

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE CONSTANTINE 3**



**FACULTE DE GENIE DES PROCÉDES**  
**DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE**

N° d'ordre: ...

Série: ... ..

**Mémoire de Master**

Filière: génie des procédés

Spécialité: génie chimique

**REDUCTION DU CHROME (VI) PAR UN GEOPOLYMERE**

**ISSU D'UNE ARGILE NATURELLE**

Dirigé par:

**Mme. CHAABANE Loubna**

**Grade : MCB**

Présenté par:

**- BAADACHE Rania**

**- MELLAL Kawther**

Année Universitaire 2021/2022  
Session: Juin

## Sommaire

❖ DEDICACE.....	II
❖ <i>REMERCIEMENTS</i> .....	I
❖ LISTE DES ABREVIATIONS .....	IX
❖ LISTE DES FIGURES.....	X
❖ LISTE DES TABLEAUX.....	XII
❖ LISTE DES PHOTOS.....	XIII
❖ INTRODUCTION GENERALE.....	1
❖ Chapitre I. Etude bibliographique sur les géopolymères, le chrome et l'adsorption	
❖ Section 1. Généralités sur les géopolymères	
I.1. Généralités.....	4
I.2. Mécanisme de la géopolymérisation .....	5
Étape de dissolution/hydrolyse : .....	6
Étape de Restructuration : .....	6
Étape de polycondensation/gélification .....	6
I.3. Matières premières .....	6
I.3.1. Matières premières employées pour l'élaboration des géopolymères.....	6
I.3.2. Types de matières premières aluminosilicates .....	6
I.3.3. Nature de la solution alcaline .....	8
I.3.3.2. Silicates de sodium .....	9
I.4. Gisements de kaolin en Algérie .....	9
I.4.1. Kaolins de Tamazert.....	9
I.4.2. Djebel Debbagh (DD).....	10
I.5. Propriétés des géopolymères.....	10
I.6. Domaines d'application des matériaux géopolymères.....	11
❖ Section 2. Généralités sur le chrome	
I.7. Historique.....	12
I.8. Abondance du chrome (VI) dans la nature.....	12
I.9. Domaines d'application du chrome (VI).....	13
I.10. Problèmes posés par le chrome (VI) .....	13
I.11. Les procédés d'élimination du chrome (VI) .....	14
❖ Section 3. Généralité sur l'adsorption	
I.12. Phénomène d'adsorption.....	15
I.13. Types d'adsorption.....	16
I.13.1. Adsorption physique (physisorption) .....	16

I.13.2. Adsorption chimique (chimisorption) .....	16
I.14. Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique.....	16
I.15. Facteurs influençant l'équilibre d'adsorption .....	17
I.16. Classification des isothermes d'adsorption.....	17
I.16.1. Isotherme de type I .....	17
I.16.2. Isotherme de type II.....	17
I.16.3. Isotherme de type III.....	17
I.16.4. Isotherme de type IV et V.....	18
I.17. Grands types d'adsorbants .....	18

## ❖ Chapitre II. Matériels et méthodes

II.1. Matériel .....	20
II.1.1. Produits utilisés .....	20
II.2. Méthodes.....	20
II.2.1. Préparation de matières premières .....	21
II.2.2. Préparation de la solution d'activation.....	22
II.2.3. Formulation des matériaux géopolymères .....	24
II.3. Techniques de caractérisation des matériaux géopolymères .....	25
II.3.1. Détermination de l'humidité .....	25
II.3.2. Analyse par diffraction des rayons X.....	26
II.3.3. Spectrométrie infrarouge à transformé de Fourier .....	26
II.3.4. Fluorescence X.....	28
II.3.5. Théorie de Brunauer, Emmet et Teller (BET) - Surface spécifique.....	28
II.3.6. Microscopie Electronique à Balayage (MEB).....	30
II.4. Dosage du chrome hexavalent .....	32
II.4.1. Principe de méthode .....	33
II.4.2. Conception de courbe d'étalonnage.....	34
II.5. Test caractéristique de la toxicité et du comportement à lixiviation (TCLP).....	36
II.5.1. Protocole du test .....	36

## ❖ Chapitre III. Résultats et discussion

III.1. Caractérisation des matières premières et des matériaux géopolymères.....	38
III.1.1. Caractérisation physico-chimiques .....	38
III.1.2. Caractérisation du kaolin brut (KT).....	40
III.1.3. Caractérisation des échantillons obtenus après calcination .....	42
III.1.4. Caractérisation des matériaux géopolymères.....	45
III.1.5. Caractérisation de la surface spécifique par BET .....	50

III.2. Etude de la réduction du chrome hexavalent par le kaolin brut et les géopolymères..	52
III.2.1. Effet du temps d'agitation.....	54
III.2.2. Effet de la masse .....	55
III.2.3. Effet de la concentration .....	56
III.3. Modélisation d'équilibre d'adsorption .....	57
III.3.1. Application du modèle de Langmuir .....	58
III.4. Caractérisation des matériaux dopés en chrome.....	61
III.4.1. Humidité .....	61
III.4.1. Analyse par IR-TF .....	61
III.5. Etude de la lixiviation par TCLP .....	63
❖ CONCLUSION GENERALE .....	64
❖ REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
❖ ANNEXE .....	78

## الملخص :

تعتبر معالجة الكروم سداسي التكافؤ عن طريق الامتزاز على المواد الطبيعية خيارًا تكنولوجيًا تتم دراسته بشكل متزايد في جميع أنحاء العالم. هدفت هذه الدراسة إلى التخلص من الكروم بواسطة طين الكاولين من تمازيرت وجيوبوليمر تم الحصول عليه بالتفعيل القلوي لهذا الطين. تم تحليل هذه المواد بواسطة FX و DRX و IR-TF و MEB و BET وتم تأكيد تكوين الجيوبوليمر. أجريت دراسة امتزاز الكروم على هاتين المادتين من خلال تحليل تركيز الكروم المتبقي بواسطة الأشعة فوق البنفسجية المرئية. تم تحليل العديد من المعلمات مثل وقت التلامس والتركيز الأولي وكتلة المادة الماصة. ال نتائج التي تم الحصول عليها مرضية للغاية. وأن أفضل ارتباط للنتائج التجريبية كان وفقًا لنموذج Langmuir يقدم الكاولين الخام نفسه على أنه أفضل مادة ماصة مقارنة بالجيوبوليمر.

## الكلمات المفتاحية :

جيوبوليمير - كروم سداسي التكافؤ - الكاولين - ميتاكاولين - امتزاز

## Résumé

Le traitement du chrome hexavalent par adsorption sur des matériaux naturels constitue une option technologique de plus en plus étudiée à travers le monde. Cette étude visait l'élimination du chrome par une argile kaolinique de Tamazert et un géopolymère obtenu par activation alcaline de cette argile. Ces matériaux ont été analysés par FX, DRX, MEB et BET et la formation du géopolymère a été confirmée. L'étude de l'adsorption du chrome sur ces deux matériaux a été réalisée par analyse de la concentration du chrome restant par UV-visible. Plusieurs paramètres ont été analysés tels que le temps de contact, la concentration initiale et la masse de l'adsorbant. Les rendements obtenus sont très satisfaisant et la réduction se fait rapidement. La meilleure corrélation des résultats expérimentaux est suivant le modèle Langmuir. Le kaolin brut se présente comme le meilleur adsorbant par rapport au géopolymère.

## Mots clés

Géopolymère –chrome hexavalent-kaolin-métakaolin-adsorption