

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

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

La valorisation des boues d'épuration en
BIOCHAR

Présenté par :

BAHITA Djihene

ZERROUK Chams El Assil

Dirigé par :

Mme. AYAT Asma

Maitre de conférences classe B

2024-2025

Session : juin

Table de matière

Introduction général.....	1
---------------------------	---

CHAPITRE I

Les eaux usées et les boues d'épuration.....	4
1.1 Les eaux usées.....	4
1.2 Classification des eaux usées	4
1.2.1 Les eaux usées domestiques.....	4
1.2.2 Les eaux usées pluviales	5
1.2.3 Les eaux usées agricoles	5
1.2.4 Les eaux usées industrielles	5
1.3 Traitement des eaux usées dans les stations d'épuration	5
1.4 Les étapes du traitement des eaux usées	6
1.4.1 Prétraitements.....	6
1.4.2 Traitements primaires	6
1.4.3 Traitements biologiques.....	7
1.4.4 La clarification.....	8
1.4.5 Traitements tertiaires	8
1.5 Les boues d'épuration.....	8
1.6 Origine	9
1.7 Classification des boues	9
1.7.1 Boues primaires.....	9
1.7.2 Boues secondaires.....	10
1.7.3 Boues tertiaires	10
1.7.4 Boues mixtes	10
1.7.5 Boues d'aérations prolongé.....	10
1.8 Composition des boues	10
1.9 Caractéristiques des boues	11
1.9.1 Caractéristiques physico-chimiques des boues	11
1.9.2 Caractéristiques biologiques des boues.....	13
1.10 Procédés de traitement des boues	13
1.11 Valorisation des boues	14
1.12 Les principales destinations des boues d'épuration.....	14

CHAPITRE II

Valorisation des boues d'épuration en Biochar.....	16
2.1 Le biochar	16
2.2 Composition de BIOCHAR	16
2.3 Types de BIOCHAR.....	17
2.4 Propriétés physico-chimiques de BIOCHAR.....	17
2.4.1 Propriétés physiques.....	17
2.4.2 Propriétés chimiques	18
2.5 Matière première nécessaire à sa production	19
2.6 La fabrication du biochar : la pyrolyse	20
2.7 Les avantages du BIOCHAR	21
2.8 Le phénomène d'adsorption.....	21
2.9 L'objectif de la valorisation des boues en biochar	22
2.10 Impacts de l'utilisation du biochar sur les propriétés du sol.....	22

CHAPITRE III

MATERIELS ET METHODES.....	25
3.1 Introduction.....	25
3.2 Les produits chimiques	25
3.3 Appareillages et matériel	25
3.4 Prélèvement des boues.....	26
3.5 Les étapes de la préparation du BIOCHAR.....	27
3.6 Les conditions de la préparation.....	29
3.7 Techniques de caractérisation physico-chimique des échantillons du BIOCHAR	30
3.7.1 Détermination des indices	30
3.7.2 Détermination du pH de point de charge Zéro pH_{pzc}	33
3.7.3 Identification et dosage des fonctions de surface par la méthode de Boehm	33
3.7.4 Spectroscopie infrarouge à transformée de fourrier.....	33
3.8 Valorisation du biochar dans le domaine du traitement des eaux	34
3.8.1 Rhodamine B.....	34
3.8.2 Le protocole de l'adsorption	36
3.9 Valorisation de biochar dans le domaine de l'agriculture.....	37
3.9.2 Caractéristique de la plante.....	38

CHAPITRE IV

Résultats et Discussions	40
--------------------------------	----

4.1	Introduction.....	40
4.2	Résultats de la calcination.....	40
4.3	Caractérisation physicochimique des biochars.....	41
4.3.1	Détermination du pH du point zéro charge	41
4.3.2	Indice iodique	44
4.3.3	Identification et dosage des fonctions de surface par la méthode de Boehm	44
4.3.4	L'indice du bleu de méthylène.....	46
4.3.5	L'indice de phénol.....	50
4.3.6	Analyse structurale par spectroscopie infrarouge de Biochar.....	52
4.4	Potentiel du Biochar en tant qu'amendement organique : approche expérimentale...	53
4.4.1	Analyse comparative entre le pot témoin et le pot traité	53
4.5	Étude de l'adsorption de la Rhodamine B par le Biochar.....	56
4.5.1	Effet de la masse et du temps de contact.....	56
	Conclusion général	62

Résumé

Le traitement des eaux usées génère de nombreux sous-produits, y compris les boues d'épuration. Avec l'augmentation du nombre de stations de traitement, les quantités de boues produites ne cessent de croître. Un traitement approprié et efficace de ces boues permet leur valorisation dans plusieurs secteurs. Ce travail vise principalement à transformer ces boues en biochar, une méthode sûre et efficace pour l'élimination des boues d'épuration. Pour ce faire, nous avons appliqué trois étapes essentielles : le broyage, le tamisage et la calcination à différentes températures élevées. Ce traitement thermique permet d'améliorer les propriétés du biochar, notamment en termes de porosité et de surface active, ce qui le rend adapté à de nombreuses applications.

Le biochar obtenu a été évalué pour sa capacité d'adsorption en utilisant la rhodamine B comme polluant modèle. Les résultats expérimentaux ont montré une bonne efficacité d'adsorption, confirmant le potentiel du biochar comme matériau adsorbant pour le traitement des eaux colorées. Par ailleurs, l'effet du biochar sur la croissance des plantes et la qualité du sol a été étudié à travers son application sur le pélargonium (*Pelargonium*). Les résultats ont révélé que l'ajout de biochar au sol améliore significativement la croissance des plantes et renforce la structure du sol, soulignant ainsi son importance dans le domaine agricole.

Mots clés : Rhodamine B, élimination, palargonium, traitement.

الملخص

تنتج معالجة مياه الصرف الصحي العديد من المنتجات الثانوية بما في ذلك حمأة مياه الصرف الصحي. تزداد كميات الحمأة الناتجة باستمرار مع زيادة عدد محطات المعالجة. تسمح المعالجة الملائمة والفعالة لهذه الحمأة باستعادتها في عدة قطاعات.

يهدف هذا العمل أولاً إلى تحويل هذه الحمأة إلى فحم حيوي، والذي يُعد وسيلة آمنة وفعالة للتخلص من حمأة الصرف الصحي. لتحقيق ذلك، قمنا بتطبيق ثلاث عمليات رئيسية على الحمأة، وهي الطحن الغربلية والتكليس في درجات حرارة مرتفعة مختلفة. تُمكن هذه المعالجة الحرارية من تحسين خصائص الفحم الحيوي الناتج من حيث المسامية والفعالية السطحية، مما يجعله مناسباً لتطبيقات متعددة.

تم اختبار الفحم الحيوي من حيث قدرته على الامتصاص باستخدام صبغة الرودامين كملوث نموذجي. أظهرت النتائج التجريبية كفاءة جيدة في الامتصاص، مما يؤكد إمكانيات الفحم الحيوي كمادة ماصة حيوية لمعالجة المياه الملونة و أيضاً فقد تم دراسة تأثير الفحم الحيوي على نمو النباتات وجودة التربة من خلال تطبيقه على نبات الجيرانيوم وقد كشفت النتائج أن إضافة الفحم الحيوي إلى التربة يحسن بشكل كبير من نمو النباتات ويعزز بنية التربة، مما يبرز أهميته في المجال الزراع

كلمات مفتاحية : الفحم الحيوي، المعالجة، صبغة الرودامين، نبات الجيرانيوم.

Abstract

The treatment of wastewater produces many by-products, including sewage sludge. The quantities of sludge produced are continuously increasing with the increase in the number of treatment plants. Proper and effective treatment of this sludge allows its recovery in several sectors.

This work aims first to convert this sludge into biochar, which is a safe and effective way to dispose of sewage sludge. To achieve this, we applied three main processes to the sludge, which are grinding, sieving, and calcination at different high temperatures. This thermal treatment enables the improvement of the resulting biochar's properties in terms of porosity and surface activity, making it suitable for multiple applications.

The biochar was tested for its adsorption capacity using rhodamine dye as a model pollutant. The experimental results showed good adsorption efficiency, confirming the potential of biochar as a bio-adsorbent material for the treatment of colored water.

Also, the effect of biochar on plant growth and soil quality was studied by applying it to the geranium plant, and the results revealed that the addition of biochar to the soil significantly improves plant growth and enhances the structure of the soil, highlighting its importance in the agricultural field

Keywords: Sewage sludge, Soil, Adsorption, Amendment.