



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences et de la technologie
Department de chimie industrielle

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : **Génie des procédés**

Spécialité : **Génie Environnement**

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :

Nadjla Chennoufi

Le : lundi 10 juin 2024

Elimination de Bleu Méthylène sur Biochar

Jury :

Dr	<i>Hamdi Ines</i>	MCA	Université de Biskra	Encadreure
Dr	<i>Ghebghoub Fatim</i>	MCA	Université de Biskra	Président
Dr.	<i>Rahali hanan</i>	MCA	Université de Biskra	Examineure

Année universitaire : 2024 - 2025

Année universitaire : Choisissez une année

REMERCIEMENTS

L'aboutissement de ce travail n'aurait pas été possible sans la précieuse contribution de nombreuses personnes que je veux remercier ici. Je tien de remercier Allah bien sûr avant tout, qui m'a donné la santé et le bien-être pour mettre fin à ce travail je remercie mes parents qui sont toujours a couté de moi pour m'encourager

l'enregistrement des conversations de mon Corpus de recherche.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches, Examineuse

Mme Adaiqa Kaltoum et Présédent Mme Ghebghoub Fatim.

J'adresse tous mes remerciements à ma source d'optimisme et de motivation Mme Hamdi Ines, pour ses encouragements et ses conseils utiles et ses énormes efforts

Je tiens aussi à remercier mes, et qui collègues, m'ont aidé à faire



DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Ma très chère maman, Fatima, respectable : tu me représente le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. A mon père Moftah, Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, que j'ai toujours pour toi. A mes frères (Alla el din, Dia el din et Baha el din), mes sœurs (Wafa, Hana , Asma et la femme de mon frère Hana). Et grand mare Ftaima et ma belle sœur Samra ,zohra En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je

À mon mari, qui a toujours été mon soutien et mon encouragement en tout, je vous offre tout mon amour en échange de ce que vous donnez. (Salah).

Je n'oublie pas non plus tous les membres de ma deuxième famille, la famille de mon mari(Hada...), Ma compagne qui a touché chaque aspect de ma vie avec ta douceur et ta tendresse. (Dalou)

Enfin,

Ala grande tolérante et patiente, mon encadreur Hamdi Ines qui était et qui est toujours à mes côtés en la considérant comme un exemple de réussite, que de bonheur, de santé et de succès pour elle.



Résumé

Dans cette étude expérimentale sur l'adsorption du bleu de méthylène sur le biochar carbonisé à 300°C pendant 2h, 400 °C et 600°C pendant 1h , plusieurs variables ont été testées, notamment "la masse du charbon et le temps d'agitation".

La valeur optimale pour la meilleure adsorption expérimentale de chaque variable a été déterminée en utilisant différentes valeurs pour chaque expérience. L'analyse des résultats obtenus a été effectuée en utilisant la méthodologie appropriée, où il a été conclu que des températures élevées, une masse moyenne et une durée plus longue sont les plus appropriées. Le biochar étudié est considéré comme une substance efficace dans l'adsorption des colorants et dans la lutte contre la pollution de l'eau.

Mots clés: adsorption; bleu de méthylène; biochar; pollution de l'eau

Summary

In this experimental study on the adsorption of methylene blue on carbonized biochar at 300°C for 2 hours, 400°C, and 600°C for 1 hour, several variables were tested, including "charcoal mass and agitation time." The optimal value for the best experimental adsorption of each variable was determined using different values for each experiment. The analysis of the obtained results was conducted using the appropriate methodology, concluding that high temperatures, moderate mass, and longer duration are most suitable. The studied biochar is considered an effective substance in dye adsorption and combating water pollution.

Keywords: adsorption; methylene blue; biochar; water pollution.

الملخص

في هذه الدراسة التجريبية حول امتزاز الأزرق المثلين على الفحم الحيوي المكرين عند درجة حرارة 300 °C لمدة 2 ساعة، 400 °C و 600 °C لمدة ساعة واحدة، تم اختبار عدة متغيرات، بما في ذلك "كتلة الفحم وزمن الخلط". تم تحديد القيمة الأمثل لأفضل امتزاز تجريبي لكل متغير باستخدام قيم مختلفة في كل تجربة. وقد تمت تحليل النتائج باستخدام المنهجية المناسبة، حيث تم الاستنتاج بأن درجات الحرارة العالية والكتلة المتوسطة والمدة الأطول هي الأكثر ملاءمة. ويُعتبر البيوتشار المدروس مادة فعّالة في امتزاز الأصباغ وفي مكافحة تلوث المياه.

كلمات مفتاحية: امتزاز؛ الأزرق المثلين؛ الفحم؛ تلوث المياه.

Sommaire

Remerciements	I
Dédicace	II
Résumé.....	III
Listes des figures	IV
Listes des tableaux	V
Liste des symboles	VI
Introduction générale	01

Chapitre I : Les colorants

I. Généralités sur Les colorants	03
1. Généralités.....	03
1.1. Classification des colorants.....	04
1-1-1- Classification chimique.....	04
1-1-2- Classification tinctoriale	04
2. Toxicité des colorants.....	05
3-procedes d'élimination des colorants.....	05
4- une définition Bleu de méthylène	06
5-Toxicité du bleu de méthylène.....	07
Références du chapitreI	08

Chapitre II : Généralité de L'adsorption

1 I .L'adsorption	10
1.1 Généralité.....	10
1.2 Définition de l'adsorption	11
2 Physisorption.....	11
3 Chimisorption.....	12
4 Mécanismes d'adsorption.....	12

Sommaire

5	Les facteurs influençant des paramètres d'adsorption	13
6	Isothermes d'adsorption.....	14
7	Des isothermes d'adsorption.....	14
8	Domaine d'application de l'adsorption.....	15
9	Les adsorbants.....	15
10	Les adsorbants propriétés générales	16
11	Origine et fabrication	17
	2.1.Origine.....	17
	2.2.Fabrication.....	17
	2-2-1- Procédé physique	17
	2-2-2- Procédé chimique.....	17
3.	Les caractéristiques de charbon.....	17
4.	Les différentes formes du biochar.....	18
	4.1. Les biochar en grain (BG).....	18
	4.2.Les biochar en tissu (BT)	19
	4.3.Les biochar en poudre (BP)	19
5.	Les propriétés des adsorbants.....	20
	5.1.Structure poreuse (Texture)	20
8.	Utilisations du biochar.....	21
	Références du chapitreII.....	22

Chapitre III : Matériels, Résultats et discussion.

III.1.	Matériels première.....	25
III.2.	Les équipements et Appareillage utilisés.....	25
III.3	Produits chimiques utilisés.....	26
III.4.	Les appareillages	26
	Spectres d'absorption en UV- visible	26
□	pH-mètre	26
III.5.	Préparation du charbon.....	27
III.6.	1.Teneur d'humidité :.....	30

Sommaire

II.6.2. Pourcentage de la matière organique et le taux des cendres :.....	30
III.7.1. Etalonnage de la solution :	31
III.8. Etude de l'effet des paramètres gouvernants l'adsorption :.....	33
III.8.1.effet des temps :	33
III.8.2.L'effet de la masse.....	34
III.9.1. L'effet du temps :.....	35
III.9.2. L'effet du masse :	36
Références du chapitreIII	37
Conclusion	39



LISTES DES FIGURES



1. Figure I.1 : Structure chimique du bleu de méthylène
2. Figure II.1 : Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption.
3. Figure II.2 : Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbat au sein d'un grain.
4. Figure II.3 : Les différents types d'isothermes d'adsorption.
5. Figure II.4 : (a) isotherme d'adsorption de Langmuir. (b) modélisation d'isotherme de Langmuir.
6. Figure II.5 : isotherme d'adsorption de Freundlich (b) modélisation l'isotherme de Freundlich.
7. Figure II.6 : Les étapes de la cinétique d'adsorption
8. Figure II.7 : CA en grain (CAG).
9. Figure II.8 : CA en tissu (CAT).
10. Figure II.9 : CA en poudre (CAP)
11. Figure II.10 : Représentation schématique des différents types de pores.
12. Figure II.11 : Représentation schématique de la surface interne et externe d'un adsorbant.
13. Figure III.1 : Peau de Banane.
14. Figure III.2 : Spectrophotomètre UV visible.
15. Figure III.3 : pH- mètre.
16. Figure III.4 : Séchage Pae de banane dans étuve.
17. Figure III.5 : Broyage la peau de banane (charbon).
18. Figure III.6 : Tamisage la paeu de banane.
19. Figure III.7 : Carbonisation la poudre de la peau de banane.
20. Figure III.8 : Lavage le charbon.
21. Figure III.9 : Ajustement du Ph de charbon.
22. Figure III.10 : Filtration de charbon.
23. Figure III.11 : solution mère du bleu méthylène.
24. Figure III. 12: longueur d'absorbance $\lambda_{\max}$ (nm) du colorant Bleu de Méthylène.
25. Figure III.13 : Solutions concentrations différentes.
26. Figure III.14 : Courbe d'étalonnage du Bleu de méthylène.
27. Figure III.15 : procédé d'agitation (JAR TESTE).
28. Figure III.16 : procédé de filtration.
29. Figure III.17 : l'effet du temps sur l'élimination de BM .
30. Figure III.18 : rendement d'élimination du BM en fonction de temps.
31. Figure III.19 : l'effet de masse sur l'élimination de BM .

32. Figure III.20 : rendement d'élimination du BM en fonction de masse.



LISTE DES TABLEAUX



1. **Tableau I.2:** Principaux groupes chromophores et auxo-chromes, classés par intensité croissante .
2. **Tableau II.1 :** Compa raison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique.
3. **Tableau II.2:** Caractéristiques des adsorbants utilisés dans l'industrie.
4. **Tableau III.1 :** Etalonnage les différentes concentrations de bleu de méthylène



LISTE DES ABRÉVIATIONS



- ✓ BM : bleu de méthylène.
- ✓ **λ_{max}** : (**nm**) Longueur d'onde du maximum d'absorption.
- ✓ R^2 : coefficient de corrélation.
- ✓ B:biochar
- ✓ PB : biochar poudre.
- ✓ GB : biochar en grain.
- ✓ IR : La Spectroscopie Infrarouge.
- ✓ UV : Ultraviolet.
- ✓ **qt** :La quantité adsorbée à l'instant t (mg/g).
- ✓ R : Le rendement d'élimination.



INTROUDCTION



L'eau est à l'origine de la vie sur Terre, mais diverses activités humaines, qu'elles soient industrielles, urbaines ou agricoles, entraînent sa pollution. Par exemple, les colorants synthétiques utilisés dans l'industrie textile sont déversés directement dans les eaux sans traitement préalable, constituant une menace importante pour l'environnement. Pour faire face à cette menace, de nombreuses recherches ont été menées sur la dépollution de l'eau ces dernières années, et plusieurs techniques ont été développées, parmi lesquelles l'adsorption est la plus couramment utilisée[1].

L'adsorption est une méthode efficace et simple pour éliminer les colorants de l'eau. Elle repose sur le principe de piéger les colorants grâce à un matériau solide appelé adsorbant [2].

Différents matériaux solides comme les argiles, les zéolites, les alumines activées, les boues, les biomasses, les résidus agricoles, les sous-produits industriels et le charbon actif peuvent être utilisés dans les processus de décoloration des eaux.

Le bleu de méthylène, un colorant couramment utilisé dans l'industrie textile, peut causer des brûlures oculaires et des lésions permanentes aux yeux chez les humains et les animaux. Son inhalation peut entraîner des difficultés respiratoires, tandis que son ingestion peut provoquer des brûlures, des nausées, des vomissements, une transpiration excessive et des sueurs froides[3].

Le traitement des rejets industriels contenant ce type de colorant est crucial, et de nombreuses techniques physiques, chimiques et biologiques ont été développées à cet effet. Parmi celles-ci, les charbons actifs synthétisés à partir de résidus agricoles sont largement utilisés en raison de leur structure poreuse, de leur grande surface spécifique et de leur capacité d'adsorption élevée.

Notre travail se compose de trois parties :

- Le premier chapitre présente une revue des études antérieures sur les colorants, y compris leur classification et les méthodes d'élimination (bleu de méthylène).

- Le deuxième chapitre porte sur le processus d'adsorption, y compris les différents paramètres influençant l'adsorption, les catégories et les modèles les plus utilisés pour décrire ce phénomène. Il inclut également une étude sur le charbon et les matières premières les plus utilisées pour sa fabrication, ainsi que des informations générales sur la pollution par les colorants, en particulier le bleu de méthylène, ses dangers, sa présence dans l'environnement et son impact sur l'homme.

- Le troisième chapitre présente les procédures expérimentales (protocoles et méthodes) mises en place au cours de cette étude, ainsi que les différents résultats obtenus et leur discussion.

En conclusion, nous résumons les principaux résultats de cette étude.



Chapitre I : Généralités sur Les colorants



I. Généralités sur Les colorants

1. Généralités

Un colorant doit posséder, outre sa couleur propre, la propriété de teindre. Cette propriété résultant d'une affinité particulière entre le colorant et la fibre est à l'origine des principales difficultés rencontrées lors des traitements. En effet, selon le type d'application et d'utilisation, les colorants synthétiques doivent répondre à un certain nombre de critères afin de prolonger la durée de vie des produits textiles sur lesquels ils sont appliqués: résistance à l'abrasion, stabilité photo lytique des couleurs, résistance à l'oxydation chimique (notamment les détergents) et aux attaques microbiennes.

L'affinité du colorant pour la fibre est particulièrement développée pour les colorants qui possèdent un caractère acide ou basique accentué. Ces caractéristiques propres aux colorants organiques accroissent leur persistance dans l'environnement et les rendent peu disposés à la biodégradation [4].

Les matières colorantes se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (de 380 à 750 nm). La transformation de la lumière blanche en lumière colorée par réflexion sur un corps, ou par transmission ou diffusion, résulte de l'absorption sélective d'énergie par certains groupes d'atomes appelés chromophore, La relation entre la longueur d'onde et la couleur transmise est donnée dans le Tableau (I.1), [4.5].

La molécule colorante étant le chromogène. Plus la facilité du groupe chromophore à donner un électron est grande plus la couleur sera intense (groupes chromophores classés par intensité décroissante dans le Tableau I.2. D'autres groupes d'atomes du chromogène peuvent intensifier ou changer la couleur due au chromophore : ce sont les groupes auxo-chromes [4].

Les colorants sont utilisés dans de nombreux secteurs industriels tels que les teintures du textile, du papier, du cuire dans les industries alimentaires et cosmétiques. Les colorants ont la réputation d'être des substances toxiques et persistantes dans l'environnement, ils nécessitent des techniques physicochimiques pour les dégrader [6].

Tableau I.2 : Principaux groupes chromophores et auxo-chromes, classés par intensité croissante.

Groupes chromo-phores		Groupes auxo-chromes	
OH)	Azo (-N=N-)	NHCH ₃)	Amino (-NH ₂)
	Nitroso (-NO ou -N-		Méthyl-amino (-
	Carbonyl (=C=O)		Diméthyl-amino
OH)	Vinyl (-C=C-)	((-N(CH ₃) ₂)	Hydroxyl (-HO)
	Nitro (-NO ₂ ou =NO-		Alkoxy (-OR)
	Sulphure (>C=S)		Groupes
		donneurs d'électrons	

1.1. Classification des colorants

Les principaux modes de classification des colorants reposent soit sur leur constitution chimique (classification chimique), soit sur leurs méthodes d'application aux différents substrats (classification tinctoriale) [6].

1-1-1- Classification chimique

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature du groupement chromophore, qui consiste le squelette nécessaire à coloration de la molécule [5.7].

1-1-2- Classification tinctoriale

Si la classification chimique présente un intérêt pour le fabricant de matières colorantes, le teinturier préfère le classement par domaines d'application. Ainsi, il est renseigné sur la solubilité du colorant dans le bain de teinture, son affinité pour les diverses fibres et sur la nature de la fixation. Celle-ci est de force variable selon que la liaison colorant/substrat est du type ionique, hydrogène, de Van der Waals ou covalente.

On distingue différentes catégories tinctoriales définies cette fois par les auxo-chromes [7].

2. Toxicité des colorants

La toxicité des colorants vient de l'ignorance des chercheurs ou des utilisateurs de leurs structures chimiques qui diffèrent d'un type à un autre. Ainsi que du mode de l'emploi lors de l'utilisation.

Beaucoup d'étude sont montrés les effets toxiques et/ou carcino-géniques des colorants azoïques, ce qui signifie que les effluents contenant ces colorants doivent être traités avant d'être rejetés en milieu naturel.

Leur toxicité est en fait due à la teneur en groupements cancérigènes tels que les groupements aromatiques, phtalogènes, cyanurés, sel de barium et de plomb. Ces groupements cancérigènes (sous forme électrophile ou radicalaire) attaquent les bases pyrimidiques de l'ADN et de l'ARN et causent par conséquent, une altération du code génétique avec mutation et risque de cancer [8].

Parmi les colorants industriels, nous sommes intéressés particulièrement à la toxicité des colorants azoïques, lesquels sont caractérisés par la présence de groupe azo ($-N=N-$). La rupture des liaisons azoïques de ces dernières entraîne la formation d'amines primaires qui causent la méthémoglobinémie, caractérisée par un empêchement du transport d'oxygène dans le sang.

L'allergie respiratoire aux colorants réactifs a été rapportée pour la première fois en par Alanko chez des sujets employés à la pesée et au mélange de ces colorants en poudre depuis deux ans et présentant un asthme et / ou rhinite d'origine professionnelle [9].

3-procédés d'élimination des colorants

Plusieurs méthodes ont été développées pour éliminer les colorants présents dans les eaux usées au cours de la dernière année [1]. Dans notre étude, nous nous concentrons sur l'une des méthodes très importantes, à savoir le phénomène d'adsorption

Les processus d'élimination des colorants des solutions aqueuses comprennent plusieurs méthodes, notamment :

- 1. La filtration :** Cette méthode physique utilise des filtres pour séparer les colorants de la solution en les faisant passer à travers des milieux filtrants tels que des filtres.

2. **La précipitation** : La formation d'un précipité de colorant est réalisée en ajoutant des produits chimiques ou des traitements chimiques spécifiques.
3. **L'échange ionique** : Cette méthode chimique permet de remplacer les ions des colorants par d'autres ions, entraînant ainsi leur précipitation ou leur concentration.
4. **L'évaporation** : L'eau peut être évaporée pour concentrer les colorants et les éliminer ensuite.
5. **L'oxydation et la réduction** : Des oxydants ou des agents réducteurs peuvent être utilisés pour dégrader les colorants ou changer leur couleur par des réactions chimiques.

4- une définition Bleu de méthylène

Le colorant bleu de méthylène est un colorant cationique d'indice CI 52015, sa formule est $(C_{16}H_{18}N_3SCl)$ et sa masse molaire est de 319.85 mol/g. C'est une molécule organique appartenant à la famille des Xanthines. Ce colorant est choisi comme modèle représentatif des polluants organiques de taille moyenne et sa structure chimique représente dans la figure (I.1) [9.10].

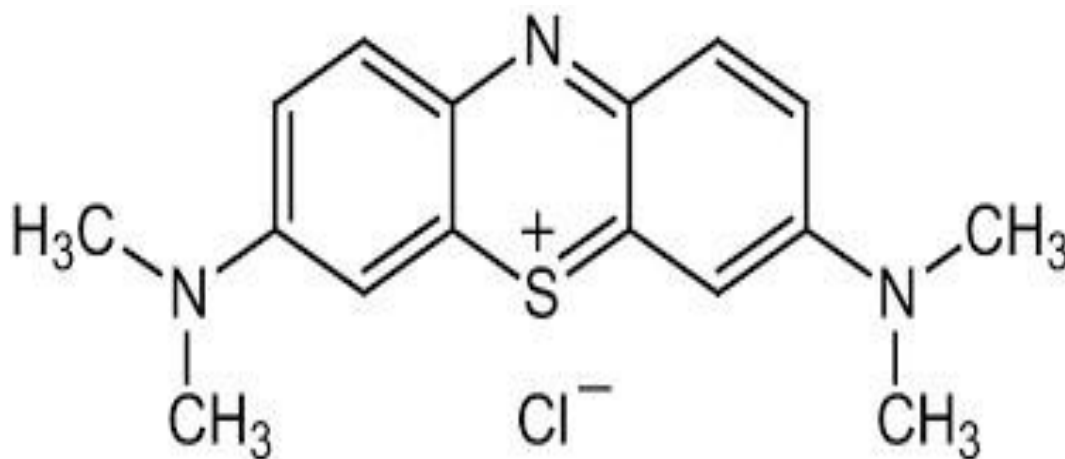


Figure I.1 : Structure chimique du bleu de méthylène [10].

5-Toxicité du bleu de méthylène

Les données toxicologiques concernant l'utilisation du bleu de méthylène chez l'homme pendant de nombreuses années ont indiqué jusqu'à présent l'absence de danger lié à son utilisation comme médicament, à condition que la dose totale administrée ne dépasse pas 7 mg/kg. Toutefois, il peut entraîner des douleurs thoraciques, une dyspnée, de l'anxiété, des tremblements, des hypertensions et même une coloration de la peau si la dose est élevée. Bien que le bleu de méthylène ne soit pas fortement dangereux, il a un effet nocif sur les organismes vivants et les eaux. L'exposition aiguë à ce produit peut causer :

- Irritation de la peau et des dommages permanents aux yeux en cas d'exposition externe.
- Respiration rapide ou difficile et augmentation de la fréquence cardiaque par inhalation.
- Irritation de l'appareil gastro-intestinal, nausées, transpiration excessive, confusion mentale, cyanose et nécrose des tissus en cas d'ingestion [11].

Références du chapitre I

- [1] Robinson T, G. McMullan, R. Marchant et P. Nigam (2001). Remediation of dyes in textile effluent : 388 Adsorption du bleu de méthylène à critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresour. Technol.*, 77, 247-255.
- [2] M.J. Ahmed, S.K. Dhedan. Equilibrium isotherms and Kinetics modeling of methylene blue adsorption on agricultural Wastes-based activated carbons. *Flui. Phas. Equil.* 317 (2012) 9-14.
- [3] Juang R.S, F.C. Wu et R.L. Tseng (1997). The ability of activated clay for the adsorption of dyes from aqueous solutions. *Environ. Technol.*, 18, 525- 531.
- [4] 00000000H.Sadki, K.Zait, M.Saidi, Adsorption d'un colorant cationique d'un milieu aqueux sur une argile locale activée, Rapport bibliographique, Université Abdelmalek Essaâdi - Maroc, 2014.
- [5] E.Guechi, Enlèvement de colorants à partir de solutions aqueuses par des matériaux sorbants non conventionnels et à faible coût, Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba-Algérie, 2013.
- [6] F.Benamraoui, Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture, Diplôme de Magister, Université Ferhat Abbas –Sétif- Algérie, 2014.
- [7] K.T.Chung., G.E. Fulk., A.W. Andrew. Mutagenicity testing of some commonly used dyes. *Appl. Environ. Microbiol.*, vol 42, 1981. p 641-648.
- [8] H. Zollinger. Color Chemistry – syntheses, properties and applications of organic dyes and pigments. VCH Publications, New York, N.Y(1991).
- [9] Madani M.A. Adsorption d'un colorant basique (Bleu de méthylène) Sur différents adsorbants (charbon actif en poudre, charbon en grain et la bentonite), Mémoire de Master, Université Mohamed khaidar-Biskra, Juin 2014.

[10] Zhenwang L. Zhenluc L. Jranjan L. The pt dye molecular structure and its Chromophoriclumnesences mechanisme, 15th word conference on non-destructive testing 15-21 October (2000), Rome.

[11] Melle Fatima Zahra SAIDI. Elimination du Bleu de Méthylène par des Procédés d'Oxydation Avancée. Mémoire de magister en chimie (Université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen -) ; 2013 ; p11.



Chapitre II

Généralité

L'adsorption



I .L'adsorption

1.1 Généralité

L'adsorption est un processus physico-chimique qui se manifeste par une modification de concentration à l'interface de deux phases non miscibles. Il s'agit d'un phénomène de surface, à ne pas confondre avec l'absorption qui est un phénomène en profondeur.

Les phénomènes d'adsorption se rapportent principalement aux interfaces liquide/solide, c'est-à-dire à l'adsorption des liquides, qu'ils soient purs ou en mélange, par les solides considérés généralement comme des phases pures.

La dynamique d'adsorption suit plusieurs étapes : d'abord le transport jusqu'à la couche limite de diffusion entourant la particule d'adsorbant, puis le transport à travers cette couche limite, suivi de la diffusion à l'intérieur des pores (microporosité), et enfin la réaction (physique ou chimique) à la surface interne de l'adsorbant[3].

L'adsorption par un solide peut être définie comme le processus physique de fixation de molécules à la surface du solide par des forces d'interaction de type Van der Waals. On appelle "adsorbat" la molécule qui s'adsorbe et "adsorbant" le solide sur lequel la molécule s'adsorbe. La désorption est le phénomène inverse où les molécules se détachent de la surface solide [2].

Cette relation entre la concentration dans le liquide à l'équilibre (C_e en kg/L) et la concentration du polluant adsorbé en phase solide (Q_e en mol/kg ou kg/kg) est exprimée par une relation mathématique appelée isotherme d'adsorption la figure(II.1) [3]

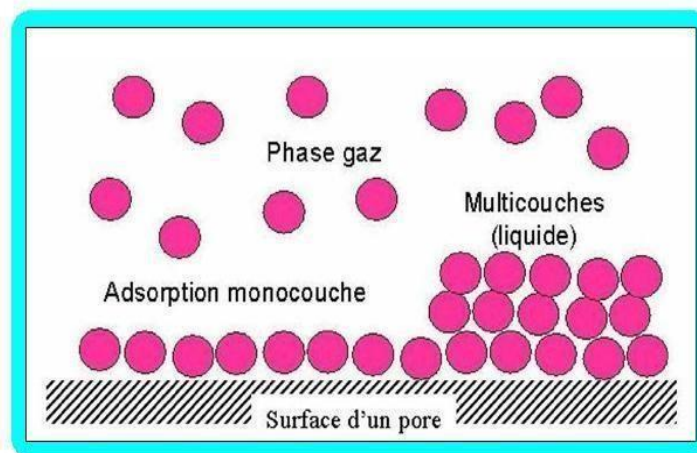


Figure II.1 : Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption [3].

1.2 Définition de l'adsorption

Plusieurs définitions ont été données par divers auteurs, nous reportons dans ces paragraphes les plus usuels :

1. L'adsorption est un phénomène physico-chimique qui se manifeste par une modification de la concentration à l'interface de deux phases non miscibles, telles que liquide/solide ou gaz/solide. On parle alors de couples (adsorbât/adsorbant).

2. L'adsorption par un solide est le phénomène par lequel des molécules d'une phase gazeuse ou liquide se fixent sur la surface de ce solide.

3. L'adsorption peut être considérée comme une opération physique de séparation des mélanges, où une substance est éliminée par une autre et se concentre à l'interface [1]

4. L'adsorption est un phénomène de surface où des atomes ou des molécules d'un fluide (adsorbats) se lient à une surface solide (adsorbant) via divers processus, souvent grâce à des interactions physiques et/ou chimiques [4].

5. D'une manière générale, l'adsorption est définie comme un processus entraînant une accumulation nette d'une substance à l'interface entre deux phases [5].

2 Physisorption

L'adsorption de type physique se produit lorsque les forces qui fixent l'adsorbat sur la surface de l'adsorbant sont de même ordre que les forces de Van der Waals. Ce type d'adsorption se caractérise par plusieurs aspects :

✓ La rapidité dans l'établissement de l'équilibre entre la phase adsorbée et la phase fluide, permettant une adsorption rapide et efficace.

✓ Une chaleur d'adsorption sensiblement du même ordre que la chaleur de liquéfaction du gaz adsorbé, ce qui indique que l'énergie nécessaire pour adsorber le gaz est similaire à celle requise pour le liquéfier.

✓ Une réversibilité relativement facile et une absence de spécificité, ce qui signifie que ce processus peut être facilement inversé et n'est pas spécifique à un type particulier de gaz ou de surface [6].

✓ Les valeurs d'enthalpie d'adsorption se situent souvent autour de 10 kJ/mol, indiquant une interaction énergétique modérée entre l'adsorbat et l'adsorbant [7].

Ce phénomène consiste essentiellement en la condensation de molécules sur la surface du solide, favorisée par un abaissement de la température. En effet, une

température plus basse augmente l'efficacité de l'adsorption physique en réduisant l'énergie cinétique des molécules, ce qui permet une meilleure adhésion à la surface de l'adsorbant [8].

3 Chimisorption

L'adsorption de type chimique, appelée aussi chimisorption, résulte des forces de liaison de nature chimique, nettement supérieures aux forces de Van der Waals, impliquant un partage ou un transfert d'électrons. Cela entraîne des ruptures et des créations de liaisons chimiques à la surface entre le réactif et les sites actifs de l'adsorbant. La chimisorption se caractérise par :

- ✓ Un temps long pour atteindre l'équilibre entre la phase adsorbée et le milieu fluide, en raison de la complexité des réactions chimiques impliquées.
- ✓ Une augmentation de la quantité de matière adsorbée avec la température, ce qui contraste avec l'adsorption physique où une température plus basse est favorable.
- ✓ Une chaleur dégagée durant l'adsorption comparable aux chaleurs de réaction, variant de 40 à 100 kJ/mol, environ 10 fois supérieure à celle de l'adsorption physique.
- ✓ Une non-réversibilité, signifiant que l'adsorbat ne peut pas être facilement désorbé une fois adsorbé.
- ✓ Une spécificité marquée, ce qui signifie que certains adsorbats se fixent préférentiellement sur un adsorbant déterminé [6].

L'enthalpie relative à la chimisorption est beaucoup plus grande que celle de la physisorption, avec des valeurs généralement autour de 200 kJ/mol [7].

4 Mécanismes d'adsorption

Pour mieux caractériser et quantifier la rétention, il est essentiel de se pencher sur les phénomènes se produisant à l'échelle moléculaire : c'est-à-dire les mécanismes d'adsorption. Les liaisons entre les composés et l'adsorbant peuvent être classées en deux types (fig.II.2.)[9].

1- Le transfert de masse externe, également appelé diffusion externe, correspond au déplacement du soluté du milieu de la solution vers la surface externe des particules d'adsorbant.

2- Le transfert de masse interne dans les pores, ou diffusion interne, se produit à l'intérieur du fluide remplissant les pores de l'adsorbant. Les molécules se déplacent de la surface des grains vers leur centre à travers les pores.

3- La diffusion de surface peut également contribuer dans certains cas, où les molécules adsorbées se déplacent le long des surfaces des pores à l'échelle d'un grain d'adsorbant.

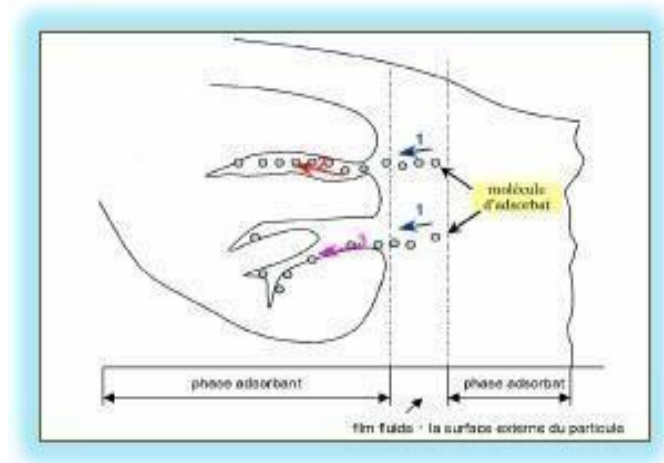


Figure II.2 : Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbat au sein d'un grain [9].

5 Les facteurs influençant des paramètres d'adsorption

L'adsorption dépend de nombreux facteurs, dont les principaux sont :

- ✓ Les caractéristiques de l'adsorbant : polarité, volume poreux, surface spécifique et fonctions superficielles.
- ✓ Les caractéristiques de l'adsorbat : polarité, solubilité et poids moléculaire.
- ✓ Les paramètres physico-chimiques du milieu, comme la température et le pH [8].

6 Isothermes d'adsorption

Tous les systèmes adsorbant/adsorbat ne se comportent pas de la même manière. Les phénomènes d'adsorption sont souvent étudiés à travers leur comportement isotherme. Les courbes isothermes décrivent la relation à l'équilibre d'adsorption entre la quantité adsorbée et la concentration du soluté dans un solvant donné à une température constante.

7 Des isothermes d'adsorption [10,11]

Les courbes isothermes varient selon le couple adsorbat-adsorbant étudié. Gilles et ses collaborateurs ont classé les isothermes d'adsorption des solutés à solubilité limitée en cinq types principaux[10] :

✓ **Type I** : Cette isotherme est interprétée comme la formation d'une couche monomoléculaire complète. Elle est observée sur des solides microporeux avec un diamètre inférieur à 25 Å .

✓ **Type II** : C'est l'isotherme la plus fréquente, observée lorsque l'adsorption se produit sur des poudres non poreuses ou avec des macro-pores de diamètre supérieur à 500 Å .

✓ **Type III** : Cette isotherme est caractéristique des adsorptions où la chaleur d'adsorption de l'adsorbat est inférieure à la chaleur de liquéfaction. Elle est relativement rare et indique la formation de couches polymoléculaires au début de l'adsorption, avant que la surface ne soit complètement recouverte d'une couche monomoléculaire.

✓ **Type IV** : Cette isotherme se produit sur des solides avec des pores de diamètres compris entre 15 et 1000 Å. La pente de la courbe augmente à des pressions relatives élevées, indiquant un remplissage complet des pores. Comme pour l'isotherme de type II, la formation de couches multiples commence lorsque la couche monomoléculaire est entièrement réalisée.

✓ **Type V** : Cette isotherme présente également une hystérésis, similaire à l'isotherme de type III, ce qui signifie que la formation de couches multiples démarre bien avant que la couche monomoléculaire ne soit totalement réalisée. Ce type d'isotherme est caractéristique des solides poreux avec des diamètres de pores similaires à ceux des solides

donnant des isothermes de type IV et V, mais présente une pente différente attribuée à la géométrie des pores[10].

Ces cinq types d'isothermes sont représentés dans la figure (**Figure(II.3)**).

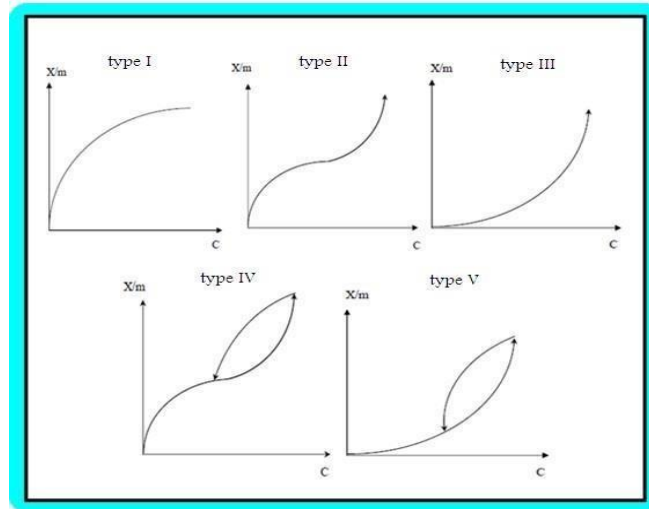


Figure II.3 : Les différents types d'isothermes d'adsorption[11].

8 Domaine d'application de l'adsorption

L'adsorption trouve des applications efficaces dans divers domaines industriels.

En pratique, elle est utilisée dans les contextes suivants [12] :

- ✓ Processus de séchage.
- ✓ Traitement des huiles.
- ✓ Purification des gaz.
- ✓ Industrie textile.
- ✓ Décoloration et traitement des eaux.

9 Les adsorbants

Généralement, les adsorbants permettent de séparer les composants d'un mélange en retenant ces derniers à des degrés divers, grâce à des liaisons dont l'intensité varie en fonction de la nature des molécules présentes dans le mélange. Strictement parlant, tous les solides sont des adsorbants. Cependant, seuls les adsorbants ayant une surface spécifique suffisante (surface par unité de masse) présentent un intérêt pratique. Les adsorbants industriels ont généralement des surfaces spécifiques supérieures à $100 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$, atteignant même quelques milliers de $\text{m}^2.\text{g}^{-1}$. Ces adsorbants sont nécessairement microporeux avec des tailles de pores inférieures à 2 nm

ou mésoporeux avec des tailles de pores comprises entre 2 nm et 50 nm (selon la classification de l'IUPAC). Les adsorbants industriels les plus courants sont les suivants : charbons actifs, zéolithes, gels de silice, argiles activées (ou terres décolorantes) et alumines activées [13].

De plus, ce phénomène est influencé par de nombreux facteurs relatifs aux propriétés physico-chimiques de l'adsorbant (charbon) ainsi que de l'adsorbat, et par les conditions extérieures.

II. Charbon

II.1. Les adsorbants propriétés générales

Les premiers matériaux utilisés pour l'adsorption remontent à plusieurs siècles et comprenaient des argiles, des terres décolorantes, et plus tard, à la fin du XIX^e siècle, les charbons actifs sont apparus. Pendant la Première Guerre mondiale, les gels de silice ont été introduits, suivis dans les années 1939-1940 par les alumines activées. En 1945, les propriétés exceptionnelles d'adsorption des zéolithes naturelles ont été reconnues, et dans les années 1950, les premières zéolithes synthétiques ont ouvert la voie au développement des tamis moléculaires comme catalyseurs et adsorbants. Aux côtés de ces matériaux utilisés à grande échelle, de nouveaux produits aux propriétés améliorées ont émergé ces dernières années [14].

Les adsorbants d'intérêt pratique doivent avoir une surface spécifique suffisante, généralement supérieure à 100 m²/g pour les matériaux industriels, pouvant même atteindre quelques milliers de m²/g [15].

Ces adsorbants sont classés soit comme microporeux, avec des pores de taille inférieure à 2 nm, soit comme méso-poreux, avec des pores de taille comprise entre 2 nm et 50 nm.

Les propriétés des adsorbants, telles que leur surface spécifique ou leur polarité, sont essentielles. Une surface spécifique élevée est préférable pour une capacité d'adsorption accrue. La taille des micropores influence l'accessibilité des molécules à la surface interne d'adsorption. Ainsi, la distribution de la taille des pores est utilisée pour caractériser les adsorbants et choisir le plus approprié pour une séparation spécifique [16].

II.2.Origine et fabrication

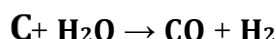
2.1.Origine

D'origine organique ou minérale, le biochar provient de diverses matières animales et végétales (coques de noix de coco, tourbe, houille, etc.). Les charbons issus de ces matières sont les plus couramment utilisés pour le traitement de l'eau naturelle ou résiduaire. Pour des recherches spécifiques, on peut utiliser des produits carbonisables comme le sucre, qui donne du biochar chimiquement pur [17].

2.2.Fabrication

2-2-1- Procédé physique

Le matériau brut est carbonisé à une température d'environ 600°C pendant 6 à 8 heures. L'activation consiste en une oxydation contrôlée à haute température (700 à 1000°C) en présence d'un mélange faiblement oxydant de vapeur d'eau et de dioxyde de carbone pendant 24 à 72 heures. Le carbone est consommé par la réaction :



La réaction se développe plus facilement dans les directions où le carbone est moins dense, créant ainsi des « tunnels » qui développent la microporosité. [18]

2-2-2- Procédé chimique

La carbonisation et l'activation sont réalisées simultanément entre 400 et 600°C en présence d'acide phosphorique ou de chlorure de zinc (ce dernier est interdit pour les applications agroalimentaires). Ces agents agissent comme catalyseurs d'oxydation, permettant le développement de la microporosité et de la mésoporosité par élargissement du diamètre des pores. La fabrication se termine par des opérations de granulation, de tamisage et de conditionnement. [19].

3. Les caractéristiques de charbon

Les caractéristiques des biochar varient en fonction du précurseur (matériau de départ), de la méthode de préparation et des conditions de traitement (température de pyrolyse, temps d'activation, etc.). Ils se présentent sous trois formes différentes : grain, poudre ou fibres. La distinction entre les biochars actifs en grain et en poudre se fait sur la base de critères granulométriques : la taille moyenne des particules est inférieure à 0,18 mm pour le charbon en poudre et inférieure à 0,6 mm pour le biochar en grain. Les fibres ne seront pas abordées en raison de leur utilisation limitée dans le traitement des eaux. De nombreux matériaux carbonés,

tels que le bois, les coquilles de noix de coco, le biochar naturel et les résidus agricoles, sont utilisés comme précurseurs pour la préparation de biochar [20].

Le processus de fabrication de ces adsorbants comporte deux grandes étapes : la carbonisation et l'activation (comme mentionné dans le titre précédent - Fabrication ... Procédé physique et Procédé chimique ...). Il existe deux procédés. Cette dernière notent [21], les chercheurs, permet d'obtenir un meilleur rendement, une plus grande surface spécifique et un meilleur développement de la structure poreuse du charbon.

4. Les différentes formes du biochar [22]

4.1. Les biochar en grain (BG)

Plus de 100 types de charbons existent pour toutes vos applications. Nous mentionnons trois types célèbres :

- ✓ biochar en grain (BG).
- ✓ biochar tissu (BT).
- ✓ biochar en poudre (BP).



Figur II.7 : biochar en grain (BG). [22].

4.2.Les biochar en tissu (BT)

Ce sont des particules de formes irrégulières parmi une gamme de tailles allant de 0,2 mm à 5 mm. Ce type de charbon est utilisé pour des applications en phase liquide et gazeuse.



Figure II.8: biochar en tissu (BT). [22].

4.3.Les biochar en poudre (BP)

Réduit en poudre avec une taille inférieure à 0,18 mm (US Mesh 80), ce biochar est principalement utilisé pour des applications en phase liquide ainsi que pour le traitement des flux gazeux. C'est ce type de charbon que nous utiliserons dans notre expérience.



Figure II.9 : biochar en poudre (BP) [22].

5. Les propriétés des adsorbants

5.1. Structure poreuse (Texture) [23]

Un solide poreux se caractérise par le volume de substance adsorbée requis pour saturer tous les pores ouverts d'un gramme de ce solide. Un pore ouvert est un pore dont l'accès est situé à la surface du grain, rendant ainsi le port accessible au fluide. Ce volume poreux, exprimé en $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, représente donc spécifiquement la porosité ouverte du matériau. La porosité ouverte est une propriété cruciale car elle détermine la capacité d'un solide à adsorber des fluides, ce qui est essentiel dans des applications telles que la filtration, la catalyse et le stockage de gaz. La mesure précise de cette porosité permet d'évaluer l'efficacité et l'utilité du solide poreux dans divers contextes industriels et scientifiques. (Figure II.10).

Selon la classification de l'I.U.P.A.C. (International Union of Pure and Applied Chemistry), les tailles de pores se divisent en trois catégories :

- ✓ Les micropores de diamètre inférieur à 2 nm.
- ✓ Les méso-pores de diamètre compris entre 2 et 50 nm.
- ✓ Les macro-pores de diamètre supérieur à 50 nm.

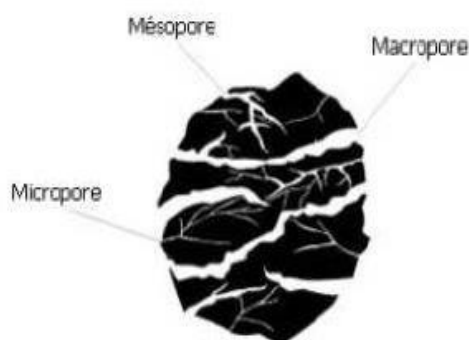


Figure II.10: Représentation schématique des différents types de pores. [23].

Chaque type de pore joue un rôle spécifique dans le processus d'adsorption. Les macropores permettent au fluide d'accéder à la surface interne du charbon actif. Les mésopores facilitent le transport de ce fluide, tandis que les micropores sont les sites principaux de l'adsorption. Les micropores déterminent en grande partie la capacité d'adsorption du biochar, car ils constituent presque la totalité de la surface disponible pour l'adsorption.

8.Utilisations du biochar [23]

L'utilisation du biochar s'étend à différents domaines, tels que :

- ✓ Le traitement des eaux potables et des eaux résiduaires.
- ✓ La purification de produits industriels.
- ✓ L'élimination des couleurs et des impuretés des produits bruts, par exemple pour la décoloration du sucre de canne ou de betterave.
- ✓ L'utilisation dans les équipements de climatisation et pour l'élimination des odeurs d'égouts et des émanations chimiques.
- ✓ Les filtres à biochar dans certaines voitures, qui capturent les émanations d'hydrocarbures imbrûlés émanant des véhicules à l'arrêt.

Références du chapitreII

- [1] Daoud T. Bio sorption Simultanée du Plomb et du Fer sur une Biomasse Morte « La StreptomycesRimosus », Ecole nationale polytechnique -ENP- 10 avenue hassanbadi, el-harrach Alger, juin, 2007.
- [2]Bougdah N. Etude de l'adsorption de micropolluants organiques sur la bentonite, Mémoire de Magister, Université 20 Août 55-Skikda, 2007.
- [4] Boulkrah H. Etude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants, Mémoire de Magister, l'université du 20 août 1955-Skikda, 2008.
- [5] Chikhi K. Adsorption du zinc sur la bentonite de Maghnia, Master Académique, Université KasdiMerbah -Ouargla, 19/06/2013.
- [6] Khalfaoui A. Etude Expérimentale de L'élimination de Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Matériaux Naturels: Application aux Peaux d'Orange et de Banane, Thèse de Doctorat, Université Mentouri -Constantine, 2012.
- [7] Sedira N. Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes, Mémoire de Magister, Université Mohamed Chérif Massaadia Souk-Ahras, 2012/2013.
- [8] Bouaziz A. Biosorption du nickel par la biomasse Pleurotusmutilus, Ecole Nationale polytechnique, juin, 2009.
- [9]S. Arris. (200), Etude Expérimentale De L'élimination Des olluants Organiques Et Inorganiques Par Adsorption Sur Des Sous-Produits, Thèse de doctorat, Université de Constantine, p. 30

- [10] Babakhouya N. Récupération des métaux lourds par l'utilisation des adsorbants naturels, Mémoire de Magister, Université M'hamedBougara- Boumerdès, 2009- 2010.
- [11] Bouziane N. Élimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre, Mémoire de Master, Université MentouriConstantine,30/05/2007.
- [12] ChouatM. laboubiF. Etude de l'adsorption du bleu méthylène par charbon actif, Mémoire de Master, Université Mohamed Khaider-Biskra, Juin2013.
- [13] M. BECHKI. «Préparation et caractérisation du charbon actif à partir des noyaux du palmier dattier et des coquilles des noix», Thèse de doctorants,Université Kasdi MarbahOuargal, Algérie , 2019.
- [14] N. J. Krou. Etude expérimentale et modélisation d'un procédé séquentiel AD-OX d'élimination de polluants organiques; thèse de doctorat ; Université de Toulouse ; (2010).
- [15] R. Malik, D.S. Ramteke, S.R. Wate. Adsorption of malachite green on gundnut shell waste based powdered activated carbon. Waste Management, 27 (2007) 1129-1138.
- [16] <http://www.chemviron.eu/fr/produits/charbon-actif/>
- [17] C.C. Manole. Procédé AD-OX d'élimination de polluants organiques non biodégradables (par adsorption puis oxydation catalytique), thèse de doctorat, Polytechnique de Toulouse (2007).
- [18] Cyril et Gomella, « Traitement des eaux publiques industrielles et privées », Edition Eyrolles, Paris 1978.

[19] L.M. Sun et F. Meunier. Adsorption : aspects théoriques Techniques de l'ingénieur, (2007).

[20] Lenntech, « Traitement de l'eau et de l'air », 2004.



Chapitre III

Matériels, résultats et discussion



Le volet expérimental de ce travail a été réalisé dans le laboratoire du département de chimie industrielle de la Faculté des sciences et la technologie à l'Université Mohamed Khider - Biskra. L'objectif de cette étude est de préparer du biochar à partir de la peau de banane afin de l'utiliser dans l'élimination du bleu de méthylène résultant de son utilisation dans certaines activités industrielles et chimiques et étudier l'effet de la température de carbonisation sur l'absorbance de BM. De plus, cette étude vise à examiner l'impact des facteurs chimiques tels que la masse de l'adsorbant et le temps d'adsorption

III.1.Matériels première

La banane est un fruit appartenant au genre appelé "Musa", qui pousse sur la plante de palmier connue sous le nom de bananier. Les principales variétés de bananes sont la banane ordinaire (banane de grande taille) et la banane plantain (banane de petite taille). On pense que l'origine de la banane remonte aux régions du sud-est de l'Asie et du sud de la Chine, et elle a été cultivée et répandue dans le monde entier dans les régions au climat tropical et équatorial [1].



Figure III.1 : Peau de Banane.

III.2.Les équipements et Appareillage utilisés

- ✓ Fiole jaugée (500 ml, 2000 ml)
- ✓ Pipette graduée
- ✓ Barreau magnétique
- ✓ Spatule
- ✓ Bécher
- ✓ Erlenmeyer
- ✓ Entonnoir
- ✓ Papier filtre
- ✓ Balance électrique

- ✓ pH-mètre
- ✓ Spectrophotomètre UV-Visible
- ✓ Balance
- ✓ Four
- ✓ -Une étuve

-Agitateur (Jar teste).

III.3 Produits chimiques utilisés

- ✓ Hydroxyde de sodium NaOH
- ✓ Acide chlorhydrique..... HCl
- ✓ Le bleu de méthylène..... $C_{16}H_{18}ClN_3S$

III.4. Les appareillages

- ✓ **Spectres d'absorption en UV- visible**

L'analyse par cet instrument s'appuie sur le fait que toute solution colorée traversée par un faisceau de lumière laisse passer une fraction de lumière incidente, la quantité de lumière absorbée est proportionnelle à la concentration du composé coloré recherché



Figure III.2: Spectrophotomètre UV visible.

- ✓ **pH-mètre**

Nous utilisons ce dispositif pour mesurer l'acidité de la solution après l'augmentation ou la diminution pour confirmer l'effet de ce facteur dans l'étude expérimentale



Figure III.3 : pH- mètre.

III.5. Préparation du charbon

✓ Séchage :

Les pelures de banane sont placées dans un déshydrateur pendant 24 heures pour éliminer l'humidité sous 110°C



Figure III.4: Séchage Pue de banane dans étuve.

✓ Broyage

Les pelures de banane sont ensuite broyées à l'aide d'un mixeur électrique pour obtenir une poudre très fine.



Figure III.5 : Broyage la peau de banane (charbon).

✓ **Tamisage**

La poudre est ensuite passée à travers un tamis pour obtenir une texture uniforme, Pour une durée de 20 minutes (de taille 1,750,500, 180um)



Figure III.6 : Tamisage la paeu de banane.

✓ **Carbonisation**

La poudre est placée dans un contenant adapté puis directement dans le four à différentes températures : 300°C pendant 2 heures, puis à 400°C pendant une heure et enfin à 600°C pendant une heure.



Figure III.7: Carbonisation la poudre de la peau de banane.

✓ Lavage

Le charbon est lavé avec de l'eau distillée selon un masse de 5 g de charbon pour 1 L d'eau distillée.



Figure III.8: Lavage le charbon.

✓ Ajustement du pH

Le pH est ajusté à 7 en ajoutant de la solution de NaOH et HCl



Figure III.9 : Ajustement du pH de charbon.

✓ Filtration

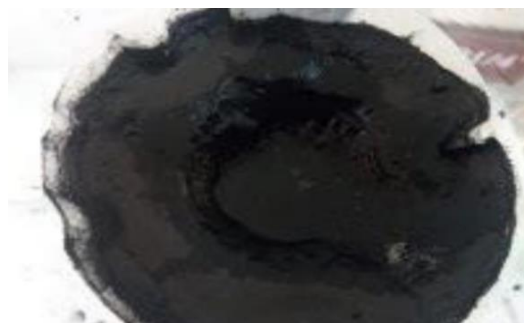


Figure III.10 : Filtration de charbon.

III.6. 1.Teneur d'humidité

La teneur en d'humidité est déterminée selon la norme ASTM 2867-99. On pèse un creuset contenant 146g des écorces de banane, on l'introduit ensuite dans l'étuve à une température de 110°C pendant 24 heures. Après sa sortie de l'étuve, on le pèse à nouveau (90g) [2].

Le teneur d'humidité est donné par la relation suivant :

$$H\% = \frac{(P1-P2)}{P1} * 100 \dots\dots\dots(III.1)$$

Avec :

H% : la teneur en humidité ;

P1 : creuset remplir (charbon+creuset) avant séchage ;

P2 : creuset remplir (charbon + creuset) après séchage ;

Donc :

$$H\% = 38.35$$

II.6.2. Pourcentage de la matière organique et le taux des cendres :

- **Pourcentage de la matière organique**

Le pourcentage de la matière organique **M₀%** est donné par la relation suivant :

Avec :

$$M_0\% = \frac{m_0 - m'}{m_0} * 100 \dots\dots\dots(III. 2)$$

m₀ (g) : masse initiale de charbon avant séchage ;

m' (g) : masse de charbon obtenue après traitement thermique

À (T=300°C pendant 2h m₀ =46g –m' =24.76g) à 400 pendant 1h ((m₀=50g =et m'=22.69g))
et à 600 °C pendant 1h ((m₀=50g et m'=18.01g))

$$M_0(\text{à } 300^{\circ}\text{C}) = 46.17\%$$

$$M_0(\text{à } 400^{\circ}\text{C}) = 54.62\%$$

$$M_0(\text{à } 600^{\circ}\text{C}) = 63.98\%$$

- **Le taux des cendres :**

Le taux des cendres T.C (%) est donné par la relation suivant :

$$\text{T.C} = 100\% - M_0\% \dots \dots \dots (\text{III. 3})$$

$$\text{T.C}_{\text{à } 300^{\circ}\text{C}} = 53.83.54\%$$

$$\text{T.C}_{\text{à } 400^{\circ}\text{C}} = 45.38\%$$

$$\text{T.C}_{\text{à } 600^{\circ}\text{C}} = 36.02\text{percentage}$$

III.7. Préparation des solutions

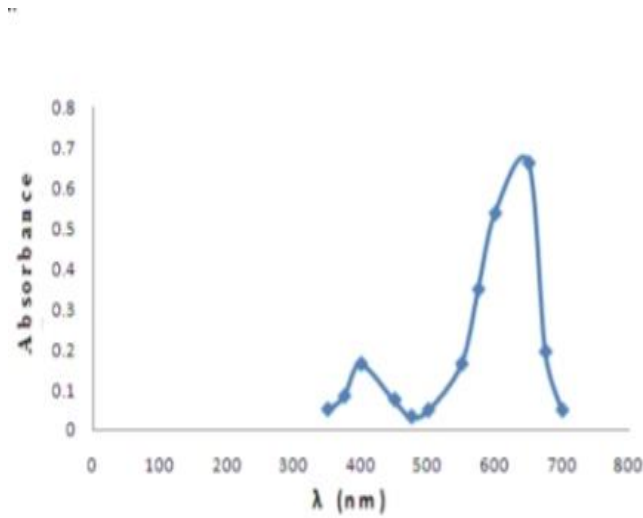
La solution de bleu de méthylène BM est de $C = 0.5 \text{ g/l}$



Figure III.11 : solution mère du bleu méthylène.

III.7.1. Etalonnage de la solution

La méthode d'analyse utilisée est la spectrophotométrie UV-visible. La première étape est la détermination de la longueur d'onde maximale (λ_{max}) appartient à l'intervalle de 200 à 700 nm de la colorante BM. Nous avons étudié l'effet des principaux paramètres ayant une influence sur la capacité d'adsorption, tels que, la masse de l'adsorbant, le temps de contact.



FigureIII. 12: longueur d'absorbance $\lambda_{\max}$ (n m) du colorant Bleu de Méthylène

Cette figure montre que la longueur d'onde du maximum d'absorption de BM est

$$\lambda_{\max} = 664(\text{n m})$$

La deuxième étape est la vérification de la loi de Beer-Lambert. Pour cela, nous avons tracé les courbes d'étalonnage pour l'adsorbat utilisé à différentes concentration afin de déterminer les domaines de concentration pour lesquels la loi de Beer-Lambert est respectée (obtention d'une droite).

L'absorbance est fonction de la concentration du soluté comme le montre la loi de Beer - Lambert : [2]

$$A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) = \epsilon \cdot \lambda \cdot C$$



Figure III.13 : Solutions concentrations différentes.

-Pour la mesure l'absorbance de bleu de méthylène, et les résultats dans le **tableau III.1**

Tableau III.1 : Etalonnage les différentes concentrations de bleu de méthylène

Concentration (mg/l)	0.2	0.4	0.6	0.8
Absorbance	2.802	3.50	4.35	4.85

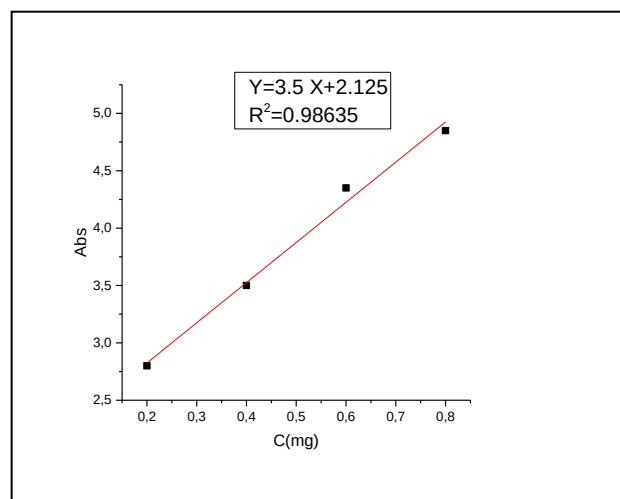


Figure III.14 : Courbe d'étalonnage du Bleu de méthylène

III.8. Etude de l'effet des paramètres gouvernants l'adsorption

III.8.1.effet des temps

Pour étudier l'effet du temps sur le phénomène d'adsorption nous avons préparé 12 échantillons d'une solution de BM ($V = 250$ ml), chaque quatre échantillons ont été réalisées avec ; un charbon carbonisée à 300°C pendant 2h, un charbon carbonisée à 400°C pendant 1 h et un charbon carbonisée à 600°C pendant 1h. Puis on les place un JAR test, qui est programmée à une vitesse d'agitation de 200 tr/min à différents temps d'agitation (30min;60min ; 90min; 120 min). Les filtrats sont analysés par le spectrophotomètre UV visible.



Figure III.15 : procédé d'agitation (JAR TESTE).**Figure III.16 : procédé de filtration**

III.8.2.L'effet de la masse

L'effet de la masse initiale de biochar est très indispensable pour connaître la meilleure quantité adsorbée à quelle masse. Les masses de biochar étudié sont 200mg, 600mg, 800mg. Les filtrats sont analysés par le spectrophotomètre UV visible.

III.9.Résultats et discussion :

❖ Méthodologie [3]

-l'adsorption du colorant bleu de méthylène a été calculée en utilisant la formule suivant :

$$q_t = (c_0 - ct) \times \frac{v}{m} \dots \dots \dots (III. 7)$$

q_t : La quantité adsorbée à l'instant t (mg/g).

c_0 : La concentration initiale en colorant (mg/l).

ct: La concentration en colorant à l'instant t (mg/l).

v : Le volume de la solution (ml).

m : La quantité de l'adsorbant en solution (g).

- Le rendement d'élimination du bleu de méthylène :

Ou encore par la détermination du taux d'élimination du colorant, noté R et exprimé en pourcentage(%), il est défini par :

$$R = \frac{(c_0 - ct)}{c_0} \times 100 \dots \dots \dots (III. 8)$$

Où :

c_0 : Concentration initiale du colorant (mg/l).

ct : Concentration du colorant à l'instant t (mg/l).

III.9.1. L'effet du temps

L'étude de la cinétique de l'élimination du BM par le biochar montre que l'équilibre est atteint au bout de 30 minutes pour le biochar carbonisée à 300°C pendant 2h et 60min pour le biochar carbonisée à 400 et 600°C pendant 1h (fig.III.17).

D'après la figure III.18, le meilleur rendement a été obtenu avec le biochar carbonisée à 600°C pendant 1h.

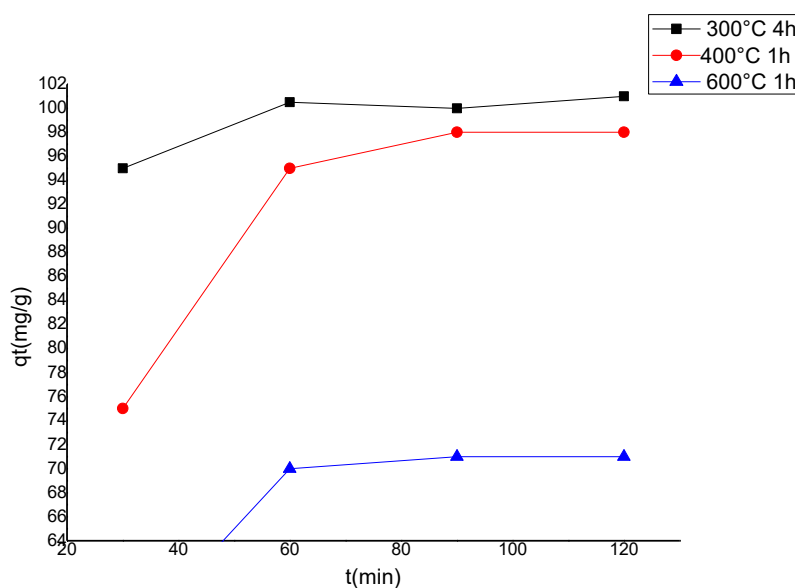


Figure III.17 : l'effet du temps sur l'élimination de BM .

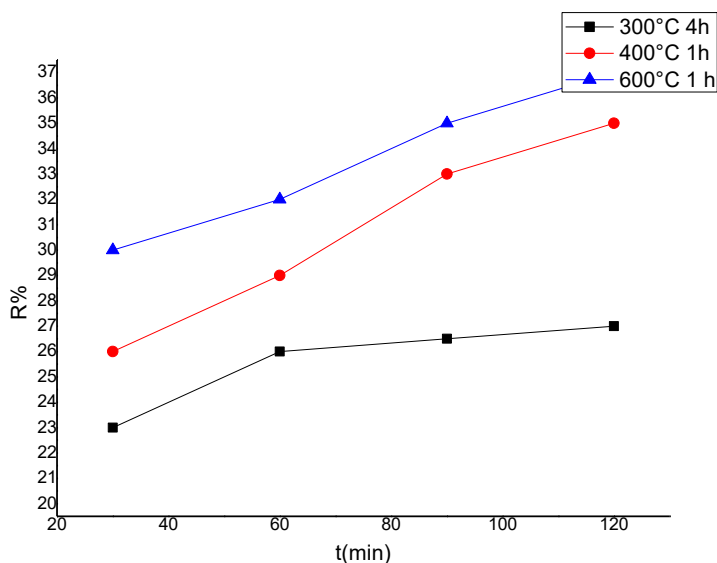


Figure III.18 : rendement d'élimination du BM en fonction de temps.

III.9.2. L'effet du masse

La figure III.19 montre que l'équilibre en masse est atteint à $m = 0.2g$ pour le biochar carbonisée à 300°C pendant 2h et 0.6g pour le biochar carbonisée à 400 et 600°C pendant 1h .

D'après la figure III.20, le meilleur rendement a été obtenu avec le biochar carbonisée à 600°C pendant 1h.

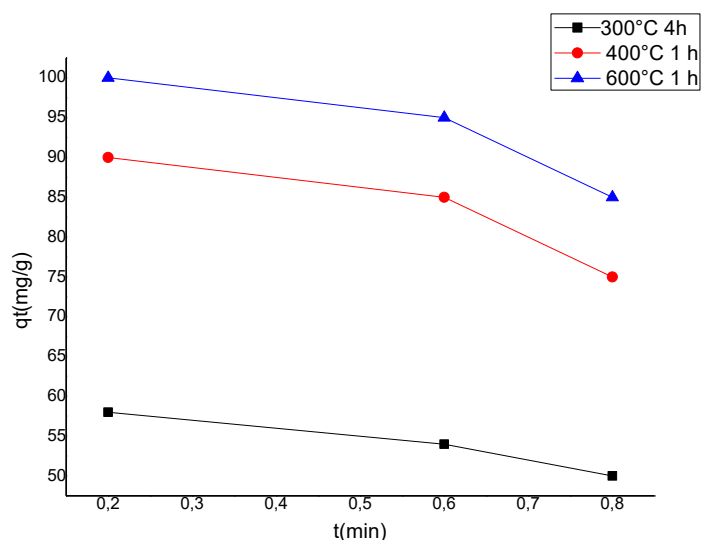


Figure III.19 : l'effet de masse sur l'élimination de BM .

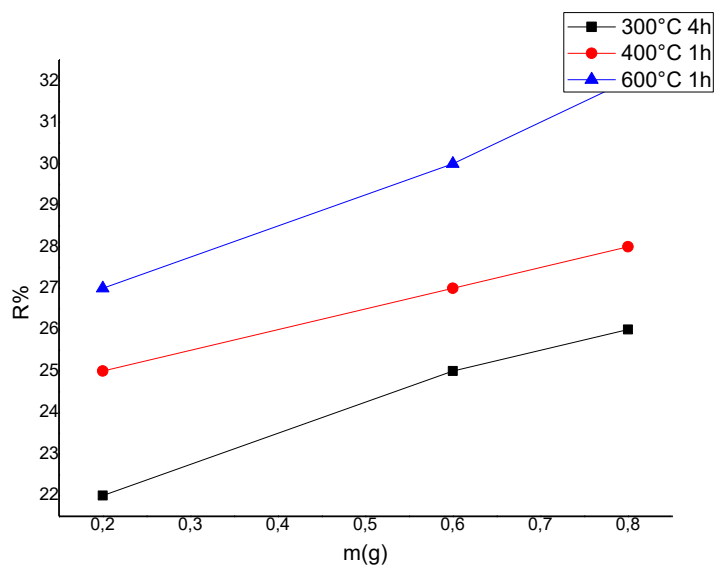


Figure III.20 : rendement d'élimination du BM en fonction de masse.

Références

[1]D Martinvalet.Labanane.05, 2016.

[2]M J Ahmed. S K Dhedan. Equilibrium isotherms and kinetic modeling of méthylène Blue adsorption on agricultural wastes-based activated carbons. *Fluide Phase Equilibrai*. 317, 2012, p 9-14.

[3]S. Langergren, Zur theorie der sogenannten adsorption gelosterstoffe. *Kungligasuenska, Vetenskapsakademiens Hanalinger*, 24 (1898)1-39.



CONCLUTION



Ce travail est de mettre en lumière un matériau naturel de récupération (peau de banane) qui se transforme en biochar à travers une étude expérimentale sur sa capacité à adsorber le colorant bleu de méthylène en solution aqueuse en vue d'une application dans le traitement de l'eau. Les résultats obtenus lors de notre étude ont mis en évidence les points suivants :

- L'efficacité d'élimination du colorant bleu de méthylène augmente avec l'augmentation de la température de carbonisation.
- L'efficacité d'élimination du biochar varie en fonction du temps d'agitation, avec une efficacité maximale obtenue après 30 minutes pour le biochar carbonisé à 300°C et après 60 minutes pour le biochar carbonisé à 400 et 600°C.
- L'efficacité d'élimination du biochar varie en fonction de la masse, avec une efficacité maximale obtenue à une masse de 200 mg pour le charbon bio-carbonisé à 300°C et à une masse de 600 mg pour le Biochar carbonisé à 400 et 600°C.
- Le meilleur rendement est obtenu en utilisant le biochar carbonisé à 600°C pendant 1 heure.
- La poudre de peau de banane est un biomatériau ayant des capacités d'adsorption intéressantes



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

بكرة في: 30.06.2024

جامعة محمد خيضر - بكرة
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الكيمياء الصناعية

إذن بإبداع مذكرة الماستر

أنا الممضي أسفله الأستاذ: حمدي ابناس

الرتبة: M. C. A

أستاذ مشرف على مذكرة ماستر - للطلاب (ة): ستوي نبال

الشعبة: هندسة المراكب

التخصص: هندسة مراكب البيئة

بعضوان: Elimination de bleu Malheyline sur un
Biochar

أرخص بإبداع المذكرة المذكورة.

رئيس لجنة المناقشة

الأستاذ المشرف



تحميل إلى OneDrive



