

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER CONSTANTINE 3



FACULTE DE GENIE DES PROCEDES  
DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE

N° d'ordre : .....

Série : .....

## Mémoire de Master

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

### Intitulé

ELIMINATION DE POLLUANTS ORGANIQUES PAR  
ADSORPTION SUR DES BIO-ADSORBANTS NATURELS

Dirigé par :

KHADRAOUI Fatiha

Grade : Maitre Assistant Classe A

Présenté par :

FERHATI Lamis

HAROUNI Aya

BOUCHEFFA Dhikra

Année Universitaire : 2024 / 2025  
Session : Juin

## Sommaire

Liste des symboles et abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

**Introduction générale** 1

### *Chapitre I: Généralités sur l'adsorption et le charbon actif*

<b>I.1. Généralités sur le phénomène d'adsorption</b>	4
<b>I.1.1</b> Introduction	4
<b>I.1.2</b> Définition de l'adsorption	4
<b>I.1.3</b> Type d'adsorption	5
<b>I.1.3.1</b> Adsorption chimique (chimisorption)	5
<b>I.1.3.2</b> Adsorption physique (physisorption)	6
<b>I.1.4</b> Les facteurs influençant l'adsorption	7
<b>I.1.4.1</b> Facteurs liés à l'adsorbant	7
<b>I.1.4.2</b> Facteurs liés à l'adsorbat	7
<b>I.1.4.3</b> Facteurs liés aux conditions opératoires	7
<b>I.1.5</b> Descriptions des mécanismes d'adsorption	8
<b>I.1.5.1</b> Diffusion du réactif vers la surface active	8
<b>I.1.5.2</b> Adsorption des réactifs sur la surface	8
<b>I.1.5.3</b> Réaction à la surface	8
<b>I.1.5.4</b> Désorption et diffusion des produits	8
<b>I.1.6</b> Capacités d'adsorption	9
<b>I.1.7</b> Classifications des isothermes d'adsorptions	10
<b>I.1.7.1</b> Les isothermes de type C	11
<b>I.1.7.2</b> Les isothermes de type L	11
<b>I.1.7.3</b> Les isothermes de type H	11
<b>I.1.7.4</b> Les isothermes de type S	11
<b>I.1.8</b> Modélisations des isothermes d'adsorption	11
<b>I.1.8.1</b> Le modèle de Langmuir	12
<b>I.1.8.2</b> Modèle de Freundlich	14

<b>I.1.8.3</b>	Modèle de Dubinin-Redushkevich ((DR)	15
<b>I.1.8.4</b>	Modèle de Temkin	16
<b>I.1.9</b>	Cinétique d'adsorption	17
<b>I.1.9.1</b>	Modèle cinétique du pseudo-premier ordre	17
<b>I.1.9.2</b>	Modèle cinétique du pseudo-deuxième ordre	17
<b>I.1.9.3</b>	Modèle de diffusion intraparticulaire	18
<b>I.2</b>	<b>Généralités sur le charbon actif</b>	18
<b>I.2.1</b>	Introduction	18
<b>I.2.2</b>	Définition de charbon actif	18
<b>I.2.3</b>	Procédés industriels de production de charbon actif	18
<b>I.2.4</b>	Les formes de charbon actif	20
<b>I.2.5</b>	Propriétés du charbon actif	21
<b>I.2.5.1</b>	Structure de charbon actif	21
<b>I.2.5.2</b>	Texture du charbon actif	22
<b>I.2.6</b>	Principales application du charbon actif	23

## ***Chapitre II : Généralités sur les colorants***

<b>II.1.</b>	Introduction	29
<b>II.2.</b>	Propriétés des colorants	29
<b>II.3.</b>	Classification des colorants	29
<b>II.3.1.</b>	Classification chimique	30
<b>II.3.1.1.</b>	Les colorants azoïques	30
<b>II.3.1.2.</b>	Les colorants anthraquinoniques	30
<b>II.3.1.3.</b>	Les Colorants triphénylméthanes	31
<b>II.3.1.4.</b>	Les Colorants indigoïdes	31
<b>II.3.1.5.</b>	Les Colorants xanthènes	32
<b>II.3.1.6.</b>	Les Phtalocyanines	32
<b>II.3.2.</b>	Classification tinctoriale	33
<b>II.3.2.1.</b>	Colorants acides ou anioniques	33
<b>II.3.2.2.</b>	Colorants basiques ou cationiques	33
<b>II.3.2.3.</b>	Colorants développés ou azioques insolubles	34

<b>II.3.2.4. Colorants de cuve</b>	34
<b>II.3.2.5. Colorants réactifs</b>	35
<b>II.3.2.6. Colorants directs</b>	35
<b>II.3.2.7. Colorants mordants</b>	35
<b>II.3.2.8. Colorants dispersés</b>	36
<b>II.4. Utilisation des colorants</b>	36
<b>II.5. Les colorants et leurs impacts environnementaux</b>	37
<b>II.6. La toxicité des colorants</b>	37
<b>II.7. Les différentes méthodes de traitements des colorants</b>	37

### ***Chapitre III : Matériels et Procédure Expérimentale***

<b>III.1 Matériels et produits</b>	42
<b>III.1.1 Réactifs et verreries utilisés</b>	42
<b>III.1.2 Appareillages</b>	43
<b>III.2 Synthèse et activation du charbon</b>	43
<b>III.2.1 Lavage et séchage</b>	44
<b>III.2.2 Broyage et tamisage</b>	44
<b>III.2.3 Activation et calcination</b>	45
<b>III.3 Méthode de caractérisation du charbon</b>	47
<b>III.3.1 Taux d'humidité</b>	47
<b>III.3.2 Taux de cendres</b>	47
<b>III.3.3 Indice d'iode</b>	48
<b>III.3.4 Indice de bleu de méthylène</b>	49
<b>III.4 Procédure expérimentale</b>	50
<b>III.4.1 le pH du point de charge zéro <math>pH_{PZC}</math></b>	50
<b>III.4.2 Rendement de synthèse</b>	50
<b>III.4.3 Elimination des colorants par adsorption</b>	51
<b>III.4.4 Protocole de détermination des concentrations d'adsorption</b>	54
<b>III.4.5 Etudes des différents paramètres influant l'adsorption</b>	55
<b>III.4.6 Choix des échantillons expérimentaux à étudier</b>	56

***Chapitre IV : Résultats et discussion***

<b>IV.1</b>	Caractéristique du charbon synthétisé	57
<b>IV.2</b>	Le pH du point de charge zéro $pH_{pzc}$	63
<b>IV.3</b>	Effet des paramètres physico-chimiques sur l'adsorption	64
<b>IV.3.1</b>	Effet de temps de contact	64
<b>IV.3.1.1</b>	Effet de temps de contact sur la capacité d'adsorption du BM	65
<b>IV.3.1.2</b>	Effet de temps de contact sur la capacité d'adsorption du CV	67
<b>IV.3.1.3</b>	Etude comparative des différents bio-adsorbants synthétisés	68
<b>IV 3.2</b>	Effet de concentration initial ( $C_0$ )	69
<b>IV.3.3</b>	Effet de la dose de l'adsorbant	71
<b>IV.3.4</b>	Effet de température	73
<b>IV.3.5</b>	Effet de pH	74
<b>IV.4</b>	Détermination des isothermes d'adsorption	76
<b>IV.4.1.</b>	Les Paramètres des isothermes par le modèle de Langmuir et Freundlich	79
<b>IV.5</b>	Etude de la cinétique d'adsorption	80
<b>IV.5.1.</b>	Cinétique de pseudo-premier ordre	80
<b>IV.5.2.</b>	Cinétique de pseudo-second ordre	81
<b>IV.5.3.</b>	Paramètres des modèles de cinétiques étudiés pour le PPT et PO	82
<b>IV.6</b>	Etude de la thermodynamique	83
	<b>Conclusion générale</b>	87
	<b>Résumé</b>	

## **Résumé**

*La hausse significative du coût des adsorbants traditionnels employés dans le traitement des effluents aqueux a motivé l'exploration de matériaux alternatifs, à la fois économiques, durables et issus de ressources renouvelables. Ce travail s'inscrit dans cette dynamique en étudiant la valorisation de déchets organiques, notamment les épluchures de pommes de terre et d'oranges, en tant que bioadsorbants pour la rétention du bleu de méthylène, utilisé ici comme contaminant modèle représentant les colorants cationiques présents dans les rejets industriels. Les substrats biosourcés ont été testés sous forme native et après activation chimique à l'acide phosphorique, en vue d'accroître la densité des sites de fixation et d'optimiser la capacité d'adsorption. Une analyse paramétrique a été menée afin d'examiner l'influence de variables expérimentales telles que la durée de contact, la concentration en biosorbant et le pH du milieu sur les performances d'élimination.*

*Des essais discontinus (batch) à température ambiante ont permis de caractériser la cinétique et les isothermes d'adsorption. Les résultats obtenus révèlent que le modèle cinétique du pseudo-deuxième ordre s'ajuste le mieux aux données expérimentales, suggérant une adsorption de type chimisorption. Par ailleurs, l'équilibre d'adsorption est mieux décrit par le modèle isotherme de Langmuir, indiquant une adsorption homogène en monocouche. Ces conclusions démontrent la pertinence des pelures de fruits et légumes comme matrices bioadsorbantes prometteuses pour le traitement des eaux polluées par des composés organiques colorés.*

**Mots Clés** : Pelures de pomme de terre ; épluchures d'orange; Pollution; charbon actif; Adsorption; colorants ; Isotherme ; cinétique.

## Abstract

The significant rise in the cost of conventional adsorbents used in wastewater treatment has prompted growing interest in the development of low-cost, sustainable alternatives derived from renewable resources. This study investigates the valorization of agro-waste materials—specifically potato peels and orange rinds—as bioadsorbents for the removal of methylene blue, a model cationic dye commonly found in industrial effluents. The biosorbents were evaluated in both raw and chemically activated forms (using phosphoric acid) to enhance the density of active binding sites and improve adsorption efficiency. A parametric study was conducted to assess the influence of key operational factors, including contact time, biosorbent dosage, and solution pH, on dye removal performance.

Batch adsorption experiments at room temperature were performed to examine both kinetic and equilibrium aspects of the process. The results revealed that the pseudo-second-order kinetic model provided the best fit to the experimental data, suggesting a chemisorption-controlled mechanism. Furthermore, equilibrium data were best described by the Langmuir isotherm model, indicating monolayer adsorption on a homogeneous surface. These findings highlight the potential of fruit and vegetable peels as effective bioadsorbent materials for the treatment of dye-contaminated wastewater.

**Keywords:** Potato peelings; Orange peelings; Pollution; Activated carbon; Adsorption; Dyes; Isotherm; Kinetics.

## المخلص

أدى الارتفاع الملحوظ في تكلفة المواد الممتزة التقليدية المستخدمة في معالجة المياه الصناعية إلى زيادة الاهتمام بإيجاد بدائل ذات تكلفة منخفضة ومستدامة، ومن مصادر متجددة. تهدف هذه الدراسة إلى تمييز بعض النفايات العضوية، مثل قشور البطاطا وقشور البرتقال، واستخدامها كمواد ممتزة حيوية لإزالة صبغة الميثيلين الأزرق، والتي تُستخدم كنموذج للملوثات العضوية في المياه. تم استخدام هذه المواد الحيوية في حالتها الطبيعية وكذلك بعد تفعيلها كيميائياً بواسطة حمض الفوسفوريك، بهدف زيادة كثافة المواقع الفعالة وتحسين كفاءة الامتزاز. تم إجراء دراسة منهجية لتقييم تأثير عدة عوامل تشغيلية مثل زمن التلامس، كمية المادة الممتزة، ودرجة حموضة المحلول على أداء الامتزاز.

أُجريت تجارب على دفعات في درجة حرارة الغرفة، تخللتها نمذجة حركية ودراسة لتوازن الامتزاز. أظهرت النتائج أن نموذج المرتبة الثانية الكاذبة هو الأنسب لوصف سلوك الامتزاز، مما يشير إلى آلية امتزاز كيميائي. كما أن نموذج لانغمير للايزوثرمات هو الأكثر تمثيلاً للبيانات التجريبية، مما يدل على حدوث امتزاز أحادي الطبقة على سطح متجانس. تؤكد هذه النتائج على فعالية قشور البطاطا والبرتقال كممتزات حيوية واعدة لمعالجة المياه الملوثة بالصبغات العضوية.

**الكلمات المفتاحية:** قشور البطاطس؛ قشور البرتقال؛ التلوث؛ الكربون المنشط؛ الامتزاز؛ الأصباغ؛ متساوي الحرارة؛ الحركية.