

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



**Faculté Génie Des Procédés**  
**Département Génie Chimique**

N° d'ordre: ...

Série: ... ..

**Mémoire De Master**

**Filière :** Génie des procédés

**Spécialité :** Génie chimique

**Intitulé**

*Elimination du chrome VI par adsorption sur une poudre obtenue à partir d'une plante naturelle.*

**Dirigé par:**  
Mme. CHAABANE Loubna

**Grade :** B

**Présenté par:**  
- KAIBOUCHI Rachda  
- MECHERI Amina  
- MERABET Lina Aridj

**Année Universitaire: 2022-2023**  
**Session: Juin**

# Sommaire

---

Remerciement .....	I
Dédicace .....	II
Liste des abréviations .....	V
Nomenclature .....	VI
Listes des figures .....	VIII
Liste des tableaux .....	XI
Introduction générale .....	1

• **Chapitre I : synthèse bibliographique sur le chrome, l'adsorption et les adsorbants**

## *Partie I*

<b>I.1. Généralités sur le chrome</b> .....	<b>3</b>
<b>I.1.1. Définition de chrome</b> .....	<b>3</b>
<b>I.1.2. Propriétés de chrome</b> .....	<b>3</b>
<b>I.1.3. Origine et source de chrome</b> .....	<b>5</b>
<b>I.1.4. Domaines d'application du chrome (VI)</b> .....	<b>5</b>
<b>I.1.5. La toxicité du chrome</b> .....	<b>5</b>
<b>I.1.6. Les procédés d'élimination du chrome (VI)</b> .....	<b>6</b>

## *Partie II*

<b>I.2. Généralités sur l'adsorption</b> .....	<b>7</b>
<b>I.2.1. Définition de l'adsorption</b> .....	<b>8</b>
<b>I.2.2. Nature d'adsorption</b> .....	<b>8</b>

---

# Sommaire

---

• Chimisorption .....	8
• Physisorption .....	8
I.2.3. Domaines d'applications de l'adsorption .....	9
I.2.4. Mécanisme d'adsorption .....	9
I.2.5. Paramètres influençant le processus d'adsorption .....	10
I.2.6. Isothermes d'adsorption .....	10
• Isotherme de Freundlich .....	11
• Isotherme de Langmuir .....	12
• Classification d'isotherme d'adsorption .....	12

## *Partie III*

I.3. Généralités sur les adsorbants .....	14
I.3.1. Définition .....	14
I.3.2. Le choix d'un adsorbant .....	14
I.3.3. Propriétés des adsorbants .....	15
I.3.4. Principaux types d'adsorbants .....	15
• Les charbons actifs .....	16
• Les adsorbants minéraux .....	16
• Bio adsorbants .....	18

---

# Sommaire

---

## Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1. Matériels .....	25
II.1.1. Préparation du matériau adsorbant .....	25
II.1.2. Produits utilisés .....	26
II.1.3. Matériels et appareillage utilisés .....	27
II.2. Méthodes .....	29
II.2.1. Préparation des adsorbats .....	29
II.2.1.1. Préparation de la solution mère du chrome (VI) .....	29
II.2.1.2. Préparation de la solution fille .....	29
II.2.2. Solution acide de diphénylcarbazide .....	29
II.2.3. Etablissement de la courbe d'étalonnage .....	30
II.3. Les Caractéristiques Physiques et Chimiques De l'ortie .....	31
II.3.1. Le taux d'humidité .....	31
II.3.2. La densité apparente .....	32
II.3.3. pH de l'adsorbant .....	32
II.3.4. Spectrophotométrie Infrarouge .....	33
II.3.5. Principe de la calorimétrie différentielle (DSC) .....	33
II.3.6. Analyse thermogravimétrique (ATG) .....	34
II.4. Mesure de point de zéro charge .....	34
II.5. Étude de la cinétique d'adsorption .....	35
II.5.1. Protocole expérimental .....	35

---

# Sommaire

---

<b>II.5.</b> Effet de quelques paramètres sur le procédé d'adsorption .....	<b>36</b>
<b>II.5.1.</b> Influence de la masse et le temps de contact .....	<b>36</b>
<b>II.5.2.</b> Influence de la concentration .....	<b>36</b>
<b>II.5.3.</b> Influence De la température .....	<b>36</b>
<b>II.5.4.</b> Influence de la vitesse d'agitation .....	<b>37</b>
<b>II.5.5.</b> Influence du pH .....	<b>37</b>
<b>II.6.</b> Activation chimique du matériau adsorbant .....	<b>38</b>
<b>II.7.</b> Activation thermique .....	<b>38</b>

## Chapitre III : résultats et discussions

<b>III.1.</b> Résultats des Caractéristiques Physiques et Chimiques De l'ortie .....	<b>39</b>
<b>III.1.1.</b> Taux d'humidité .....	<b>39</b>
<b>III.1.2.</b> Densité apparente .....	<b>39</b>
<b>III.1.3.</b> pH adsorbant .....	<b>39</b>
<b>III.1.4.</b> Mesure du point zéro charge .....	<b>40</b>
<b>III.1.5.</b> Caractérisation par spectrophotométrie infrarouge (FTIR) .....	<b>40</b>
<b>III.1.6.</b> Caractérisation par l'analyse thermogravimétrique ATG/DSC .....	<b>41</b>
<b>III.2.</b> Etude de la cinétique d'adsorption du chrome VI sur l'ortie .....	<b>42</b>
<b>III.2.1.</b> Paramètres influençant l'adsorption .....	<b>42</b>
<b>III.2.1.1.</b> Influence de la masse initiale et le temps de contact .....	<b>43</b>
<b>III.2.1.2.</b> Influence de la concentration .....	<b>44</b>

---

# *Sommaire*

---

<b>III.2.1.3.</b> Influence de la température .....	<b>46</b>
<b>III.2.1.4.</b> Influence de la vitesse d'agitation .....	<b>47</b>
<b>III.2.1.5.</b> Influence du pH .....	<b>47</b>
<b>III.2.2.</b> Analyse de l'adsorbant par FTIR après adsorption .....	<b>48</b>
<b>II.2.3.</b> Activation thermique .....	<b>49</b>
• Les avantages et les inconvénients de l'activation chimique et physique .....	<b>50</b>
<b>III.2.3.1.</b> Etude de l'adsorption sur l'ortie activée .....	<b>51</b>
<b>III.2.4.</b> Isothermes d'adsorption .....	<b>52</b>
<b>III.2.5.</b> Cinétique d'adsorption .....	<b>56</b>
<b>III.2.5.1.</b> Modèle de la cinétique du pseudo premier ordre (PPO) .....	<b>56</b>
<b>III.2.5.2.</b> Modèle de la cinétique du pseudo second ordre (PSO) .....	<b>57</b>
<b>III.3.</b> Etude thermodynamique .....	<b>58</b>
Conclusion générale .....	<b>60</b>
Références	
Résumé	

---

## **Résumé**

Le traitement des métaux lourds présent dans les rejets industriels par adsorption sur des matériaux naturels-bio adsorbants (Ortie) constitue une option technologique largement étudiée ces dernières années. L'utilisation d'un tel procédé à l'échelle industrielle nécessite l'utilisation d'adsorbant facilement disponibles et peu coûteux. Ce travail, vise à étudier la capacité d'une plante naturelle à éliminer le chrome hexavalent à partir des solutions liquides.

L'étude de la cinétique d'adsorption a été réalisée en suivant l'effet de différents paramètres tel que le temps de contact, la masse, la concentration initiale en chrome VI, la température et la vitesse d'agitation et ce afin d'optimiser la rétention du chrome VI.

Le maximum de rétention est observé pour  $\text{pH} = 9$ , Le taux de rétention atteint pour une masse de 25mg, et une concentration initiale de 60mg/l. pendant 30 minutes d'agitation est de 99.4%. La modélisation des données expérimentales a montré que le modèle du pseudo-second ordre est le plus adéquat pour décrire les cinétiques d'adsorption du chrome VI. De même, les isothermes d'adsorption sont en bon accord avec le modèle de Freundlich. L'analyse thermodynamique a révélé que le processus d'adsorption étudié est un phénomène favorable, endothermique et spontané.

**Mots clés** : Métaux Lourds ; Chrome VI ; Adsorption ; Ortie ; Modélisation.

## **Abstract :**

The treatment of heavy metals present in industrial wastewater through adsorption onto natural-bio adsorbent materials has been extensively studied in recent years. The use of such a process on an industrial scale requires the utilization of readily available and cost-effective adsorbents. This study aims to investigate the capacity of a natural plant to remove hexavalent chromium from liquid solutions.

The study of adsorption kinetics was conducted by examining the effect of various parameters such as contact time, mass, initial concentration of chromium VI, temperature, and agitation speed in order to optimize the retention of chromium VI. The maximum retention is observed at  $\text{pH} = 9$ . The retention rate achieved for a mass of 25mg and an initial concentration of 60mg/l for 30 minutes of agitation is 99.4%.

The modeling of experimental data has shown that the pseudo-second-order model is the most appropriate for describing the adsorption kinetics of chromium VI. Similarly, the adsorption isotherms are in good agreement with the Freundlich model. Thermodynamic analysis has revealed that the studied adsorption process is a favorable, endothermic, and spontaneous Phenomenon.

**Keyword** : Heavy metals ; Adsorption ; hexavalent chromium ; Urtica ; Modeling

## ملخص:

معالجة المعادن الثقيلة الموجودة في النفايات الصناعية عن طريق الامتزاز على مواد طبيعية ما يعرف بالمواد الطبيعية الامتزازية (نبات القراص)، تعتبر خيارًا تكنولوجيًا تم دراسته على نطاق واسع في السنوات الأخيرة. يتطلب استخدام هذه العملية على نطاق صناعي استخدام ممتز سهل الحصول عليه ورخيص التكلفة. يهدف هذا العمل إلى دراسة قدرة نبات طبيعي على إزالة الكروم السداسي من المحاليل السائلة. تم إجراء دراسة لحركة الامتزاز من خلال متابعة تأثير مختلف العوامل مثل الكتلة، تركيز الكروم السداسي الأولي، درجة الحرارة وسرعة الخلط، وذلك لتحسين احتباس الكروم السداسي. تم تحقيق مردود قدره 99.4% من أجل  $ph=9$  و 25 ملغرام من اللكتلة و تركيز اولي 600 ملغرام/لتر لمدة 30 دقيقة من الخلط

اظهرت نمذجة البيانات التجريبية أن نموذج النظام الكيميائي ذو الرتبة الثانية هو الأكثر ملاءمة لوصف حركة الامتزاز للكروم السداسي، وبالمثل، فإن النظريات الامتزازية متطابقة تمامًا مع نموذج فروندليتش، التحليل الحراري كشف أن عملية الامتزاز المدروسة هي ظاهرة مواتية، عفوية وماصة للحرارة.

**كلمات مفتاحية:** المعادن الثقيلة؛ الكروم السداسي؛ الامتزاز؛ نبات القراص؛ نمذجة