

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 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**

**ETUDE EXPERIMENTALE DE L'EFFET D'UN
PRÉTRAITEMENT HYDROTHERMAL SUR LES
PROPRIÉTÉS ADSORBANTES D'UN BIOCHAR.**

Dirigé par :

BOUSBA Salim

Grade : **professeur**

présenté par :

HAIOUN Darine

BAABOUCHE Hadil

Année Universitaire 2024/2025.

Session : juin

Sommaire

Introduction générale.....	1
CHAPITRE I	5
Synthèse bibliographique.....	5
I.I. La pollution	5
I.I.1. Définition de la pollution	5
I.I.2. Les différents types de pollutions.....	6
I.I.2.1. La pollution atmosphérique.....	6
I.I.2.2. La pollution des sols	6
I.I.2.3. La pollution des eaux	6
I.I.3. Types des polluants	7
▪ Les colorants	8
1.Historique des colorants	8
2. Définition d'un colorant.....	8
3. Sources des colorants	9
3.1. Les colorants naturels	9
4. Classification des colorants.....	9
4.1. Classification chimique	9
4.2. Classification tinctoriale	11
5. La toxicité des colorants.....	12
5.1. Études sur la toxicité des colorants.....	12
5.2. Toxicité pour la santé humaine	12
5.3. Toxicité pour les milieux aquatiques	12
6. Les applications des colorants	12
7. Les méthodes de traitement.....	13
8. Présentation du colorant modèle étudié	14
8.1. Définition et historique du Crystal Violet	14
8.2. Composition et structure du Crystal violet	15
8.3. Caractéristiques principales	15
8.4. La fabrication	16
8.5. Toxicité	16
I.II. Adsorption.....	17
I.II.1. Définition d'adsorption	17

I.II.2. Type d'adsorption.....	17
I.II.2.1. Adsorption physique ou physisorption	17
I.II.2.2. Adsorption chimique ou chimisorption	17
I.II.3. Mécanisme de l'adsorption	19
I.II.4. Les facteurs influant sur l'Adsorption.....	19
I.II.5. Types d'adsorbants.....	20
I.II.6. Biochar.....	21
I.II.6.1. Définition du Biochar	21
I.II.6.2. Origine et matières premières utilisées	21
I.II.6.3. Procédé de production (Pyrolyse)	21
I.II.6.4. Propriétés physicochimiques du Biochar	22
I.II.6.5. Structure poreuse et surface spécifique	22
I.II.6.6. Composition élémentaire.....	22
I.II.6.7. Fonctionnalités chimiques en surface	22
I.II.6.8. Stabilité thermique et chimique.....	22
I.II.6.9. Capacité d'adsorption de polluants.....	22
I.II.6.10. Application en traitement des eaux usées	23
I.II.6.11. Régénération et réutilisation du Biochar	23
I.II.6.12. Avantages environnementaux.....	23
I.II.7. Prétraitement hydrothermale.....	23
I.II.7.1. Évolution des procédés hydrothermaux pour la valorisation de la biomasse	23
I.II.7.2. Définition de la carbonisation hydrothermale (HTC)	24
I.II.7.3. Avantages de l'hydrochar par rapport au biochar.....	24
I.II.7.4. Produits issus de la HTC	24
I.II.7.5. Influence des conditions du procédé sur l'hydrochar	24
I.II.7.6. Composition chimique de l'hydrochar	25
I.II.7.7. Potentiel en adsorption des polluants.....	25
I.II.7.8. Valorisation énergétique	25
I.II.7.9. Impact environnemental positif.....	25
CHAPITRE II.....	29
Matériel et méthodes	29
Introduction	29
II.1. Caractéristiques physico- chimiques des produits utilisés.....	29
II.2 Matériels et appareillages	30
II.2.1 Matériels.....	30
II.2.2 Appareillage	30

II.3. Préparation des adsorbants.....	33
II.3.1 Préparation du Biochar	33
II.3.2 Préparation de l'hydrochar	34
II.4. Préparation des adsorbats	34
II.4.1. Préparation de la solution mère	34
II.4.2. Préparation des solutions filles.....	35
II.4.3. Détermination du λ-max	35
II.4.4. Traçage des courbes d'étalonnages.....	36
II.5. Caractérisation et essais d'adsorption	36
II.5.1. Détermination du pH de point de charge nulle (pH_{pzc}) des adsorbants.....	36
II.5.2. Effet de la dose.....	37
II.5.3. Effet du pH.....	37
II.5.4. Cinétique d'adsorption en fonction du temps de contact	38
II.5.5. Etude de l'effet de la température sur l'adsorption	38
II.5.6. Réutilisation et régénération	39
Chapitre III.....	42
Résultats et discussions	42
III.1. Introduction.....	42
III.2 Caractérisation des adsorbants	42
III.2.1 Étude du pH au point de charge nulle (pH_{pzc}).....	42
III.3 Etude paramétrique.....	43
III.3.1 Effet de la dose	43
III.3.2. Effet du pH	44
III.3.3. L'effet de la température.....	45
III.3.4. Effet de concentration	46
III.3.5. Effet de temps de contact	47
III.3.6. Modélisation des isothermes d'adsorption du CV	49
III.3.6.1. Le modelé de Langmuir.....	49
III.3.6.2. Le modèle ce Freundlich	50
III.3.7. Etude cinétique d'adsorption.....	53
III.3.7.1. Modèle de pseudo-premier ordre « PFO »	53
III.3.7.2. Modèle de pseudo-second ordre « PSO ».....	54
III.4. La réutilisation et la régénération	56
Conclusion générale	60

Résumé

Ce travail évalue l'efficacité de deux adsorbants issus d'un déchet végétal local, le biochar (par pyrolyse) et l'hydrochar (par carbonisation hydrothermale) pour l'élimination du colorant Cristal Violet en solution aqueuse. L'hydrochar, à surface plus acide ($\text{pHpzc} \approx 3,2$), a montré une capacité d'adsorption nettement supérieure (148,81 mg/g) à celle du biochar (16,34 mg/g). L'adsorption suit le modèle de Langmuir et obéit à une cinétique de pseudo-second ordre. La régénération des deux matériaux reste possible malgré une baisse progressive d'efficacité. L'hydrochar se révèle ainsi un candidat prometteur pour le traitement durable des eaux colorées.

Mots-clés : Adsorption, Biochar, Hydrochar, Cristal Violet, Traitement des eaux, déchet végétal.

Abstract

This study evaluates the effectiveness of two adsorbents derived from a local plant waste, biochar (via pyrolysis) and hydrochar (via hydrothermal carbonization), for the removal of Crystal Violet dye from aqueous solution. The hydrochar, with a more acidic surface ($\text{pHpzc} \approx 3.2$), exhibited significantly higher adsorption capacity (148.81 mg/g) compared to biochar (16.34 mg/g). Adsorption followed the Langmuir model and fitted a pseudo-second order kinetic. Both materials showed potential for regeneration, though with decreasing efficiency. Hydrochar thus appears as a promising candidate for sustainable treatment of dye-contaminated water.

Keywords: Adsorption, Biochar, Hydrochar, Crystal Violet, Water Treatment, Plant Waste.

الملخص

يهدف هذا العمل إلى تقييم فعالية مادتي الامتزاز الناتجتين عن نفايات نباتية محلية، البايوشار (عن طريق التحلل الحراري) والهيدروشار (عن طريق الكربنة المائية الحرارية)، في إزالة صبغة الكريستال البنفسجي من محلول مائي. أظهر الهيدروشار، الذي يتميز بسطح أكثر حموضة ($\text{pHpzc} \approx 3.2$)، قدرة امتزازية أعلى بكثير (148.81 ملغ/غ) مقارنة بالبايوشار (16.34 ملغ/غ). تبيعت عملية الامتزاز نموذج لانغمير وتوافقت مع حركية من الرتبة الثانية. أظهرت المادتان إمكانية لإعادة الاستخدام، رغم انخفاض الفعالية تدريجياً. وعليه، يُعد الهيدروشار مادة واعدة لمعالجة المياه الملونة بطريقة مستدامة.

الكلمات المفتاحية: امتزاز، بايوشار، هيدروشار، كريستال بنفسجي، معالجة المياه، نفايات نباتية.