



**HAL**  
open science

## Élimination du Bleu de Méthylène par Adsorption sur Biochar dérivé de Résidus Solides de l'Industrie Oléicole

Yassmina Bakhtaoui, Majda Ben Ali, Nabila El Azzouzi, Moussa Ouakki, Patrick Martin, Bousalham Srhir

### ► To cite this version:

Yassmina Bakhtaoui, Majda Ben Ali, Nabila El Azzouzi, Moussa Ouakki, Patrick Martin, et al.. Élimination du Bleu de Méthylène par Adsorption sur Biochar dérivé de Résidus Solides de l'Industrie Oléicole. CNRIUT 2025 Bayonne - Pays Basque, IUT Bayonne Pays Basque, Mar 2025, Bayonne, France. <hal-05139614>

**HAL Id: hal-05139614**

**<https://hal.science/hal-05139614v1>**

Submitted on 2 Jul 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Élimination du Bleu de Méthylène par Adsorption sur Biochar dérivé de Résidus Solides de l'Industrie Oléicole

Yassmina Bakhtaoui<sup>1,\*</sup>

[Yassmina.bakhtaoui@uit.ac.ma](mailto:Yassmina.bakhtaoui@uit.ac.ma)

Majda Ben Ali<sup>2</sup>

[majda-benali@um5r.ac.ma](mailto:majda-benali@um5r.ac.ma)

Nabila El Azzouzi<sup>1</sup>

[nabila.elazzouzi@uit.ac.ma](mailto:nabila.elazzouzi@uit.ac.ma)

Moussa Ouakki<sup>3</sup>

[Moussa.ouakkil@uit.ac.ma](mailto:Moussa.ouakkil@uit.ac.ma)

Patrick Martin<sup>4</sup>

[patrick.martin@univ-artois.fr](mailto:patrick.martin@univ-artois.fr)

Bousalham Srhir<sup>1,\*</sup>

[b.srhir@uit.ac.ma](mailto:b.srhir@uit.ac.ma)

<sup>1</sup> Université Ibn Tofail, Kénitra  
Laboratoire des Matériaux Avancés et Génie des Procédés

<sup>2</sup> Université Mohammed V, Rabat  
Laboratoire des Matériaux, Nanotechnologies et Environnement

<sup>3</sup> Université Ibn Tofail, Kénitra  
Laboratoire de Chimie Organique, Catalyse et Environnement

<sup>4</sup> Université d'Artois, Béthune  
Unité Transformations & Agroressources

**Thèmes** – Chimie - Environnement - Matériaux

**Résumé** – *La pollution causée par les rejets de l'industrie textile est un problème environnemental sérieux, ces rejets sont lourdement chargés en colorants. Ces derniers ont un effet néfaste sur l'environnement notamment la contamination des milieux aquatiques. Parmi les techniques de dépollution des eaux chargées en colorants, on retrouve l'adsorption. Dans ce contexte, notre étude porte sur l'adsorption du bleu de méthylène sur un biochar issu d'une biomasse agricole. L'effet de la masse, pH, temps d'agitation et concentration ont été étudiés et il a été constaté que la capacité maximale d'adsorption du biochar était 76,58mg/g à pH=8. Les calculs d'erreur SSE ont indiqué une cinétique d'adsorption de second ordre, et les isothermes d'adsorption ont suivi le modèle de Freundlich. Le biochar a été caractérisé à l'aide de la technique de Brunauer-Emmett-Teller (BET) et la microscopie électronique à balayage (MEB).*

**Mots-Clés** – adsorption, biochar, colorant, caractérisation.

**Section(s) CNU pour cet article** – 33.

**Article présenté à l'oral par un(e) doctorant(e)** – OUI

## 1 Introduction

Avec l'intensification des activités de l'industrie textile, la quantité de polluants organiques déversés dans les milieux aquatiques a fortement augmenté, entraînant une pollution notable [1]. D'où la nécessité de traiter ces eaux contaminées avant leur rejet dans l'environnement. La technique d'adsorption s'est révélée être une méthode efficace et économique [2-3]. Le biochar, produit par la pyrolyse de biomasse avec peu ou pas d'oxygène, est reconnu comme un adsorbant prometteur pour le traitement des eaux contaminées par des substances organiques, en raison de sa structure poreuse, de sa surface spécifique et de ses nombreux groupes fonctionnels de surface [4-5]. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité et la capacité du biochar issu des déchets oléicoles solides à éliminer le bleu de méthylène des solutions aqueuses.

## 2 Matériels et Méthode

Les déchets solides (grignons d'olives) issus de l'industrie oléicole dans la région de Meknès, au Maroc, ont été utilisés pour la production du biochar. Le processus comprend plusieurs étapes. Tout d'abord, les grignons d'olive sont préalablement lavés à l'eau distillée, puis séchés à 100°C pendant 24 heures dans une étuve. Cette étape est suivie d'une pyrolyse, au cours de laquelle les grignons sont carbonisés dans un four programmable, avec un taux de chauffage de 10°C/min jusqu'à atteindre 500°C pendant 2 heures. Pour évaluer l'efficacité de ce biochar en tant qu'adsorbant, une solution mère de bleu de méthylène (1 g/L) a été préparée en dissolvant 1 g du colorant dans 1000 ml d'eau distillée. Les autres concentrations étudiées ont été obtenues par dilution de cette solution mère. Le pH des solutions a été ajusté à l'aide de HCl (0,1 M) et de NaOH (0,1 M).

## 3 Résultats expérimentaux

Les expériences d'adsorption ont été réalisées en mettant en contact 0,15 g de biosorbant avec 100 mL d'une solution de Bleu de Méthylène à une concentration de 10 ppm, sous agitation constante pendant 3 heures. L'effet du pH a été étudié sur une plage de 4 à 10, révélant un rendement d'élimination maximal de 98 % à pH 8. La cinétique d'adsorption a été évaluée en maintenant une concentration de 10 ppm à pH 8, avec une durée d'agitation de 3 heures. Les résultats indiquent que l'équilibre est atteint en 90 minutes. Enfin, l'effet de la concentration initiale du colorant a été examiné entre 10 et 300 ppm, montrant une capacité d'adsorption maximale de 76,58 mg/g.

### 3.1 Modélisation des isothermes d'adsorption

Pour mieux comprendre le processus d'adsorption, les données expérimentales ont été modélisées à l'aide des isothermes d'adsorption non linéaires de Langmuir et de Freundlich (Figure 1).

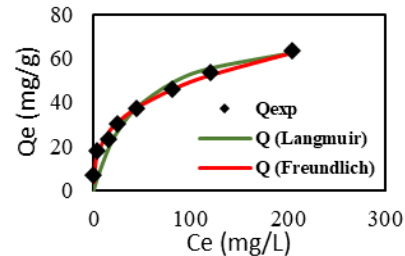


Figure 1 – Modélisation non linéaire des isothermes de Langmuir et Freundlich

Table 1 – Paramètres des isothermes d'adsorption

Langmuir	Freundlich
$Q_{\max} = 76,58 \text{ mg/g}$	$n = 2,97$
$K_L = 0,021$	$K_F = 10,49$
SSE = 249,55	SSE = 23,54

### 3.2 Modélisation de la cinétique d'adsorption

L'étude de la cinétique d'adsorption par les modèles non linéaires de pseudo-premier ordre et de pseudo-second ordre permet de mieux comprendre le mécanisme d'adsorption du bleu de méthylène sur le biochar (Figure 2).

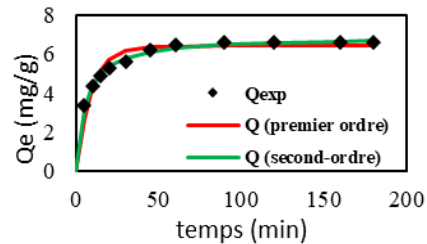


Figure 2 – Modélisation non linéaire des isothermes de Langmuir et Freundlich

Table 2 – Paramètres de la cinétique d'adsorption

Pseudo-premier ordre	Pseudo-second ordre
$Q_e = 6,42 \text{ mg/g}$	$Q_e = 6,92 \text{ mg/g}$
$K_1 = 0,11$	$K_2 = 0,02$
SSE = 1,21	SSE = 0,15

## 4 Discussion

Les résultats de la modélisation des isothermes d'adsorption (Figure 1) montrent que les données expérimentales s'ajustent bien au modèle de Freundlich. En outre, le calcul de l'erreur SSE (Table 1) confirme cette adéquation, l'erreur associée au modèle de Freundlich étant inférieure à celle du modèle de Langmuir. Ces résultats suggèrent une adsorption multicouche du colorant sur l'adsorbant [6], avec une bonne capacité d'adsorption. D'un point de vue cinétique (Figure 2), l'erreur SSE indique que le modèle de pseudo-second ordre correspond bien aux résultats expérimentaux (Table 2), ce qui suggère un mécanisme de chimisorption [7].

## 5 Caractérisation du biochar

Le biochar issu des grignons d'olive a été caractérisé à l'aide de deux techniques : la méthode de Brunauer, Emmet et Teller (BET) pour déterminer les propriétés texturales du biochar, et la microscopie électronique à balayage (MEB) (Figure 3) afin de visualiser sa morphologie. L'analyse BET a révélé une surface spécifique de  $9,2361 \text{ m}^2/\text{g}$  et un diamètre des pores de  $5,0043 \text{ nm}$ , indiquant la présence de mésopores [8]. L'analyse MEB a confirmé la présence des mésopores dans le biochar (Figure 3 (a)). Après adsorption (Figure 3 (b)), une couverture visible de la surface par les composés adsorbés a été observée, entraînant une modification notable de la structure de la surface du biochar.

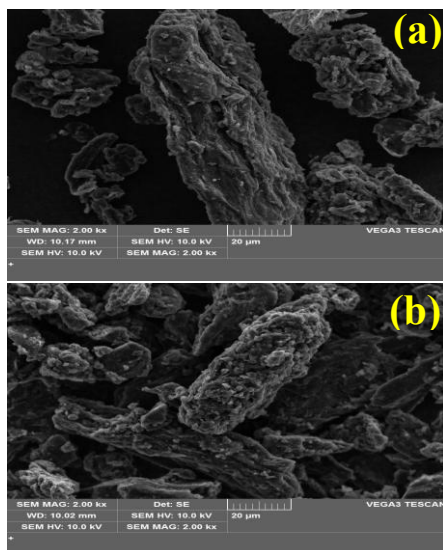


Figure 3 – Analyse par Microscopie à Balayage (MEB) du biochar avant (a) et après adsorption (b).

## 6 Conclusions

En conclusion, l'adsorption du bleu de méthylène sur le biochar étudié montre un potentiel significatif avec une capacité d'adsorption de  $76,58 \text{ mg/g}$ . Les résultats de la modélisation des isothermes indiquent un processus d'adsorption en multicouche, tandis que l'analyse BET révèle une surface spécifique de  $9,2361 \text{ m}^2/\text{g}$ , caractérisée par des mésopores observés dans l'analyse MEB. Ces propriétés confèrent au biochar un intérêt notable pour les applications de traitement des eaux, en particulier pour l'élimination des colorants, et soulignent son efficacité comme matériau adsorbant.

## Références

- [1] Beat J. Brüsweiler, Identification of non-regulated aromatic amines of toxicological concern which can be cleaved from azo dyes used in clothing textiles. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 69(2), 263-272 ,(2014).
- [2] Tahina Randrianantoandro, Etude De Mécanisme d'Adsorption Du Colorant d'Indigo Carmin (IC) Sur Du Charbon Actif A Base De Coques De Noix De Coco (CACC). *International Journal Of Progressive Sciences And Technologies*, 39(1), 127 (2023).
- [3] Yasemin Bulut, Adsorption of Methylene Blue from Aqueous Solution by Crosslinked Chitosan/Bentonite Composite. *Journal Of Dispersion Science And Technology*, 36(1), 61-67 (2014)
- [4]: Yingjie Dai, The adsorption, regeneration and engineering applications of biochar for removal organic pollutants: A review, *Chemosphere*, 223, 12-27 (2019)
- [5]: Divine Damertey Sewu, Highly efficient adsorption of cationic dye by biochar produced with Korean cabbage waste, *Bioresource Technology*, 224, 206–213, (2017)
- [6]: Mohammed Hamzaoui, The use of linear and nonlinear methods for adsorption isotherm optimization of basic green 4-dye onto sawdust-based activated carbon, 9 (4), 1110-1118, (2018).
- [7]: Souamaya Boumchita, Elimination d'un colorant cationique dans une solution aqueuse par un déchet alimentaire : Epluchure de pomme de terre, *J. Mater. Environ. Sci.* 7 (1), 73-84, (2016)
- [8]: José Maria Monteagudo, Insights into the adsorption of CO<sub>2</sub> generated from synthetic urban wastewater treatment on olive pomace biochar, *Journal of Environmental Management* 339,117951, (2023)