant 24 heures à 110°C.)
- ✓ Afin de se débarrasser des matières organiques, mettre 40 g de l'échantillon dans un gobelet propre avec de l'eau oxygénée 20 volumes (v20) jusqu'à ce qu'il soit immergé, agiter et laisser reposer 24 heures.)
- ✓ Nous effectuons le processus de rinçage en aspirant lentement pour éliminer la plus grande partie du liquide flottant.)
- ✓ Avec de l'eau distillée plusieurs fois, en laissant le mélange jusqu'à ce qu'il stagne et se dépose, puis nous effectuons le processus d'aspiration.)
- ✓ Pour éliminer les carbonates, on ajoute 1 acide chlorhydrique ordinaire (HCl) au contenu de la tasse précédente et on chauffe à 70°C.)
- ✓ Aspirez lentement pour vous débarrasser de la plus grande partie du liquide flottant, en faisant attention car le liquide peut laisser couler une quantité d'acide.)
- ✓ Nous lavons plusieurs fois le contenu de la tasse avec de l'eau distillée.)



### La diffraction des rayons X (DRX):

La diffraction des rayons X est utilisée pour déterminer la structure des cristaux

Afin de déterminer les spectres de rayons X, le Panalytical PRO X'pert a été utilisé, selon les conditions suivantes : longueur d'onde  $540598.1 \text{ \AA} = \lambda_{\text{CuK}\alpha 1}$ , la cathode de cuivre utilisée, sous tension taux d'angle de fin de  $119,9956^\circ (2\theta)$ , angle de démarrage de  $5,0026^\circ (2\theta)$ , courant de 40 mA et intensité de 40 KV 0.0030 (2 $\theta$ ) volume de pas  $\text{min}^\circ / 3.8331 \text{ a}$ .

### Spectroscopie infrarouge à test de Fourier (FTIR) :

Un spectromètre SHIMADZU 1-Affinity IR a été utilisé. La gamme de longueurs d'onde était de 4000 à 400  $\text{cm}^{-1}$ . Les pastilles d'échantillon ont été pressées sous pression 80 kN contenant un mélange de 1% d'argile sèche avec KBr.

### Détermination de la surface spécifique par technique BET:

La méthode consiste à déterminer la quantité d'adsorbat ou de gaz d'adsorption nécessaire pour revêtir les surfaces poreuses externes et internes accessibles d'un solide d'une monocouche complète d'adsorption. Cette quantité monocouche d'isotherme d'adsorption peut être calculée à l'aide de l'équation BET.

Un appareil de type ASAP 2020 V4.03 (V4.03 J) a été utilisé afin de déterminer la surface spécifique. La surface spécifique a été déterminée en mesurant l'adsorption et la désorption d'azote à 123,77 K et 10 minutes de l'intervalle d'équilibrage et le temps pris 12 heures, et la pression relative était  $(P_0 / P)(29,0 - 02,0)$  et en adoptant une valeur de 1620,0 nm pour la surface de la molécule d'azote.

S'équilibrer et on calcule la quantité de gaz.

### Microscope électronique à balayage (MEB):

Le microscope électronique à balayage se compose d'une colonne optoélectronique est utilisé.

L'échantillon d'argile concassée tamisé au tamis de 40 micromètres est prélevé à la cuillère et étalé sur un support carbonique, les particules en excès sont éliminées à l'aide d'un séparateur de particules, ceci va permettre une répartition homogène de

l'échantillon. On attend environ une heure qu'il se dépose ou qu'il sèche pour éviter une érosion de l'échantillon.

#### Capacité d'échange cationique (CEC):

Dans cette étude, nous suivons la procédure décrite dans la norme française 130-31 NFX AFNOR pour déterminer capacité d'échange cationique, qui peut être résumée en un ensemble d'étapes:

- ✓ **Étape 1** : Dans un bécher, mettez 10 g d'échantillon d'argile et ajoutez-y 40 ml de solution d'acétate Ammonium  $\text{NH}_4\text{COOH}$  et 1 mol/l Agiter pour bien mélanger et laisser le mélange pendant une journée complète (le but de ce processus est de permettre à tous les sites d'échange d'être remplis avec l'ion ajouté)
- ✓ **Étape 2** : Le lendemain, secouez bien le contenu de la tasse et effectuez le processus de filtration sous vide à l'aide d'un papier filtre de 45,0  $\mu\text{m}$ .
- ✓ **Étape 3** : Sur le même entonnoir de filtration qui contient la suspension produite à l'étape précédente, nous effectuons le processus de lavage sous vide, en versant 30 ml de la solution d'acétate d'ammonium précédente, le processus de lavage est répété quatre fois (Cette étape a été effectuée pour s'assurer que le processus d'échange de cations était terminé).
- ✓ **Étape 4** : Sur le même papier filtre contenant l'échantillon de suspension obtenu à l'étape 3, nous effectuons le processus de lavage sous vide en versant délicatement 40 ml d'isopropanol ( $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$ ), (le but de cette étape est débarrasser des résidus d'acétate d'ammonium qui n'ont pas eu lieu d'échange de cations), pour s'assurer que le processus est répété trois fois.
- ✓ **Étape 5** : Versez le filtrat dans le dispositif de filtrage sous le four Palma, Ensuite, nous réinstallons l'appareil tout en conservant le contenu de l'entonnoir, après quoi nous effectuons le processus de lavage en versant 50 ml de solution de KCl (1 mol/L) sur le papier filtre contenant l'échantillon d'argile. Nous répétons le lavage quatre fois. Le but de cette étape est d'expulser l'ion qui a causé l'échange de cations (  $\text{NH}_4$  ) (appelé ion déplacé) et remplacé par un cation potassium K ) est appelé le cation déplacé.
- ✓ **Étape 6** : L'échantillon de filtrat résultant de la cinquième étape, qui contient l'ion filtré, est placé dans un flacon 250 ml d'étalon, puis on continue jusqu'à la

ligne d'étalonnage avec une solution de KCl 1 mol/L, on agite bien pour homogénéiser la solution.

- ✓ **Étape 7** : Déterminer la concentration molaire en ion ammonium (NH<sub>4</sub>) par méthode colorimétrique et nous avons utilisé à cet effet un appareil DR3900 et le détecteur LCK303.

**Cette partie a été réalisée dans le cadre du doctorat du Dr. Serroui Mabrouk.**

## **Partie 2 : Traitement de l'eau**

Dans cette partie du travail, nous réaliserons quelques opérations et essais au niveau du laboratoire afin de déterminer les conditions optimales d'élimination du cadmium métal par adsorption sur argile à partir de solutions aqueuses préparées, les conditions sont représentées dans la vitesse d'agitation, le temps de contact et la masse de l'adsorbant afin de réduire la pollution.

### **-Les matériaux utilisés**

- Bécher
- Firole jaugée
- Éprouvette graduée de 100ml
- Spatule
- Papier filtre

### **-Les produits utilisés:**

- Eau distillée
- Argile de Blidet Omar
- Cadmium nitrate hexahydrate 96%
- Réactif de cadmium

### **-Appareils utilisée :**

- Balance sensible (image 2 en annexe)
- pH mètre
- thermomètre.
- Jar test:
- Spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA) de type AA800D (image 7 en annexe).

## 1 Préparation des solutions synthétiques :

On prépare une solution mère de cadmium à raison de 10 mg/l de cadmium.

- Dissoudre 0,27 g de cadmium nitrate tetrahydrate Analytical reagent dans 1000 ml (1L) d'eau distillée (100mg/l).
- On prend 100ml de la solution (100mg/l) et on la dilue dans l'eau distillée dans un erlenmeyer de 1000 ml (1L) on obtient ainsi une solution à 10 mg/L.

## 2 Etude des facteurs influents:

Dans cette expérience importante, dans laquelle nous utilisons un appareil Jar Test, et sur sa base, nous déterminons les conditions optimales pour éliminer le cadmium de l'eau.

### 2.1/Etude de l'influence de vitesse d'agitation :

- Nous prenons 5 béchers et les remplissons de solution mère de cadmium (10mg/l), 100 ml dans chaque bécher.
- Nous ajoutons dans chaque bécher la quantité de 0,1g argile.
- Nous plaçons les béchers dans dispositif de Jar Test et à chaque fois nous étudions l'effet de la vitesse d'agitation (image 5 en annexe).
- Après agitation, nous laissons reposer les échantillons pendant une 1h.
- Au bout d'une 1h, on prélève 10µl échantillons de chacun des échantillons et on les dilue dans 100ml d'eau distillée (figure 6 en annexe).
- On prend les solutions et on les insère dans un appareil SAA, et on lit à chaque fois les concentrations de cadmium.

### Conditions :

Concentration initiale de l'adsorbat (Cd) : 10 mg/l.

Masse de l'adsorbant : 0,1g d'argile dans 100ml d'eau.

Température : 23,54°C.

PH : 7,12.

Temps de contact = 30min.

Vitesse d'agitation : paramètre étude (100-150-200-250-300 tour/min)

Temps de décantation de la solution = 1h.

**2.2 Etude de l'influence de temps d'agitation :**

Nous procédons de la même manière que dans l'expérience précédentes et selon les conditions ci-dessous :

**Conditions :**

Concentration initiale de l'adsorbat (Cd) : 10 mg/l.

Masse de l'adsorbant : 0,1g d'argile dans 100 ml d'eau.

Température : 23,54°C.

PH : 7,12.

Temps de contact : paramètre étude (30-60-90-120-150min).

Vitesse d'agitation : 250 tour/min.

Temps de décantation de la solution : 1h.

**2.3 Etude de l'influence de la masse de l'adsorbant :**

Nous procédons de la même manière que dans l'expérience précédentes et selon les conditions ci-dessous :

**Conditions :**

Concentration initiale de l'adsorbat (Cd) : 10mg/l.

Masse de l'adsorbant : paramètre étudié (0,05-0,1-0,15-0,2-0,25g d'argile dans 100ml d'eau).

Température : 23,54°C.

PH : 7,12.

Temps de contact : 250 tour/min.

Temps de décantation de la solution : 1h.

***III. Chapitre :***  
***Résultats et discussion.***

Ce chapitre comprend deux parties, où la première partie étudie et détermine le type et les propriétés physico-chimiques de l'argile, et la deuxième partie traite l'eau avec l'argile.

## **Partie 1 : Déterminer le type et les propriétés de l'argile**

Pour suivre l'adsorption du cadmium pollué dans l'eau utilisée sur les surfaces argileuses, il est nécessaire de connaître les propriétés de l'argile utilisée dans ce travail. Et au début, nous avons documenté les propriétés de l'argile utilisée dans la région de la ville d'Omar, ce que a été fait par Dr M. SARAOUI (la même argile).

### **1 Détermination de la texture du sol**

Dans cette étape, le pourcentage d'argile a été déterminé dans l'échantillon de sol, où 52%argile, 20,2%limons et 18% sables fins ont été trouvés selon la méthode hydrométrique, autrement dit, il a été constaté que le sol est de type sol sablo-argileux et que le diamètre des particules d'argile dans l'échantillon de sol est compris entre 0,5-2 $\mu$ m.

### **2 Détermination les propriétés physico-chimiques de l'échantillon d'argile**

A travers les techniques et les tests utilisés pour déterminer les propriétés de l'argile, les résultats suivants :

#### **Diffraction des rayons X (DRX) :**

Les résultats des rayons X de l'échantillon d'argile ont donné un ensemble de spectres qui ont été traités avec un programme Match !2, car il a été constaté que l'échantillon d'argile affecté à une étude contient de : 65,5% illite, 21,8% kaolinite, 12,7% quartz, comme le montre la figure (1).

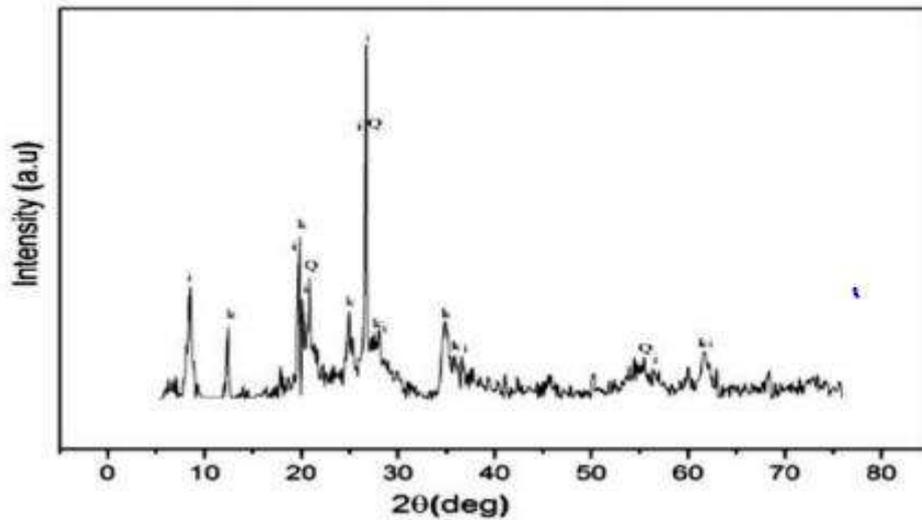


Figure IV.1 : Trace des valeurs de DRX pour un échantillon d'argile

**✚ Spectroscopie infrarouge (FITR) :**

Afin de déterminer la nature et le type de liaisons, la spectroscopie infrarouge est testée, et les résultats obtenus sont comparés sous la forme qui donne le spectre d'adsorption infrarouge par transformée de Fourier et l'analyse des valeurs de ces spectres avec les résultats précédents écrits dans des références approuvées renforce et confire les résultats obtenus. La diffraction des rayons X a montré que l'échantillon d'argile contient de l'illite, de la kaolinite et du quartz.

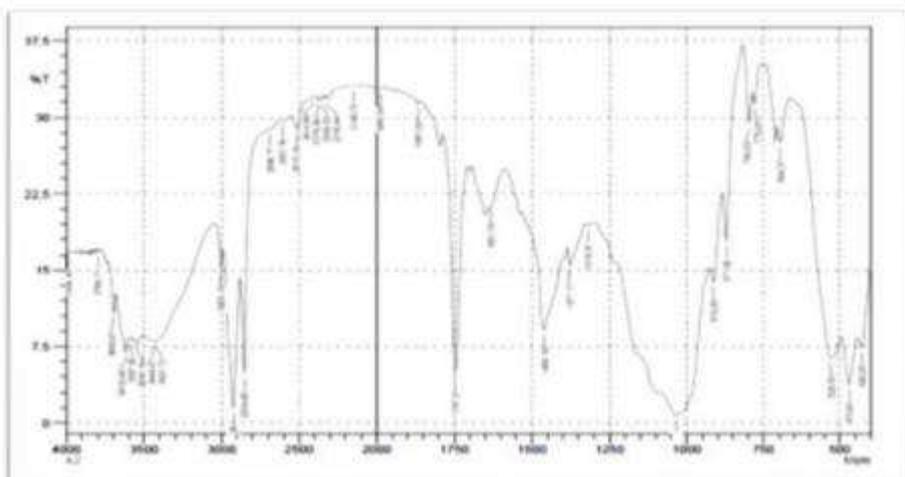
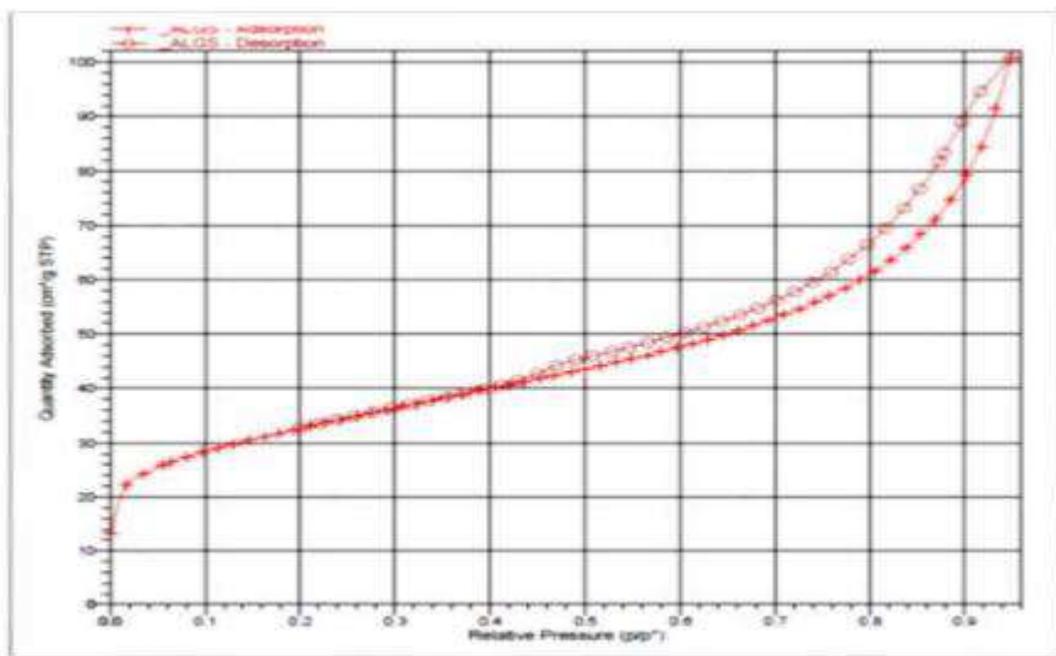


Figure IV.2 : Spectre d'absorption infrarouge a transformée de Fourier

**✚ Détermination la surface spécifique (BET) :**

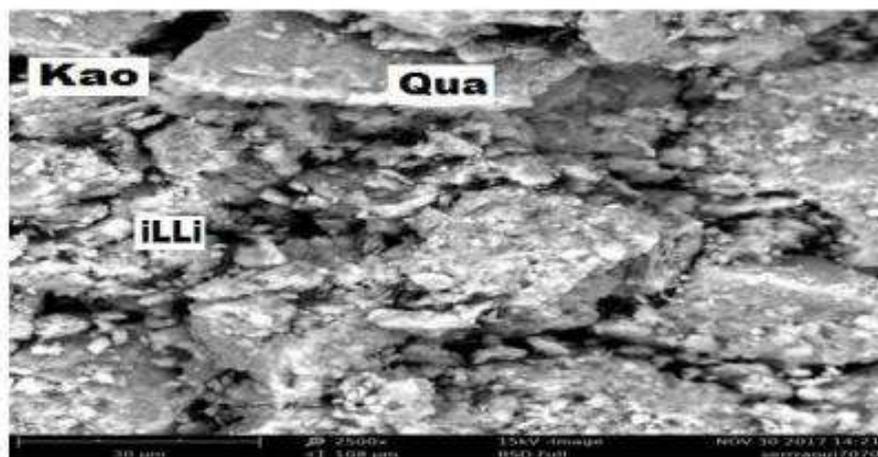
A travers les résultats obtenus lors du traitement de l'échantillon d'argile étudié pour l'adsorption – Adsorption d'azote à 77K selon une technique montrant que : la surface spécifique est  $113,762\text{m}^2/\text{g}$  et la taille moyenne des nanoparticules  $527,416\text{\AA}$ , fait que l'isotherme appartient au quatrième type selon la classification de Singh en faisant correspondre la courbe isotherme d'adsorption obtenue sur la figure (3) avec les formes montré dans figures () du premier chapitre.



**Figure IV.3 :** Courbe isotherme de l'azote pour échantillon d'argile étudié.

**✚ Détermination le microscope électronique à balayage MEB/EDX :**

Une image (4) morphologique obtenue de l'échantillon d'argile à l'aide de la microscopie électronique et comparée aux images de la illite et de la kaolinite a montré que l'échantillon d'argile étudié contient à la fois : illite, kaolinite, quartz, ce qui améliore les résultats DRX et FTIR.



**Figure IV. 04 :** MEB la microscopie électronique à balayage MEB d'un échantillon d'argile

Les résultats d'EDX de l'échantillon d'argile ont donné les pourcentages des composants du mélange, qui comprennent : 53,9% l'oxygène, 17,2% silicium, 8,9% aluminium, avec la présence d'autres éléments en proportions variables.

#### Détermination la capacité d'échange cationique CEC :

Les résultats expérimentaux ont été donnés en appliquant la norme française AFNOR NFX 31-130, la capacité d'échange cationique de l'échantillon d'argile est égale 20mEq/100ml, et c'est une valeur logique car la kaolinite pure a sa capacité 3-15mEq/100ml et l'illite a sa capacité 1-40mEq/100ml, et cela est dû au fait que l'échantillon d'argile étudié est un mélange d'illite et kaolinite.

## **Partie 2 : Traitement des eaux**

Dans cette partie, nous avons étudié un groupe de facteurs affectant l'adsorption, représentés par l'effet de chacun de vitesse d'agitation, du temps de contact et de la masse d'adsorbant, afin d'obtenir le meilleur rendement d'élimination du cadmium.

## 1 Résultats du traitement des échantillons par l'argile

### 1.1 l'influence de la vitesse d'agitation

Dans ce processus, nous avons fixé la quantité d'adsorbant, le temps de contact et le changement de vitesse .

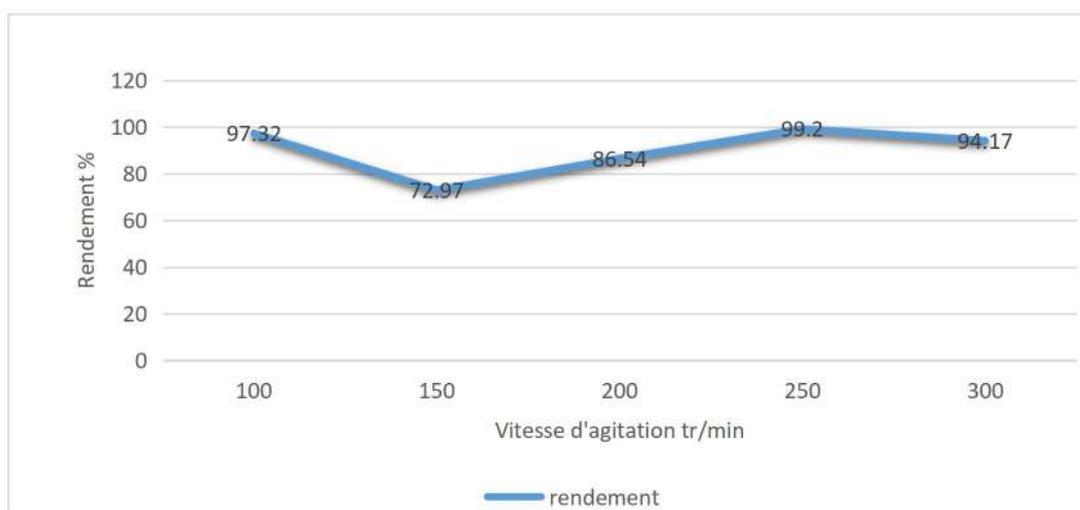
Le tableau suivant représente les résultats obtenus selon les conditions suivantes :

Temps de contact : 30 min.

Mass d'argile : 0,1 g.

**Tableau IV .1** : Résultats du changement de la vitesse d'agitation sur l'élimination du cadmium.

Vitesse (tr/min)	Solution mère	100	150	200	250	300
Résultats CRAPC [Cd] en µg/l	µg/l	0,0268	0,2703	0,1346	0,008	0,0583
Valeur après prise en compte de la dilution et conversion en mg/l	10 mg/l	0,2	2,703	1,346	0,08	0,583
Rendement	%	97,32	72,97	86,54	99,2	94,17



**Figure IV 5** : Courbe d'évolution du rendement d'élimination du **Cd** en fonction la vitesse d'agitation.

Les résultats présentés sur la figure montrent une diminution du rendement d'élimination du cadmium de 97,32 à 73,97% avec une augmentation de la vitesse d'agitation de 100 à 150 tr/min, puis le rendement d'élimination du cadmium augmente jusqu'à atteindre un maximum de 99,2% avec une augmentation de la vitesse d'agitation à 250 tr/min, qui est la meilleure vitesse pour éliminer le cadmium, après quoi le rendement diminue. Cela est peut-être dû à la valeur de la vitesse de  $v_4$  qui a augmenté le contact entre l'argile et le cadmium, ce qui a augmenté la survenue d'un processus d'adsorption (fixation de Cd sur une surface d'argile).

Il a été constaté que la vitesse d'agitation a un effet sur l'élimination du cadmium. Dans notre cas  $v_4$  était le meilleur résultat, et nous continuerons à faire le reste des expériences.

### 1.2 l'influence du temps de contact

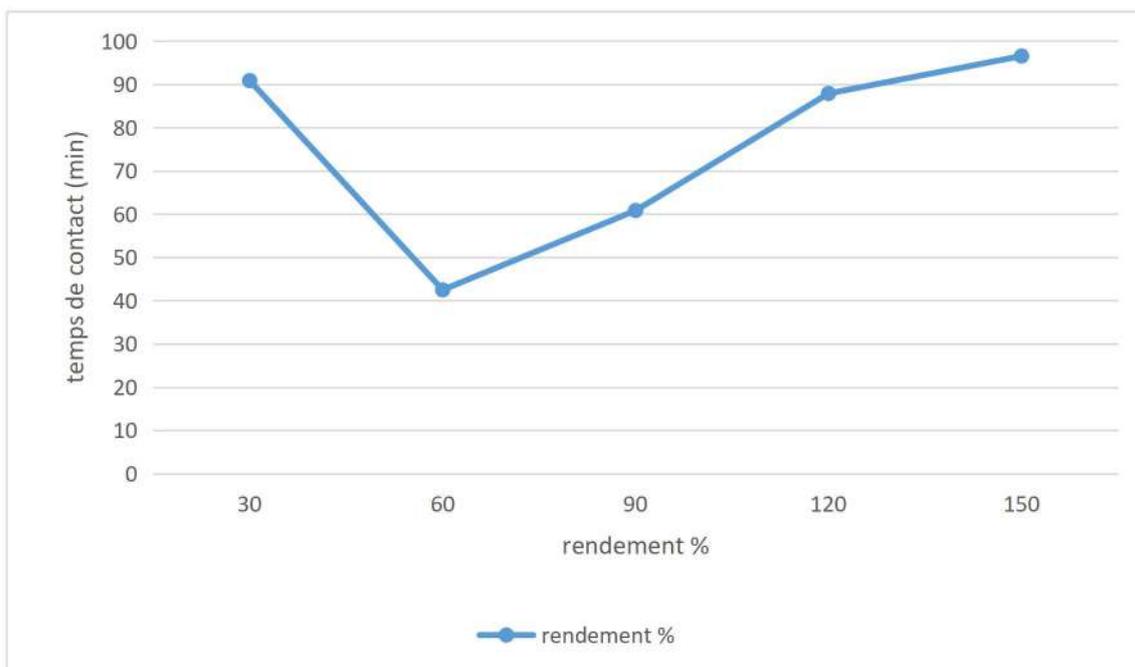
Dans ce processus, nous avons fixé à la fois la vitesse et la quantité d'argile et le changement du temps de contact selon les conditions suivantes :

Vitesse d'agitation : 250 tour /min.

Mass d'argile : 0,1 g.

**Tableau IV 2** : Résultats du changement de temps de contact sur l'élimination du cadmium

Temps de contact (min)	Solution mère	30	60	90	120	150
Résultats de CRAPS [Cd] en µg/l	µg/l	0,09131	0,5751	0,3916	0,1210	0,03446
Valeur après prise en compte de la dilution et conversion en mg/l	10mg/l	0,9131	5,751	3,916	1,21	0,3446
Rendement	%	90,87	42,49	60,84	87,90	96,55



**Figure IV 6 :** Courbe d'évolution du rendement d'élimination du Cd en fonction du temps de contact.

Les résultats présentés sur la figure montrent une diminution et une augmentation du rendement d'élimination du cadmium, c'est-à-dire une fluctuation avec une augmentation du temps de contact jusqu'à atteindre le rendement maximal, qui est de 96,55% avec un temps maximal de 150 tr/min. Il a peut-être fallu du temps pour fixer le cadmium sur une surface d'argile.

Le temps de contact a un effet sur l'élimination du cadmium. Dans notre cas, 150 est une meilleure valeur avec laquelle nous continuerons à travailler.

### 1.3 L'influence la masse d'adsorbant

Dans ce processus, nous avons fixé à la fois la vitesse d'agitation et le temps de contact et le changement de la masse d'adsorbant (argile).

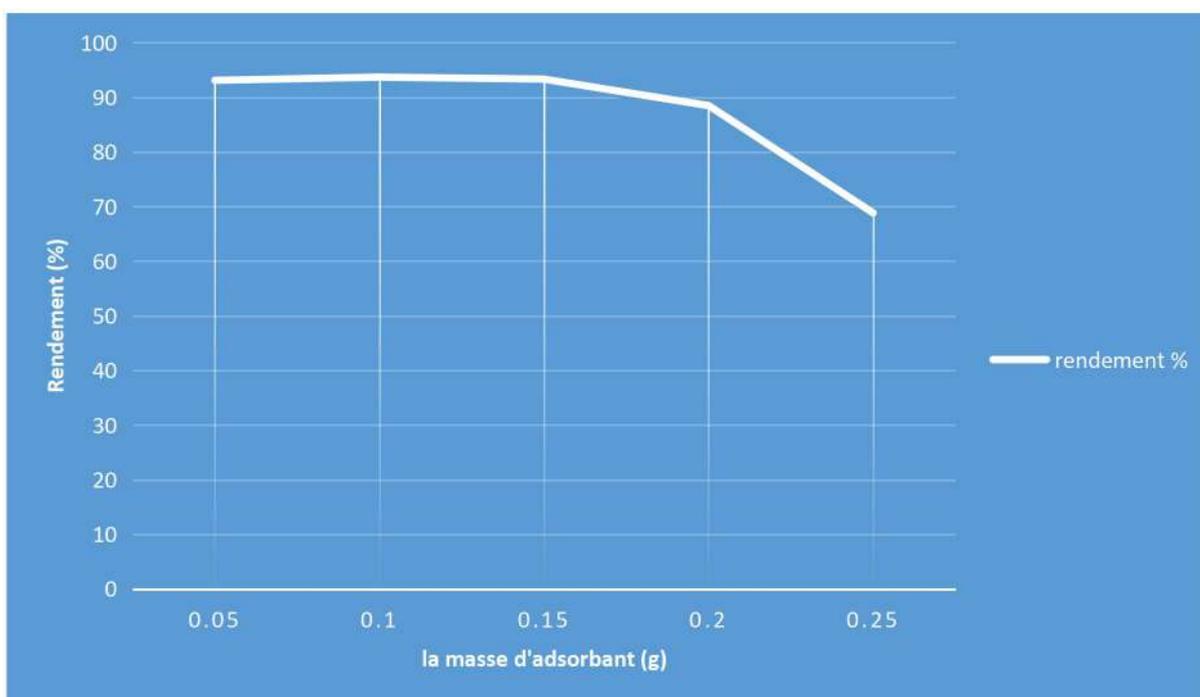
Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus dans les conditions :

V=250tr/min.

t= 150min.

**Tableau IV.3** : Résultats de le changement de la quantité d'absorbant pour éliminer le cadmium.

Masse 'adsorbant (g)	Solution mère	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Résultats de CRAPC [Cd] en $\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	0,06872	0,0628	0,06648	0,115	0,3115
Valeur après prise en compte de la dilution et conversion en $\text{mg/l}$	10 $\text{mg/l}$	0,6872	0,628	0,6648	1,15	3,115
Rendement (%)	%	93,13	93,72	93,35	88,50	68,85



**Figure IV 7** : Courbe d'évolution du rendement d'élimination du Cd en fonction de la masse d'adsorbant.

Les résultats présentés sur la figure montrent une relative stabilité du rendement d'élimination du cadmium entre 93,13 et 93,72% avec l'augmentation de la masse d'adsorbant, puis le rendement commence à diminuer malgré l'augmentation de la masse. Le meilleur rendement d'élimination est de 93,72% à la masse d'adsorbant 0,1, et cela est dû à l'augmentation de la surface d'adsorption.

A la masse 0,1g, le rendement d'élimination du cadmium était meilleur que le reste, ce qui renforce les résultats précédents lors de l'utilisation de la même masse (0,1 g).

# Conclusion

Dans ce travail, nous avons traité l'eau en utilisant l'argile locale de la ville de Blidet-Omar comme matériau absorbant pour réduire la pollution diffuse de l'eau.

Dans un premier temps, le processus de purification et de détermination des propriétés physico-chimiques de l'argile a été réalisé. Les résultats ont montré que le pourcentage d'argile dans le sol était de 52,2. %, et après caractérisation de l'argile par DRX et FTIR, il apparaît qu'il s'agit d'un mélange d'illite et de kaolinite, sa surface spécifique est égale à 113,7622 m<sup>2</sup>/g et sa capacité d'échange cationique 20mEq/100 mg.

Dans un deuxième temps, nous avons étudié les facteurs affectant l'adsorption, représentés par l'effet de la vitesse d'agitation, du temps de contact et de la masse de l'adsorbant utilisé, qui est l'échantillon d'argile pure.

Et à travers les résultats expérimentaux obtenus pour la capacité d'adsorption de l'argile étudiée pour le cadmium dans l'eau, où nous avons pu déterminer les conditions optimales représentées dans la vitesse d'agitation 250tr/min, le meilleur rendement pour l'élimination du cadmium est de 99,2%, le temps de contact 150minutes, l'élimination le rendement est égal à 96,55%, et la masse d'adsorbant qui est l'argile 0,1g a un rendement d'élimination de 93,2%.

D'où nous concluons que le rendement d'élimination du cadmium de l'eau peut être amélioré en mettant en œuvre un ensemble de techniques permettant d'augmenter la capacité d'adsorption du plomb.

Comme recommandations, il est possible à travers des études antérieures de suggérer :  
Modification des propriétés physico-chimiques de l'argile en utilisant des acides, des bases ou un chauffage à haute température pour améliorer la surface spécifique afin d'augmenter la capacité d'adsorption.

Utiliser des argiles d'autres régions du pays.

# **Annexe :**



Image 1 : Cadmium nitrate tetrahydrate utilisé dans la préparation de solutions/



Image 2 : Balance sensible



Image 3 : Les échantillons d'argile et la solution de cadmium préparée.

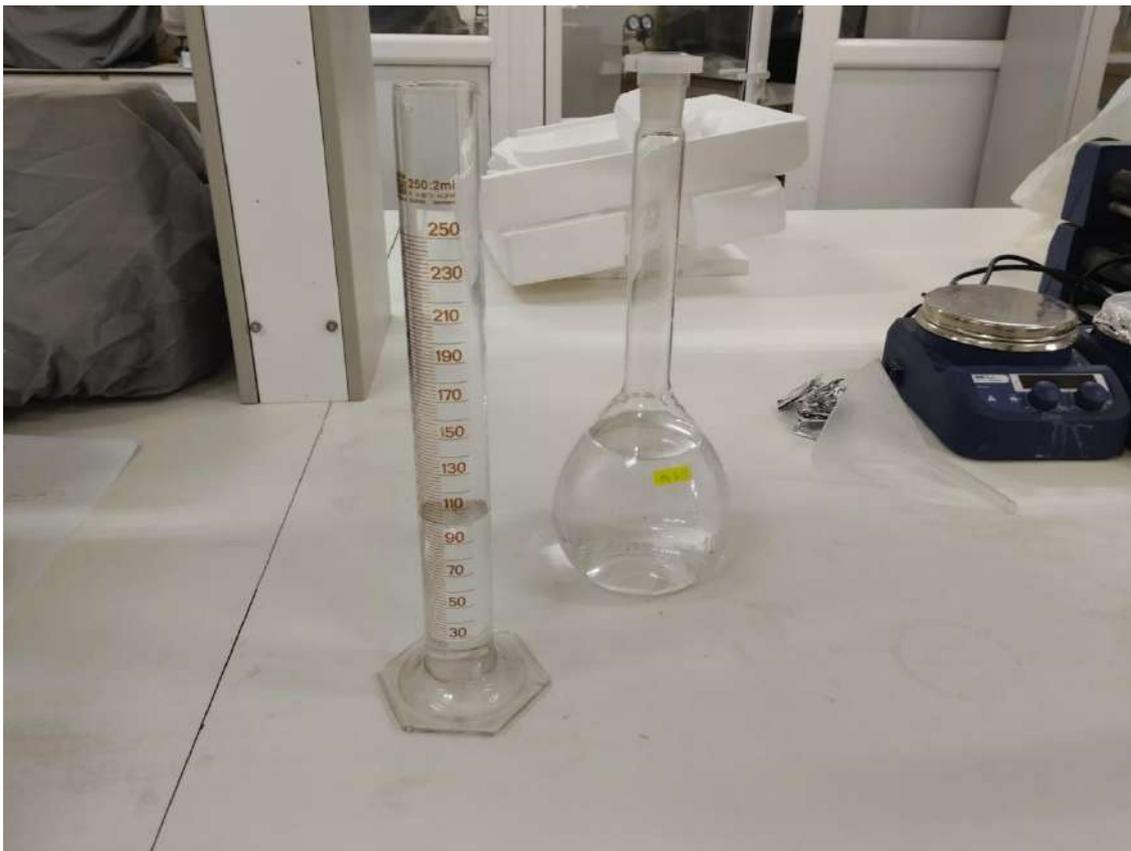


Image 4 : Utiliser 100ml d'une solution mère étendue.



Image 5 : Appareil Jar Test



Image 6 : Les échantillons après diluée.



Image 7 : Appareil SAA.