

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03
FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCÉDÉS
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT**

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

Mémoire

**PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
EN GÉNIE DES PROCÉDÉS
OPTION : GÉNIE DES PROCÉDÉS DE L'ENVIRONNEMENT**

**Comparaison des Caractéristiques d'un
Biomatériau à base de déchets de récolte à l'état
naturel et activé : Etude expérimentale et
modélisation.**

Présenté par :

MERRAD Zina Lilia

GUETTOUCHE Insaf

BOUKAL Salsabil

Dirigé par :

KHALFAOUI –DERBAL Amel

Grade : Professeur

Année universitaire

2024-2025

Session : Juin

Table des Matières

LISTE DES FIGURES	V
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES ABREVIATIONS	VIII
INTRODUCTION GENERALE.....	1

CHAPITRE 1

GENERALITE SUR LES BIO-ADSORBANTS	3
1.1 Introduction	3
1.2 1.2 Définition de bio-adsorbant.....	3
1.3 Source des adsorbants	3
1.3.1 Sources naturelles	3
1.3.2 Sources industrielles	4
1.4 Types d'adsorbants.....	4
1.5 Classifications des adsorbants	4
1.6 L'adsorption	5
1.6.1 Définition.....	5
1.6.2 Définition de biomatériaux en adsorption.....	5
1.7 Les types d'adsorption.....	6
a. Adsorption physique.....	6
b. Adsorption chimique (chemisorption).....	7
1.8 Facteurs influençant sur l'adsorption :	7
1.8.1 Surface spécifique.....	8
1.8.2 Porosité	8
1.8.3 pH de la solution	8
1.8.4 Température :	8
- Température basse : favorise l'adsorption physique.	8
1.8.5 Concentration initiale de l'adsorbat	8
1.8.6 Nature chimique de l'adsorbant.....	8
1.8.7 Temps de contact	8
1.8.8 Présence d'autres substances	8
1.9 Critères de choix d'un adsorbant.....	9

1.9.1	Capacité d'adsorption du solide.....	9
1.9.2	Sélectivité.....	9
1.9.3	Régénération.....	9
1.9.4	Cinétique.....	9
1.9.5	Résistance mécanique, thermique.....	10
1.9.6	Coût de fabrication.....	10
1.10	Mécanisme d'adsorption.....	10
1.10.1	Mécanisme d'adsorption des métaux toxiques.....	10
c.	Sorption de surface.....	10
d.	Interaction électrostatique des métaux sur le biochar.....	11
e.	Capacité d'échange cationique/ionique.....	11
f.	Précipitation.....	11
g.	Complexation.....	12
1.10.2	Les mécanismes impliqués dans l'adsorption des polluants organiques.....	12
a.	Séparation.....	12
b.	Remplissage des pores.....	12
c.	Interaction électrostatique.....	13
d.	Interaction entre donneur et accepteur d'électrons.....	13
e.	Interaction hydrophobe.....	13

CHAPITRE 2

BIBLIOGRAPHIE D'UTILISATION DES BIO-ADSORBANTS.....	14
2.1 Introduction	14
2.2 Modélisation de l'élimination du colorant cristal violet des effluents textiles en utilisant du biochar à base de tige de <i>Murraya koenigii</i> (curry).....	14
2.3 Élimination adsorptive de l'ibuprofène, du kétoprofène et du naproxène à partir d'une solution aqueuse en utilisant du biochar issu de coquilles de noix de coco	15
2.4 Synthèse efficace et application de biosorbants à base de peau d'artichaut et d'orange pour l'élimination du kétoprofène dans les eaux usées : Optimisation du processus à l'aide d'une méthodologie factorielle	15
2.5 Utilisation de la peau de <i>Punica granatum</i> comme biosorbant écologique pour l'élimination du colorant bleu de méthylène d'une solution aqueuse	16
2.6 Élimination d'un colorant basique à l'aide d'échantillons de bentonite brute et activée par acide	16
2.7 Comparaison de nouveaux biosorbants à base de coquille de <i>Lagenaria vulgaris</i> chimiquement modifiée	16
2.8 Rôle du caroubier sauvage comme biosorbant et comme précurseur d'un nouveau charbon actif à haute surface spécifique pour l'adsorption du bleu de méthylène.....	17

2.9	Efficacité des coques de noix de coco brutes par rapport aux coques activées pour l'élimination de l'arsenic et du mercure de l'eau usée	18
2.10	Les coquilles de <i>Myristica fragrans</i> comme bio-adsorbant potentiel à faible coût pour l'élimination efficace du Rose Bengal de la solution aqueuse : Étude caractéristique et cinétique	18
2.11	Une étude comparative pour l'élimination du colorant bleu de méthylène d'une solution aqueuse par de nouveaux adsorbants à base de charbon actif	19
2.12	Biosorption de polluants modèles en phase liquide sur des balles de riz brutes et modifiées	19
2.13	Évaluation des coques de café non traitées comme biosorbants potentiels pour le traitement des eaux contaminées par des colorants	20
2.14	Utilisation de différents types de biosorbants pour éliminer le Chrome hexa-valent (Cr VI) des solutions aqueuses	20

CHAPITRE 3

PROCEDURES EXPERIMENTAUX.....	22
3.1 Introduction	22
3.2 Matériels utilisés et produits chimiques	22
3.2.1 Matériels :	22
3.1.1 Produits chimiques :	24
3.2 Sélection de biomatériau	24
3.3 Préparation de biomatériau naturel et activé	25
3.4 Protocoles expérimentaux	26
3.4.1 Protocoles de caractérisations physico-chimiques.....	26
a. Détermination du pH de charge nulle (pH pzc).....	26
b. Analyse des fonctions de surface par la méthode de Boehm.....	26
c. Taux de humidité	28
d. Taux de cendre.....	28
e. Taux de gonflement	28
f. pH d'équilibre	29
3.4.2 Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR).....	30
3.4.3 Identification des agents actifs des extraits des biomatériaux	31
a. Dosage des sucres totaux :	31
b. Estimation de la teneur phénolique totale (polyphénols) :	32
□ Réactifs	32
c. Dosage des protéines	33
□ Mode opératoire.....	33

3.4.4	Indice d'iode.....	34
3.4.5	Indice de bleu de méthylène	35
3.5	Protocole d'adsorption	37
3.5.1	Préparation la solution de colorant BM	37
3.5.2	Procédure de l'adsorption	37
3.6	MODELISATION ET L'OPTIMISATION PAR PLAN D'EXPERIENCE.....	37

CHAPITRE 4

RESULTATS ET DESCUSSIONS	40
4.1 Introduction	40
4.2 Résultats de caractérisations de Déchets de Fève naturel et calciné	40
4.2.1 Spectroscopie Infrarouge a Transformé de Fourier (FTIR)	40
4.2.2 Caractérisations chimiques	42
a. Potentiel d’hydrogène de point zéro charge (pH _{pzc}).....	42
b. Indice de Blue de méthylène et d’iode	43
c. Détermination de groupements fonctionnels (expérience de Bohem).....	45
d. Surface spécifique.....	46
4.2.3 Caractérisations physiques.....	46
a. Potentiel d’hydrogène à l’équilibre (pH _{équilibre})	46
b. Autres caractérisations (taux d’humidité, taux de cendre, Indice de gonflement) ..	47
4.2.4 Identification des agents actifs des extraits du bio-adsorbant (liquide).....	47
4.3 Adsorption de BM par déchets de fève (naturel et modifier), modélisation et l’optimisation par plan Box-Behnken	48
4.3.1 Paramètres influençant l’adsorption du bleu de méthylène :.....	48
4.3.2 Optimisation par Plan de surface Box-Benhken :.....	48
c. Modèles mathématiques	51
d. Analyse statistique	51
e. Analyse graphique des effets et des interactions	54
f. Analyse graphique des contours et des surface de réponse	56
g. Optimisation	58
4.3.3 Etude cinétique	59
a. Modèle de lagergern (Pseudo premier ordre)	59
4.3.4 Modèle de lagergern (pseudo-deuxième ordre).....	60
4.3.5 Modèle de diffusion intra-particulaire (Weber-Morris)	63
CONCLUSION GENERALE	65
REFERENCES.....	66

Résumé

La croissance de la demande sur des adsorbants utilisés dans les procédés de la remédiation de l'environnement a fait que leur prix de coût de plus en plus cher ce qui suscite une recherche complémentaire pour la fabrication de nouveaux matériaux adsorbants moins coûteux à partir de matières qui ne sont pas classiques, concrètement à partir des biomatériaux abondants.

Dans ce travail, nous avons choisi les déchets de fèves comme matériau adsorbant en raison de leur disponibilité facile et de leur faible coût. L'objectif est de comparer les propriétés de ce matériau à l'état naturel et après activation thermique. Pour mieux comprendre nous avons réalisé différentes analyses pour caractériser les propriétés physico-chimiques des deux matériaux. Du côté chimique, nous avons étudié le pH au point de charge zéro (pH_{pzc}) pour identifier la charge des surfaces des biomatériaux, quelques indices qui ont donné des informations sur la porosité et les groupements fonctionnels de la surface de chaque biomatériau. Les résultats montrent que la calcination du biomatériau provoque un caractère basique de la surface avec une amélioration de sa porosité. D'autre part, la teneur du biomatériau en polyphénol a été augmentée considérablement de 4.69 mg/g à l'état naturel jusqu'à 10.67mg/g à l'état calciné.

Enfin, une évaluation de la capacité d'adsorption du bleu de méthylène par les deux types de matériaux (brut et activé), en utilisant la méthodologie des surfaces de réponse (MSR) a été effectuée et a été donné le modèle adéquat qui valide les résultats expérimentaux ainsi que les valeurs optimales qui favorisent l'élimination maximale du colorants où elle atteint des taux supérieur à 98%.

Mots clés : Biomatériau, calcination, caractérisation, comparaison, déchet de récolte de fève, BM, adsorption, MRS.

ملخص

أدى الطلب المتزايد على المواد الماصة المستخدمة في عمليات المعالجة البيئية إلى زيادة تكلفتها بشكل متزايد، مما دفع إلى إجراء المزيد من الأبحاث حول تصنيع مواد ماصة جديدة أقل تكلفة من مواد غير تقليدية، وتحديدًا من المواد الحيوية الوفيرة.

في هذا العمل، اخترنا في هذا العمل نفايات الفاصوليا العربية كمادة ماصة بسبب سهولة توافرها وانخفاض تكلفتها. والهدف هو مقارنة خصائص هذه المادة في حالتها الطبيعية وبعد التنشيط الحراري. ولتحقيق فهم أفضل، أجرينا تحليلات مختلفة لتوصيف الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادتين. على الجانب الكيميائي، قمنا بدراسة لتحديد الشحنة على أسطح المواد الحيوية، بالإضافة إلى عدد من المؤشرات التي وفرت معلومات عن المسامية (pH_{pzc}) الأس الهيدروجيني عند نقطة الشحنة الصفرية والمجموعات الوظيفية على سطح كل مادة حيوية. أظهرت النتائج أن تكلس المادة الحيوية يتسبب في تكليس المادة الحيوية في إضفاء طابع أساسي على السطح مع تحسن في ملجم/جم في الحالة الطبيعية إلى 10.67 ملجم/جم في الحالة المكلسة. وبالإضافة إلى ذلك، زاد محتوى البوليفينول في المادة الحيوية بشكل كبير من 4.69

وأعطت النموذج المناسب الذي يؤكد (RSM) أخيرًا، تم إجراء تقييم لقدرة امتزاز الميثيلين الأزرق بواسطة نوعي المادة (الخام والمنشط)، باستخدام منهجية سطح الاستجابة صحة النتائج التجريبية وكذلك القيم المثلى التي تفضل الحد الأقصى للتخلص من الصبغة حيث تصل إلى معدلات أعلى من 98%.

MRS الكلمات المفتاحية: المواد الحيوية، والتكلس، والتوصيف، والمقارنة، ونفايات حصاد الفاصوليا، والامتزاز، والامتصاص، و

Abstract

The growing demand for adsorbents used in environmental remediation processes has made them increasingly expensive, prompting further research into the manufacture of new, less expensive adsorbent materials from non-conventional materials, specifically from abundant biomaterials.

In this work, we have chosen waste beans as the adsorbent material because of their easy availability and low cost. The aim is to compare the properties of this material in its natural state and after thermal activation. To gain a better understanding, we carried out various analyses to characterize the physico-chemical properties of both materials. On the chemical side, we studied the pH at zero charge point (pH_{pzc}) to identify the charge of the biomaterial surfaces, some indices that gave information on the porosity and functional groups on the surface of each biomaterial. The results show that calcination of the biomaterial results in a basic character of the surface, with an improvement in porosity. On the other hand, the polyphenol content of the biomaterial was significantly increased from 4.69mg/g in the natural state to 10.67mg/g in the calcined state.

Finally, an evaluation of the adsorption capacity of methylene blue by the two types of material (raw and activated), using the response surface methodology (RSM) was carried out and was given the adequate model that validates the experimental results as well as the optimal values that favor the maximum removal of the dye where it reaches rates higher than 98%.

Key words: Biomaterial, calcination, characterization, comparison, bean harvest waste, BM, adsorption, RSM.