

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

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

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

Chapitre II : Généralités sur les colorants

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

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

Chapitre III : Matériels et Procédure Expérimentale

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

Chapitre IV : Résultats et discussion

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

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 تقييم 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.