



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

**FACULTE : TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS**

MEMOIRE DE MASTER

**Présenté par : BENTOURKIA Nourelhouda
YOUSFI Meriem**

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Génie des Procédés

OPTION : Génie des Procédés de l'Environnement

Thème

***Elimination d'un colorant textile par un matériaux
d'origine naturelle
(charbon actif)***

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
TOUNSI Aissa	MCA	Président
GERMIT Mounira	MCA	Examineur
BENALIA Mokhtar	Professeur	Rapporteur
CHEBBA Samira	Doctorante	Co-rapporteur

Promotion : JUIN 2024

Remerciements

*Au début, nous devons d'abord remercier **Allah** qui permis d'atteindre ce haut niveau scientifique et ouvert la voie pour être parmi vous aujourd'hui pour discuter notre mémoire de master.*

*Nous exprime également nos remerciements et nos gratitude à notre encadreur **Dr. Benali Mokhtar** et co-encadreur **M^{elle} chebba samira** que Dieu le protège, la préserve et prolonge leurs vie. leurs supervision et le fait qu'elle nous accordé beaucoup de temps m'ont permis à produire ce mémoire scientifique sous la forme dans laquelle il est apparu, ses orientations et ses conseils qui ont joué un rôle fondamental dans la réalisation de notre études scientifiques.*

*Je remercie aussi les membres du jury **Dr tounsi aissa** et **Dr. Guermite monira** d'avoir accepté d'examine rnotre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

Nous remercie tous les professeurs et les enseignants du département génie des procédés pour tous leurs efforts et leurs conseils pour notre réussite.

Merci aux membres du laboratoire pédagogique pour leurs conseils et leurs orientations

Enfin, nous remercie toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Dédicaces

*Je m'incline devant Dieu et le remercie profondément de m'avoir
inspiré et Guide-moi vers le bon chemin.*

*Merci, mon Dieu, pour ton aide précieuse, pour ton aide et pour ton
aide*

A mon cher père

*Qui a été très impliqué dans mon éducation, et qui m'a toujours
encouragé dans ma vie*

Mes études sont pour moi le bon modèle et le modèle de réussite.

A ma chère mère

*Qui m'a toujours encouragé à m'aider à avancer
vie.*

Ce qui était un secret

Soyez patient et continuez mes études

J'ai travaillé pour ma réussite.

Que Dieu vous protège et vous accorde santé et longue vie

À mes frères et sœurs, que Dieu les protège, qui ont...

Pris en charge à tout moment.

À tous mes amis - A tous ceux qui m'aiment - À tous ceux que j'aime

A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près dans ce travail.

Meriem

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A ma mère ,

Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.

A mon père,

*L'épaule solide, la personne la plus digne de mon estime et de,
mon respect, que dieu te préserve et te procure santé et longue vie.*

*A ma grand-mère, que Dieu ait pitié de son âme, qui m'a toujours
encouragé et a*

souhaité que je réussisse

A toute ma famille

A mes très chères amies (amira et chima bendjeddou et aicha djaber)

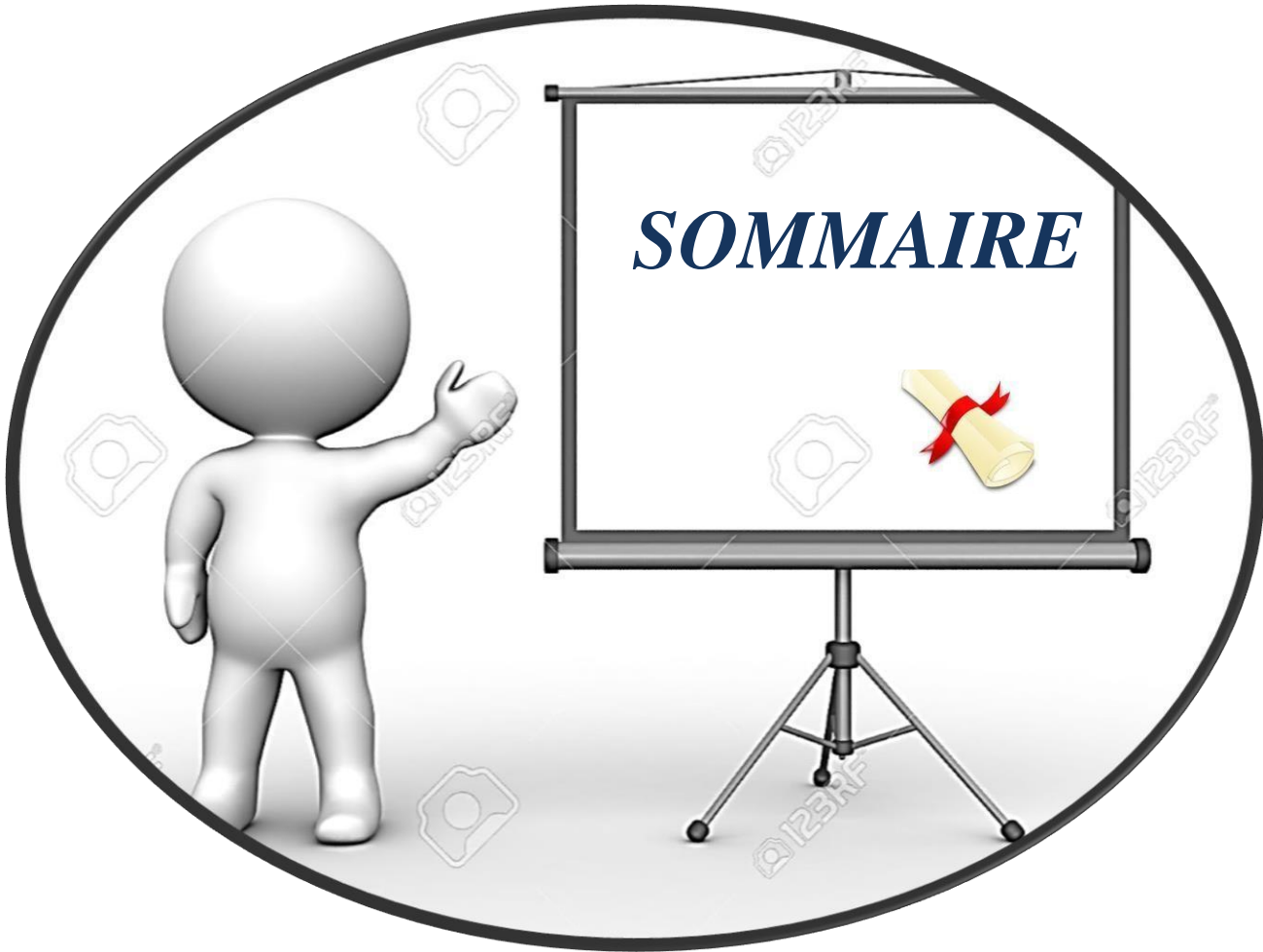
A tous mes amis qui étudient avec moi

A tous ceux qui m'aiment

A tous ceux que j'aime

A tous ceux qui m'ont aidé de loin où de près à ce travail

Nourelhouda



SOMMAIRE



Sommaire

Dédicace

Remerciements

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction Générale

CHAPITRE I : Aperçu théorique

I. Pollutions de l'eau 01

1. Pollution de l'eau 01

2. Différents types de pollution de l'eau 01

1-2-1). Pollution physique..... 01

1-2-2). Pollution chimique..... 02

1-2-3). Pollution biologique..... 02

II. Sources de pollution de l'eau 02

1. La pollution naturelle..... 02

2. La pollution industrielle..... 03

III. L'effet de ce type de Pollution sur la santé et environnement..... 03

IV. Les types de polluant 04

V. Les colorants 05

1. Généralités..... 06

2. Classification des colorants..... 06

3. Impact des colorants sur la santé et environnement..... 06

VI. Le Bleu de méthylène 08

1. Définitions..... 08

2. Classification..... 08

VII. Adsorption..... 08

1. Définitions..... 08

2. type de l'adsorption..... 09

2-1). Adsorption chimique 09

2-2). Adsorption physique 10

3. Les facteurs influençant l'adsorption..... 10

4. Les effets de certain paramètre sur l'adsorption..... 11

a). Effet de la masse..... 11

b). Effet de pH..... 11

c). Effet temps de contact..... 11

d). Effet de concentration..... 11

e). Effet de la température.....	12
VIII. La Cinétique d'adsorption	12
1). Modèle de pseudo-premier ordre (Lagergren).....	13
2). Modèle de pseudo second ordre (Blanchard).....	13
IX. Modélisation des isothermes	13
1). Modèle de Langmuir.....	14
2). Modèle de Freundlich.....	14
X. Les charbons actifs	15
1. Introduction.....	15
2. Définition.....	15
3. Les caractéristiques de charbon actif.....	15
4. Les différentes formes du charbon actif.....	16
a). Les charbons actifs en poudre (CAP).....	16
CHAPITRE II : Matériels et méthodes	
I. Introduction	17
II. Matériels et méthodes	17
1. Produits.....	17
2. Matériels.....	17
3. Préparation des solutions de BM.....	17
4. L'adsorbant CAP.....	18
5. Analyse par spectrophotométrie d'absorption UV-Visible.....	18
III. Essais d'adsorption	19
1. Effet de masse.....	19
2. Effet de pH.....	19
3. Effet de temps.....	20
4. Effet de concentration.....	20
5. Effet de température.....	20
CHAPITRE III : Résultats et discussion	
I. Introduction	21
II. Essais d'adsorption	21
1. Courbe d'étalonnage.....	21
2. Influence de la masse de l'adsorbant.....	22
3. Effet du pH.....	23
4. Effet de temps de contact sur l'adsorption.....	23
5. Effet de concentration.....	25
6. Effet de la température.....	25
III. Modélisation de la cinétique d'adsorption	26
IV. Isothermes d'adsorption	28

<i>V. Étude comparative</i>	30
<i>Conclusion Générale</i>	
<i>Résumé</i>	



Liste des
Figures & Tableaux

Liste des Figures

CHAPITRE I : Aperçu théorique

<i>Figure I.1</i>	<i>Structure chimique du bleu de méthylène</i>	08
<i>Figure I.2</i>	<i>Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption</i>	09
<i>Figure I.3</i>	<i>CA en poudre (CAP)</i>	16

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

<i>Figure II. 1:</i>	<i>Principe du spectrophotomètre UV-visible</i>	18
<i>Figure II. 2:</i>	<i>Spectre UV-vis relatif au pic du BM</i>	19

CHAPITRE III : Résultats et discussion

<i>Figure III. 1:</i>	<i>Courbe d'étalonnage du BM par Spectre d'absorption UV-Visible à λ_{max} 667nm</i>	21
<i>Figure III.2:</i>	<i>Influence de la masse de l'adsorbant sur l'adsorption du BM</i>	22
<i>Figure III.3 :</i>	<i>Influence du PH de la solution sur l'adsorption du BM</i>	23
<i>Figure III.4:</i>	<i>Influence du temps de contact sur l'adsorption du BM</i>	24
<i>Figure III.5:</i>	<i>Influence de la concentration initiale sur l'adsorption du BM</i>	25
<i>Figure III.6:</i>	<i>Influence de la Température sur l'adsorption du BM</i>	26
<i>Figure III.7:</i>	<i>Cinétique d'adsorption de BM modèle de pseudo- premier ordre à T=25°C</i>	27
<i>Figure III.8:</i>	<i>Cinétique d'adsorption de BM modèle de pseudo-second ordre à T=25°C</i>	27
<i>Figure III.9:</i>	<i>Linéarisation d'isotherme d'adsorption de BM selon le Modèle de Langmuir</i>	29
<i>Figure III.10:</i>	<i>Linéarisation d'isotherme d'adsorption de BM selon le Modèle de Freundlich</i>	29

Liste des Tableaux

<i>Tableau I.1</i>	<i>Relation entre la fréquence absorbée et la couleur transmise</i>	06
<i>Tableau I.2</i>	<i>Principales différences entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique</i>	10
<i>Tableau II.1</i>	<i>récapitule les caractéristiques de la régression Linéaire de BM.</i>	22
<i>Tableau II.2</i>	<i>Les constantes de différentes isothermes d'adsorption de BM</i>	28
<i>Tableau II.3</i>	<i>Les constantes de différentes isothermes d'adsorption de BM</i>	29
<i>Tableau II.4</i>	<i>Adsorption de VA sur les différentes adsorbants</i>	30

Liste des abréviations

q	Capacité d'adsorption du support (mg/g).
C0	Concentration initiale du substrat (mg/l) à $t = 0$
Ct	Concentration du substrat (mg/l)
V	Volume de la solution (substrat) (litre)
m	Masse du support (g).
R	Rendement d'élimination de colorant (%)
k1	Constante de vitesse de réaction en (min ⁻¹).
qe	Quantité du BM adsorbée à l'équilibre en (mg/g).
qt	Quantité du BM adsorbée à l'instant t en (mg/g).
t	Temps de contact en (min)
k2	Constante de vitesse de réaction en (g/mg/min).
qm	Capacité d'adsorption à la saturation (mg/g)
KL	La constante de Langmuir
Kf	Constantes de Freundlich
CAP	Charbon actif en poudre
BM	Bleu de méthylène.

Introduction

Introduction général

L'eau est à l'origine de la vie sur la terre. Pourtant, diverses activités humaines, industrielles, urbaines ou agricoles, provoquent sa pollution. A titre d'exemple, les teintures synthétiques utilisées en industrie textile sont déversées directement dans l'environnement aquatique sans aucun traitement préalable. Suite à cette grande menace de l'environnement, de nombreux travaux ont été réalisés sur la dépollution de l'eau au cours de ces dernières années. Plusieurs techniques de dépollution sont développées, dont l'adsorption est la plus employée [1].

La technique de l'adsorption est la méthode la plus favorable pour l'élimination des colorants est devenue une méthode analytique de choix, très efficace et simple dans son utilisation [2].

Le principe du traitement par adsorption est de piéger les colorants par un matériau solide appelé adsorbant. Il existe, dans la littérature, plusieurs matériaux solides (argiles, zéolites, alumines activées, boue, biomasses, résidus agricoles, sous-produits industriels et charbon actif...) pouvant être utilisés dans des procédés de décoloration des eaux.

Le bleu de méthylène est le colorant le plus couramment utilise dans la teinture du coton, du bois et de la soie. Il peut provoquer des brulures oculaires responsables de blessures permanentes aux yeux de l'homme et des animaux. Son inhalation peut donner lieu a des difficultés respiratoires et son ingestion par la bouche produit une sensation de brulure, provoque des nausées, des vomissements, transpiration et sueurs froides abondantes [3].

Le traitement des rejets industriels contenant ce type de colorant s'avère d'un grand intérêt. Une large variété de techniques physiques, chimiques et biologiques a été développée et testée dans le traitement des effluents charges en colorants [4].

Ces dernières années, les charbons actifs synthétisés, à partir des résidus d'agriculture ont été largement utilisés comme adsorbant pour traiter les effluents colorés en raison de leur structure poreuse très importante, leur grande surface spécifique et leur grande capacité d'adsorption.

Nous avons fait cette recherche pratique pour détecter l'efficacité du charbon actif pour l'adsorption du bleu de méthylène. Nous verrons comment nous avons choisi les valeurs idéales pour chaque propriété que nous avons appliquée à ce processus. Il s'agit des effets de concentration, de pH, de la vitesse de l'agitation, de température, temps de contact et de la masse.

L'objectif principal de notre travail est l'étude de dépollution par charbon actif (commercial) d'une eau contaminée par le colorant Bleu de méthylène.

Le mémoire commencera par un premier chapitre sur la pollution et environnement avec toutes ses formes et nous consacrerons nos paroles à la pollution de l'eau qui fait l'objet de notre étude.

Ensuite, explique le phénomène de l'adsorption. Types, applications, mécanismes et modèles.

Les dernières étapes théoriques traitant le sujet de charbon actif : Origine et fabrication. Types et formes ses caractéristiques et utilisations.

Le chapitre expérimental sera les résultats obtenus au laboratoire on a étudié la variation de la masse de carbone actif, la concentration de bleu de méthylène, le temps de contact, la vitesse d'agitation du mélange, la température et finalement le pH, et en termine notre étude par une conclusion générale.

Chapitre I

Aperçu théorique

I. Pollution de l'eau:

I.1 Définition:

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau est l'interface entre l'air et le sol, subit donc les dégradations de ces deux milieux.

L'eau compte tenu de ses propriétés physico-chimique est trop souvent utilisée par l'homme comme un vecteur d'évacuation de la majorité de ses déchets, ainsi pollué, elle devienne un vecteur de pollution [5].

La pollution de l'eau est peut être observée à différents niveaux dont on cite:

- Les nappes ou les sources d'eaux par suite d'infiltration d'eaux usées.
- Les eaux de surfaces: les fleuves et les rivières qui sont rouilles par les déversements des eaux non traités.
- Les canalisations et les réseaux d'alimentations en eau [5]

I.2. Différents types de pollution de l'eau :

I.2.1. Pollution physique:

IL s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau; qui lui confèrent un caractère trouble.

On distingue aussi les matières décantées (plus lourds que l'eau elle-même), les matières flottables (plus légères que l'eau elle-même) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) [6].

La pollution physique désigne autre type de pollution, telle que la pollution thermique due au température élevée qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz, et la pollution radioactive où la radioactivité des eaux naturelles est peut être d'origine naturelle ou artificielle (énergie nucléaire) [7].

I.2.2 Pollution chimique:

La pollution chimique des eaux résulte de la libération de certaines substances minérales toxiques dans les cours d'eaux, par exemple: les nitrates, les phosphates, l'ammoniac et autre sels, ainsi que des ions métalliques. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses [8].

Les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en cinq catégories: Les substances chimiques, dites indésirables, les pesticides, les produits apparentés, les détergents et les colorants et autre éléments toxiques [7].

I.2.3 Pollution biologique:

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces microorganismes.

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau son: les bactéries, les virus, les parasites et les champignons [7].

II. Sources de pollution de l'eau:

Les pollutions de l'eau peuvent se présenter sous différentes formes : chimique, les sédiments apportés par les eaux de ruissellement des champs agricoles et les rejets d'eaux usées non traitées ou partiellement traitées et les effluents industriels, l'élimination des cendres volantes ou des déchets solides dans ou près d'un plan d'eau entraînent de graves problèmes de pollution de l'eau.

Mais aussi bactériologiques, pollution thermique, et les eaux ou masses d'eau concernées peuvent être douces, saumâtres ou salées, souterraines ou superficielles [9].

II.1. La pollution naturelle:

La teneur en substances indésirables n'est pas toujours le fait de l'activité humaine. Certains phénomènes naturels peuvent également y contribuer. Par exemple, le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en métaux lourds, en arsenic, etc. des irrptions volcaniques, des épanchements sous-marins d'hydrocarbures... peuvent aussi être à l'origine de pollutions [9].

II.2. La pollution industrielle :

Si la pollution domestique des ressources est relativement constante, les rejets industriels sont, au contraire, caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du processus industriel [9].

Selon l'activité industrielle, on va donc retrouver des pollutions aussi diverses que :

- Les métaux.
- Les colorants.
- La pollution par les hydrocarbures.
- Des matières organiques et des graisses.
- Des acides, bases, produits chimiques.
- Des eaux chaudes.
- Des matières radioactives.
- Les pesticides.

III. L'effet de ce type de Pollution sur la santé et environnement :

➤ **La pollution de l'eau peut avoir de graves conséquences sur la santé humaine, notamment :**

- Maladies d'origine hydrique:** La contamination de l'eau par des agents pathogènes tels que les bactéries, les virus et les parasites peut entraîner des maladies diarrhéiques, telles que la choléra, la dysenterie, la typhoïde et la gastro-entérite.
- Exposition aux substances toxiques :** Les produits chimiques, les métaux lourds et les contaminants présents dans l'eau peuvent être toxiques pour les humains. Cela peut entraîner des problèmes de santé à court terme tels que des irritations de la peau et des voies respiratoires, ainsi que des problèmes de santé à long terme comme des cancers, et des troubles neurologiques.
- Effets sur la santé reproductive :** Certains polluants de l'eau, tels que les produits chimiques industriels et les pesticides, peuvent perturber le système hormonal humain, ce qui

peut entraîner des problèmes de fertilité, des complications pendant la grossesse et des anomalies congénitales.

d). Impact sur l'approvisionnement en eau potable : La pollution de l'eau peut compromettre la qualité de l'eau potable, ce qui peut entraîner des pénuries d'eau potable et des risques pour la santé des populations qui dépendent de ces sources d'eau [10].

➤ **La pollution de l'eau peut avoir de vastes effets néfastes sur l'environnement, notamment:**

- a) **Biodiversité aquatique** : Les contaminants chimiques, tels que les métaux lourds, les produits pharmaceutiques et les pesticides, peuvent être toxiques pour les plantes aquatiques, les poissons, les invertébrés et d'autres organismes aquatiques.
- b) **Écosystèmes aquatiques** : La pollution de l'eau peut perturber les écosystèmes aquatiques en modifiant la composition chimique de l'eau, en réduisant la disponibilité des nutriments, en augmentant la turbidité et en dégradant les habitats naturels [11].
- c) **Eutrophisation** : L'accumulation d'éléments nutritifs, tels que les nitrates et les phosphates, dans les cours d'eau et les lacs. Cela peut entraîner la mort de poissons et d'autres organismes aquatiques en raison de la diminution de l'oxygène dissous dans l'eau.

IV. Les types de polluant :

Les polluants peuvent être classés en plusieurs catégories en fonction de leur source, de leur composition chimique ou de leur effet sur l'environnement. Voici quelques types de polluants courants [12] :

- a) **Polluants atmosphériques** : tels que les oxydes de soufre (SO_x), les oxydes d'azote (NO_x), les particules en suspension, les composés organiques volatils (COV) et le dioxyde de carbone (CO₂).
- b) **Polluants de l'eau** : comme les métaux lourds (mercure, plomb, cadmium), les produits chimiques industriels, les nitrates et les phosphates provenant des engrais, les pesticides, les hydrocarbures, et les micro plastiques.
- c) **Polluants du sol** : comprenant les déchets industriels et domestiques, les produits chimiques agricoles, les hydrocarbures issus de fuites ou de déversements, les métaux lourds provenant des déchets miniers, et les solvants.

- d) **Polluants radioactifs** : comme le césium, le plutonium et l'uranium, provenant notamment des déchets nucléaires et des accidents nucléaires
- e) **Polluants biologiques** : comprenant les agents pathogènes tels que les bactéries, les virus et les parasites. Chacun de ces types de polluants peut avoir des impacts différents sur la santé humaine, les écosystèmes et le climat, nécessitant des mesures spécifiques de prévention, de contrôle et de gestion [13].

V. Les colorants:

V.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) [10].

Les matières colorantes se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (de 380 à 750 nm). La relation entre la longueur d'onde et la couleur transmise est donnée dans le Tableau (I.1), [14][15].

Tableau I.1: Relation entre la fréquence absorbée et la couleur transmise.

λ longueur d'onde absorbée (Å)	Couleur observe (transmise)
4000 (violet)	Jaune verdâtre
4250 (bleu nuit)	Jaune
4500 (bleu)	Orange
4900 (bleu vert)	Rouge
5100 (vert)	Pourpre
5300(jaune vert)	Violet
5500 (jaune)	bleu nuit
5900 (orange)	Bleu

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 physico- chimiques pour les dégrader [12].

V.2. 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) [12].

- Classification chimique
- Classification tinctoriale

V.3. Impact des colorants sur la santé et environnement :

Les colorants utilisés dans les industries peuvent avoir des impacts significatifs sur l'environnement et santé, Il est donc important de promouvoir des pratiques de fabrication et d'utilisation responsables, et réduire de leurs effets néfastes sur la santé. Ainsi que des alternatives plus durables et respectueuses de l'environnement, telles que les colorants naturels et les processus de teinture écologiques [16].

➤ **effets sur la santé associés aux colorants:**

- a) **Réactions allergiques** : Certains colorants peuvent déclencher des réactions allergiques chez les personnes sensibles, provoquant des symptômes cutanés tels que des éruptions cutanées, des démangeaisons et des rougeurs, ainsi que des symptômes respiratoires.
- b) **Toxicité aiguë** : Certains colorants, en particulier les colorants azoïques contenant des métaux lourds comme le plomb, le chrome et le cadmium, peuvent être toxiques à des concentrations élevées et provoquer des symptômes graves tels que des nausées, des vomissements, des maux de tête et des vertiges.
- c) **Effets sur le système nerveux** : Certains colorants synthétiques peuvent contenir des produits chimiques neurotoxiques qui peuvent avoir des effets néfastes sur le système nerveux central, entraînant des troubles du comportement, des troubles de l'apprentissage et des dommages neurologiques à long terme chez les personnes exposées.
- d) **Carcinogénicité** : Certains colorants sont soupçonnés d'être carcinogènes, ce qui signifie qu'ils peuvent augmenter le risque de cancer chez les personnes exposées à long terme [16][17].

➤ **effets sur l'environnement :**

- a) **Contamination des eaux** : Les rejets de colorants non traités provenant des usines de teinture et de traitement des textiles peuvent contaminer les cours d'eau, les lacs et les rivières, entraînant une pollution de l'eau et des dommages aux écosystèmes aquatiques.
- b) **Dégradation de la qualité de l'eau** : Certains colorants peuvent être toxiques pour les organismes aquatiques, perturbant ainsi la biodiversité et les fonctions écologiques des écosystèmes aquatiques.
- c) **Consommation d'eau** : La teinture des textiles nécessite souvent de grandes quantités d'eau, ce qui peut contribuer à la surexploitation des ressources en eau douce dans certaines régions et aggraver les problèmes de stress hydrique.
- d) **Impacts sur la faune et la flore** : La pollution chimique causée par les colorants peut affecter les populations d'animaux sauvages et les espèces végétales en perturbant leur habitat naturel, et leur alimentation [18].

VI. Bleu de méthylène :

VI.1. Définitions :

Le bleu de méthylène est un colorant organique largement utilisé dans divers domaines, notamment en microbiologie pour la coloration des cellules, en médecine comme antiseptique et en biologie moléculaire comme marqueur de migration dans les gels d'électrophorèse [19].

VI.2. Classification :

Le colorant bleu de méthylène est un colorant cationique, sa formule chimique est $C_{16}H_{18}N_3SCl$ et sa masse molaire est de 319.85 mol/g, il se présente généralement sous forme de cristaux solides ou de poudre bleue. 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) [18][19] [20].

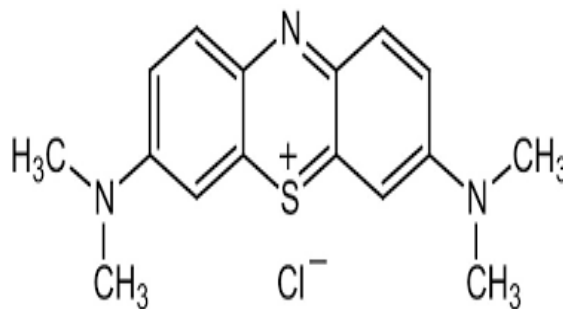


Figure I.1: Structure chimique du bleu de méthylène.

VII. Adsorption :

VII.1. Définition :

- ❖ L'adsorption est un phénomène physico-chimique se traduisant par une modification de Concentration à l'interface de deux phases non miscible : (liquide / solide) ou (gaz / sol) On parlera donc de couples (adsorbât / adsorbant) [21].
- ❖ L'adsorption par un solide est définie comme étant le phénomène de fixation des molécules d'une phase gazeuse ou liquide, sur la surface de ce solide;
- ❖ L'adsorption peut aussi être définie comme étant une opération physique de séparation des mélanges, et le processus dans lequel une substance est éliminée par une autre, dans laquelle elle se trouve concentrée à l'interphase [22][23].

- ❖ L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules d'un fluide (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant) selon divers processus plus ou moins intenses grâce aux interactions physiques et/ou chimiques [24].
- ❖ De manière générale, l'adsorption est définie comme un processus résultant en une accumulation nette d'une substance à l'interface entre deux phases [25].

On appelle « adsorbat » la molécule qui s'adsorbe et « adsorbant » le solide sur lequel s'adsorbe la molécule. Le phénomène inverse par lequel les molécules se détachent est la désorption, comme montre la figure(II.1) [22].

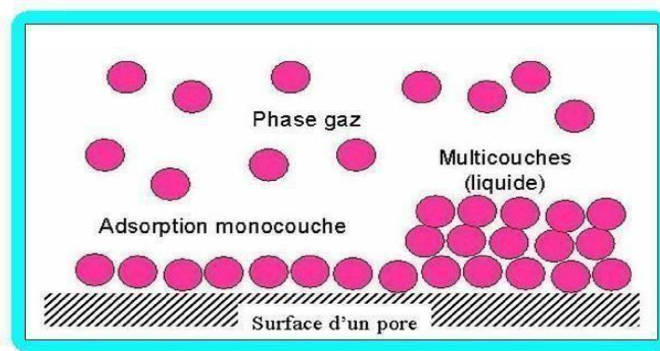


Figure I.2. Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption.

VII.2. type de l'adsorption :

Selon les types et la nature des interactions adsorbat-adsorbant ou les forces qui maintiennent les adsorbats sur la surface solide, on distingue deux types d'adsorption : la Physisorption et la chimisorption. [25]

VII.2.1. Adsorption chimique :

Elle met en jeu une ou plusieurs liaisons chimiques covalentes ou ioniques entre l'adsorbât et l'adsorbant. La chimisorption est généralement irréversible, produisant une modification des molécules adsorbées. Ces dernières ne peuvent pas être accumulées sur plus d'une monocouche. Seules sont concernées par ce type d'adsorption, les molécules directement liées au solide. La chaleur d'adsorption, relativement élevée, est comprise entre 20 et 200 Kcal/mol. La distance entre la surface et la molécule adsorbée est plus courte que celle de la physisorption. [24]

VII.2.2. Adsorption physique :

Contrairement à la chimisorption, l'adsorption physique se produit à des températures basses. Les molécules s'adsorbent sur plusieurs couches (multicouches) avec des chaleurs d'adsorption souvent inférieures à 20 Kcal/mole .Les interactions entre les molécules du soluté (adsorbât) et la surface du solide (adsorbant) sont assurées par des forces électrostatiques type dipôles, liaison hydrogène ou Van der Waals .La physisorption est rapide, réversible et n'entraînant pas de modification des molécules adsorbées. [21]

Les caractéristiques qui permettent de distinguer l'adsorption physique de la chimisorption sont récapitulées dans le tableau I.2. [21]

Tableau I.2: Principales différences entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique[25]

Paramètres	Physisorption	Chimisorption
Type de liaison adsorbant - adsorbât	Vander Waals ou pont d'hydrogène	Covalente ou ionique
Nombres de couches Adsorbées	Une ou plusieurs couches superposées	Souvent une monocouche
Domaine de température	Relativement faible	Plus élevée
Spécificité	Processus non spécifique	Dépend de la nature de l'adsorbant et l'adsorbât
Cinétique d'adsorption	Rapide	Très lente, en particulier en dessous de la température d'activation

VII.3. Les facteurs influençant l'adsorption :

Le processus d'adsorption peut être influencé par différents facteurs liés soit à l'adsorbant, l'adsorbât ou les conditions opératoires.

- Les caractéristiques de l'adsorbant: polarité, volume poreux, surface spécifique et fonctions superficielles;
- Les caractéristiques de l'adsorbât: polarité, solubilité et poids moléculaire ; Les paramètres physico-chimiques du milieu; Température et pH [26].

VII.4. Les effets de certain paramètre sur l'adsorption :

VII.4.1. Effet de la masse d'adsorbant:

L'effet de masse fait référence à la quantité de matériau adsorbant utilisée dans le processus d'adsorption et comment cette quantité affecte l'efficacité de l'adsorption du polluant. En général, une plus grande masse de matériau adsorbant peut conduire à une adsorption plus importante du colorant, car il y a plus de sites disponibles pour l'adsorption du colorant. Cependant, il est important de trouver un équilibre car l'utilisation excessive de matériau adsorbant peut entraîner des coûts plus élevés et des difficultés lors de la régénération ou de l'élimination du matériau adsorbant saturé [26] [27].

VII.4.2. Effet de pH :

Le pH de la solution influence sur l'adsorption du polluant car il peut modifier la charge de surface du matériau adsorbant ainsi que la forme ionique du colorant. À des pH différents, le matériau adsorbant peut présenter une charge différente, ce qui peut affecter son interaction avec le bleu de méthylène chargé positivement. Par exemple, à des pH élevés, les sites de surface du matériau adsorbant peuvent devenir plus négativement chargés, favorisant l'adsorption des ions positifs du bleu de méthylène. Cependant, à des pH extrêmement élevés ou bas, des phénomènes de dégradation du colorant ou de modification des propriétés du matériau adsorbant peuvent également survenir, affectant ainsi l'efficacité de l'adsorption. En général, il est important de sélectionner le pH optimal pour maximiser l'adsorption du bleu de méthylène sur le matériau adsorbant spécifique [26].

VII.4.3. Effet temps de contact :

L'effet du temps se réfère à la durée pendant laquelle le bleu de méthylène est en contact avec le matériau adsorbant. Au fil du temps, la quantité de colorant adsorbé sur le matériau peut augmenter jusqu'à atteindre un plateau, où l'adsorption atteint un équilibre dynamique. La vitesse à laquelle cet équilibre est atteint dépend de divers facteurs tels que la cinétique d'adsorption, la surface spécifique du matériau adsorbant, la concentration initiale du colorant et les interactions entre le colorant et le matériau.

VII.4.4. Effet de concentration :

L'effet de concentration fait référence à la quantité initiale de bleu de méthylène dans la solution à adsorber.

En général, une augmentation de la concentration initiale du colorant entraîne généralement une augmentation de la quantité de bleu de méthylène adsorbée sur le matériau adsorbant, jusqu'à ce qu'un plateau soit atteint, où la capacité d'adsorption maximale du matériau est atteinte [27].

VII.4.5. Effet de température :

L'effet de la température sur l'adsorption du bleu de méthylène dépend généralement du type de matériau adsorbant et des interactions entre le colorant et le matériau. En règle générale, une augmentation de la température peut augmenter la vitesse d'adsorption en augmentant l'énergie cinétique des molécules, ce qui facilite leur diffusion vers les sites d'adsorption sur le matériau [26][27].

VIII. Cinétique d'adsorption

La cinétique d'adsorption est le second paramètre indicateur de la performance épuratoire d'un adsorbant. Elle permet d'estimer la quantité de polluants adsorbée en fonction du temps.

Par définition la capacité d'adsorption est la quantité de substrat (masse ou volume) adsorbée, par unité de poids d'adsorbant, pour une température donnée, et les rendements d'élimination du colorant à l'instant et à l'équilibre sont exprimée par les équations suivantes:

$$q = \frac{(c_0 - c_e)}{m} V$$

$$R\% = \frac{(c_0 - c_e)}{c_0} 100$$

q : Capacité d'adsorption du support (mg/g).

C₀ : Concentration initiale du substrat (mg/l) à t = 0.

C_e : Concentration du substrat (mg/l) à l'instant t du processus d'adsorption.

V : Volume de la solution (substrat) (litre).

m : Masse du support (g).

R : Rendement d'élimination de colorant (%).

La cinétique d'adsorption d'un matériau peut être modélisée par un certain nombre de modèles, tels que : le modèle de Lagergren (Modèle du premier ordre), le modèle cinétique d'ordre deux, et le modèle de diffusion intra-particulaire [28].

1. Modèle de pseudo-premier ordre (Lagergren)

L'expression est donnée par Lagergren :

$$dq_t/dt = K_1(q_e - q_t) \quad (1)$$

k_1 : constante de vitesse de réaction en (min⁻¹).

q_e : quantité du BM adsorbée à l'équilibre en (mg/g).

q_t : quantité du BM adsorbée à l'instant t en (mg/g).

t: temps de contact en (min).

La linéarisation de l'équation précédente donne :

$$L(q_e - q_t) = Lnq_e - K_1t \quad (2)$$

Ce modèle permet de décrire les phénomènes ayant lieu lors des premières minutes du processus d'adsorption [28]

2. Modèle de pseudo second ordre (Blanchard)

Le modèle pseudo-second-ordre (PSO) est donné par l'expression suivante :

$$dq_t/dt = k_2(q_e - q_t)^2 \quad (3)$$

k_2 : constante de vitesse de réaction en (g/mg/min).

Intégration de l'équation (3) donne:

$$t/q_t = \frac{1}{K_2q_e^2} + t/q_e \quad (4).$$

IX. Modélisation des isothermes:

Les isothermes d'adsorption sont très utiles pour la compréhension du mécanisme d'adsorption [29]. En général, les isothermes d'adsorption fournissent des informations sur l'amélioration des adsorbants, une description sur l'affinité et sur l'énergie de liaison entre

l'adsorbat et l'adsorbant (existence des interactions latérales entre molécules ou non) et sur la capacité d'adsorption [30]

L'isotherme permet aussi de donner des informations sur le mode d'adsorption (adsorption en monocouche ou en multicouches).

Les deux modèles à trois paramètres les plus couramment employés sont les modèles de Langmuir et Freundlich.

1. Modèle de Langmuir

Le modèle de Langmuir repose sur l'hypothèse que tous les sites de surfaces ont la même réactivité qui indiquant la formation d'une monocouche.

La forme linéaire du modèle de Langmuir est donnée par la relation suivante [31].

$$1/q_e = 1/(K_L \cdot q_m C_e) + (1/q_m) \quad (5)$$

Avec :

q_e: quantité de substance adsorbée à l'équilibre par unité de poids de l'adsorbant (capacité d'adsorption) (mg/g).

q_m: Capacité d'adsorption à la saturation (mg/g).

K_L: la constante de Langmuir

C_e : Concentration à l'équilibre (mg/L) [32].

2. Modèle de Freundlich:

Le modèle empirique de Freundlich est basé sur l'adsorption sur des surfaces hétérogènes.

$$\ln q_e = \ln k_f + \frac{1}{n} \ln C_e$$

Avec :

- **q_e** : quantité adsorbée par gramme du solide.
- **C_e** : concentration de l'adsorbât à l'équilibre d'adsorption.

K_f et **1/n** : constantes de Freundlich caractéristique de l'efficacité d'un adsorbant donné vis-à-vis d'un soluté donné [33].

X. Les charbons actifs :

X.1. Introduction:

Les charbons actifs sont d'origines végétales, minérales et animales. Ils ont toujours joué un rôle prépondérant aussi bien dans l'activité domestique que dans l'activité industrielle et agricole de l'homme.

Les charbons actifs ont un pouvoir adsorbant très élevé et ont une place privilégiée dans la purification de l'eau, la décoloration des sucres, la récupération des solvants volatils, la fixation des colorants et le traitement des gaz [34].

X.2. Définition:

Le charbon actif est un carbone microporeux inerte qui a subi un traitement pour augmenter sa surface. Il possède ainsi une très grande surface spécifique pouvant aller de 100 à 2000 m²/g d'où sa grande capacité d'adsorption [34].

X.3. Les caractéristiques de charbon actif:

Les caractéristiques des charbons actifs varient en fonction du précurseur (matériau de départ), de méthode de préparation et les conditions de traitement (température de pyrolyse et le temps d'activation...ect).

Ils peuvent être présentés sous trois formes différentes : grain, poudre, ou fibres. La différence entre charbons actifs en grain et en poudre est établie sous la base de critères granulométriques : la taille moyenne des particules est inférieure à 0,18 mm pour le charbon actif en poudre et inférieure à 0,6 mm pour le charbon actif en grain. De nombreux matériaux carbonés, tels que le bois, les coquilles de noix de coco, le charbon naturel, les résidus d'agricultures sont utilisés comme précurseurs pour la préparation de charbons actifs [35]. Le processus de fabrication de ces adsorbants comporte deux grandes étapes : la carbonisation et l'activation [36]

X.4. Les différentes formes du charbon actif:

Plus de 100 types de charbons actifs pour toutes vos applications. Nous mentionnons trois types célèbres [37]:

- Charbon actif en grain (CAG)
- Charbon actif tissu (CAT)
- Charbon actif en poudre (CAP).

X.4.1. Les charbons actifs en poudre (CAP)

Pulvérisé avec une taille de moins de 0.18 mm (US Mesh 80). Ce charbon est principalement employé dans des applications en phase liquide et pour le traitement des flux gazeux.

II est le genre que nous utiliserons dans notre expérience



Figure I.3:CA en poudre (CAP).

Références bibliographiques :

- [1] T, G. Robinson. an McMull, R. March ant et P. Nigam 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. (2001).
- [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. 9-14. (2012)
- [3] R.S. Juang, 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] H.Sadki, K.Zait ,M.Saidi, Adsorption d'un colorant cationique d'un milieu aqueux sur une argile locale activé, Rapport bibliographique, Université Abdelmalek Essaàdi -Maroc, (2014).
- [5] J. P Chippaux, et al. "Etude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger." *Bull Soc Pathol Exot* 94.2: 119-123. (2002).
- [6] K. Emillain. Traitement des pollutions industrielles, p 1-24. (2004).
- [7] M. Bouzaini, L'eau de la pénurie maladie. Ed. I BN-KHALDOUN. , Oran, p59-64. (2000).
- [8] H .Boudjelal,Djoudi .pollution de l'oued boussellem par les eaux usées urbaines et industrielle et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Thèses ing, tatho des écosystèmes universitaires, Stif : p 6-13. (2008),
- [9] L.MedLamin ; C.Smail ; L.Smail ; Dépollution par charbon actif d'une eau contaminée par bleu de méthylène. Master. Université Hamma Lakhdar - El oued – (2017).
- [10] [P. Hartemann](#) Dans [Sciences Eaux & Territoires /1 \(Numéro 10\)](#),(2013)
- [11] Bliefert, Claus, and Robert Perraud. *Chimie de l'environnement: air, eau, sols, déchets.* De Boeck Supérieur,(2007).
- [12] H. Zollinger. *Color Chemistry – syntheses, proprieties and applications of organic dyes and pigments.* VCH Publications, New York, N.Y(1991)

- [13] K.T.Chung., G.E. Fulk., A.W. Andrew. Mutagenicity testing of some commonly used dyes. *Appl. Environ. Microbiol.*, vol 42, (1981).
- [14] N.Bouanimba ,Modélisation et optimisation de la cinétique de dégradation photo catalytique de polluants organiques en solution, Diplôme de Magister, Université Mentouri ConstantineAlgérie, (2009)
- [15] D.Chebli , Traitement des eaux usées industrielles: Dégradation des colorants azoïques par un procédé intégré couplant un procédé d'oxydation avancée et un traitement biologique, Thèse de Doctorat, Université Farhat Abbas-Sétif-Algérie, (2012)
- [16] R.M Christie, << Colour Chemistry >>.the Royal Society of Chemistry (2001).
- [17] M.Iqbal, Textile dyes, Ministry of Science &Technology (Applied Chemistry) (2008).
- [18] N.BOUKAOUS. «Extraction du colorant noir bleu naphtol et du médicament ibuprofène en milieu aqueux par membrane liquide émulsionnée». Université d'ANNABA. (2014)
- [19] Zhenwang L. Zhenluc L. Jranjan L. The pt dye molecular structure and its Chromophoriclumnescences mechanisme, 15th word conference on non-destructive testing 15-21 October Rome. (2000),
- [20] M^{elle} 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).
- [21] A. Tahar, J.MarcChoubert, M.Pascal, M.Coquery, Matériaux adsorbants pour la rétention et le traitement de substances pharmaceutiques et phytosanitaires Caractéristiques et éléments de Choix, Rapport bibliographique, Université de France, (2010).
- [22] Jean-Louis et J. Oudar. "Structure et conditions de formation de la couche d'adsorption du soufre sur le cuivre." *Science des surfaces* 11.1: 124-142. (1968).
- [23] T.Daoud. 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).

Chapitre : I Aperçu théorique

- [24] K. Chikhi .Adsorption du zinc sur la bentonite de Maghnia, Master Académique, Université KasdiMerbah -Ouargla, (19/06/2013).
- [25] A. Khalfaoui .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).
- [26] R .Kanouri. A. Labide. Adsorption du phénol sur la bentonite de Maghnia, Mémoire master Académique, Université KasdiMerbah-Ouargla, (2012/2013).
- [27] N .Bouziane. Élimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre, Mémoire de Master, Université Mentouri- Constantine, (30/05/2007).
- [28] O. Joseph. Etude du potentiel d'utilisation de résidus agricoles haïtiens pour le traitement par biosorption d'effluents pollués. École doctorale Chimie de Lyon (2009).
- [29] L. Peng ., Y. Zhao, B.Zhang, J.Liu, Y.Yang, J.Liu. Study on the adsorption onto halloysite nanotubes, *Water Reserch*, 44. 1489-1497. (2010)
- [30] S, Mohammed Abdelbassat. Modélisation de l'adsorption par les charbons microporeux: Approches théorique et expérimentale. Diss.(2002).
- [31] M. Doğan, H .Abak. and M. Alkan Biosorption of Methylene Blue from Aqueous. (2008).
- [32] H. QiuHong, X. Zhiping, Q. Shizhang, F. Haghshereht, G. Michael-Wilson, L. Qing. A novel color removal adsorbent from heterocoagulation of cationic and anionic clays, *J. Colloid. Inter. Sci.*, 308 191-199. (2007)
- [33] R. Baccar, M. Sarra, J. Bouzid, M. Feki, P. Blanquez. Removal of pharmaceutical compounds by activated carbon prepared from agricultural by-product. *Chem. Eng. J.* 211- 212. 310- 317. (2012)
- [34] J. Omlin, L. Chesaux, Evaluation de charbons actifs en poudre (CAP) pour l'élimination des micropolluants dans les eaux résiduaires urbaines, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (2010).

- [35] Z.M. Mexent, Élimination des ions Mn (II) des solutions aqueuses par adsorption sur des charbons actifs préparés à partir des coques de noix de noisette. Thèse pour obtenir le grade de MASTER de Université des Sciences et Techniques de Masuku. Ch.1 (2012).
- [36] Simo-Tagne, Merlin, et al. "Modélisation des isothermes de sorption, caractérisation des propriétés thermodynamiques et détermination des humidités d'équilibre d'usage des bois tropicaux." *Journal of Renewable Energies* 19.179-96. (2016).
- [37] 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).

Chapitre II

Matériels et méthodes

Introduction :

Cette étude a été menée au sein de laboratoire de recherche de Génie des procédés de l'Université Amar Telidji Laghouat, elle est consacrée à l'élimination d'un colorant textile par un matériau d'origine naturelle.

L'étude a été réalisée dans le but de déterminer les meilleures conditions d'élimination de ce colorant cationique sur un matériau absorbant.

Dans cette partie, nous allons décrire les produits et matériels utilisés ainsi que les méthodes suivies lors des procédés expérimentaux.

II. Matériels et méthodes :

II.1. Produits

- bleu méthylène (Grade pharmaceutique).
- Charbon actif commercial (F400).
- Hydroxyde de sodium NaOH (0.1N).
- Acide sulfurique H₂SO₄ (0.1N).

II.2. Matériels

- UV-visible (Uviline 9400).
- bain agitateur (nuve).
- Agitateurs magnétiques (Hotplate Stirrer).
- pH mètre (inoLab).

II.3. Préparation des solutions de BM

Nous avons préparé une solution mère de concentration égale à 1000 mg. L⁻¹, en diluant 0.5g du bleu méthylène avec l'eau distillée dans une fiole jaugée de 500mL, à partir de cette dernière, des solutions filles de différentes concentrations ont été ensuite préparées.

II.4. L'adsorbant CAP

L'adsorbant c'est le charbon actif commercial sous forme poudre.

II.5. Analyse par spectrophotométrie d'absorption UV-Visible :

Un spectrophotomètre UV-visible est un instrument qui permet de déterminer la longueur d'onde de décomposition et l'absorbance maximale, il analyse les composés dans l'ultraviolet et visible.

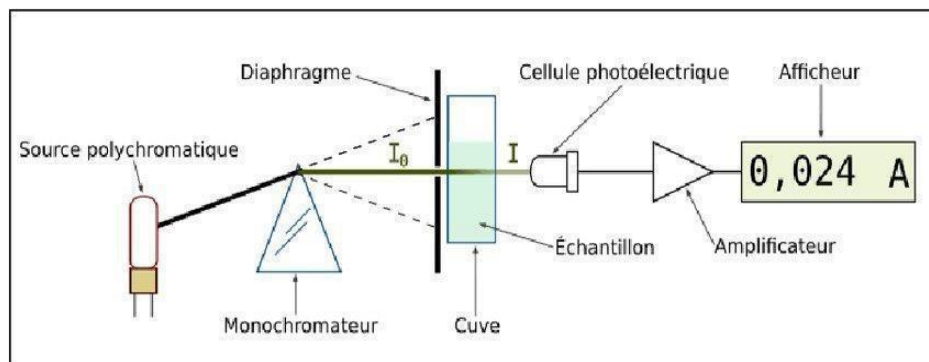


Figure II. 1: Principe du spectrophotomètre UV-visible

Le principe de cette méthode est basé sur la loi de Beer-Lambert liant le calcul de l'absorbance des composés en fonction de leur concentration.

$$A = \epsilon \cdot l \cdot C = \frac{I_0}{I}$$

A : Absorbance ou densité optique.

C : Concentration massique du composé dosé (mg. L-1). **ϵ** : Coefficient d'extinction moléculaire (L. mg-1. cm-1).

l : Epaisseur de la cuve (cm).

I, I₀ : Intensités du faisceau émergent et incident.

Le spectrophotomètre UV visible utilisé est un appareil (UviLine 9400) basé sur l'absorption du rayonnement par des molécules dans la gamme de 190 à 800 nm.

Le spectre UV-visible associé à la molécule de bleu méthylène BM est représenté sur la

(figure II.2) :

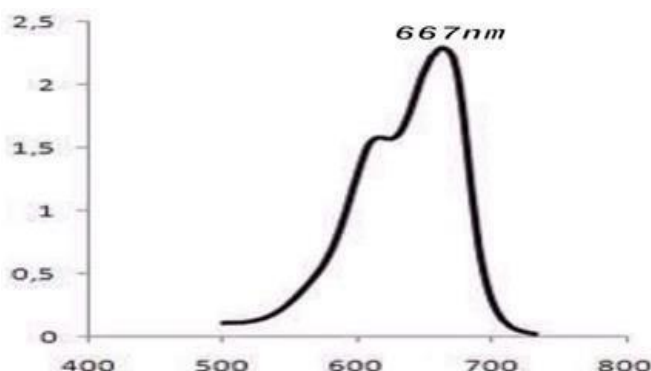


Figure II. 2:Spectre UV-vis relatif au pic du BM.

L'analyse quantitative UV-visible entre 400 nm et 800 nm nécessite la détermination de λ max. A cette valeur de longueur d'onde qui est égale à 667 nm, l'absorption est maximale.

III. Essais d'adsorption

Les expériences ont été effectuées en système batch, il sera détaillé le protocole d'analyse suivi pour les essais d'adsorption du colorant sur le charbon actif.

III.1. Effet de masse :

Afin d'étudier l'effet de la masse du CAP sur le processus d'adsorption du BM différentes quantités de charbon actif variant de 0,05g à 1 g ont été ajoutées à des solutions de 50ml de BM d'une concentration de 100 mg/ L. L'étude a été réalisée à température ambiante et au pH de la solution et avec une agitation de 150 trm. Les échantillons sont filtrés puis analysé par UV-Visible.

III.2. Effet de pH

L'influence de PH sur l'adsorption de BM a été étudiée en faisant varier le PH de la solution entre 2 à 9.

Les expériences ont été réalisées en ajoutant 0.2 mg de charbon actif à 50 ml de la solution du BM d'une concentration initiale égale à 100 mg/L à la température ambiante. Nous avons ajouté l'acide chlorhydrique (HCl 0,1M) pour obtenir le milieu acide et l'hydroxyde de sodium (NaOH 0,1M) pour obtenir un milieu basique.

III.3. Effet de temps

Pour notre étude, nous avons opté pour une masse de 0.4g de CAP et 100 mL de solution de colorant dont différentes concentration. À des intervalles de temps réguliers sur une durée de 180 minutes, des prélèvements sont réalisés tout en maintenant une agitation continue de la solution.

On filtre chaque échantillons à part et on procède à la lecture par spectrophotomètre UV-Visible.

III.4. Effet de concentration

Les tests ont été effectués sur 0,2 g de CAP avec des solutions colorées ont été réalisées à différentes concentrations. Il est réalisé au pH de la solution sous agitation à température ambiante. Ensuite utilisé pour suivre le développement la quantité absorbée par unité de masse en fonction de la concentration initiale des différents Avantage.

III.5. Effet de température

L'effet de ce paramètre sur l'élimination de BM par le charbon actif a été étudié dans la plage de 25°C à 45°C sous agitation pendant 10minutes. Ou on ajoute 0.2g de l'adsorbant avec 50ml de la solution de BM de différentes concentrations.

Chapitre III
Résultats et Discussions

I. Introduction :

Dans ce chapitre, nous exposons les propriétés du colorant étudié (bleu de méthylène), et les Caractéristiques physico-chimiques de charbon actif.

Nous étudierons l'effet de divers paramètres sur l'efficacité de l'adsorption tels que la masse de l'adsorbant, le pH, le temps de contact, la concentration initiale du colorant, ensuite une étude de la cinétique et isotherme du processus.

II. Essais d'adsorption :

II.1. Courbe d'étalonnage :

Dans le but de déterminer le domaine de linéarité et de tracer la courbe d'étalonnage qui obéit à la loi de Beer-Lambert, nous avons préparé plusieurs solutions étalons de concentrations différentes variant de 1 à 4 mg/L.

La courbe d'étalonnage représentant l'absorbance en fonction de la concentration initiale en Bleu de Méthylène, $A = f(C)$, les résultats obtenus sont représentés sur la figure suivante:

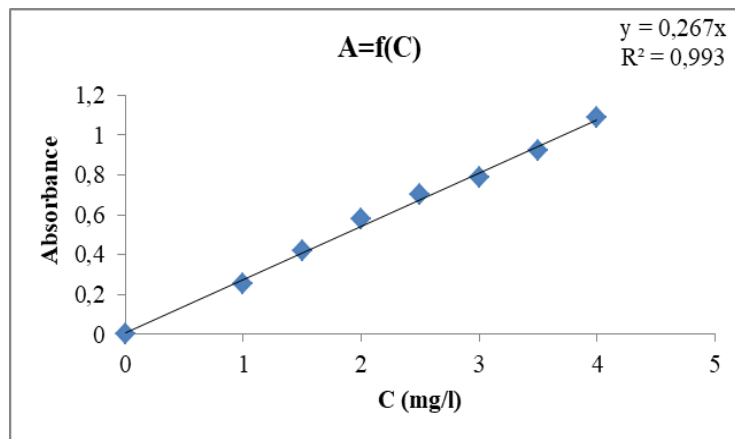


Figure III. 1: Courbe d'étalonnage du BM par Spectre d'absorption UV-Visible à $\lambda_{\max} = 667\text{nm}$

D'après la figure (III.1), la courbe d'étalonnage établie sous forme d'une droite et présente une bonne corrélation à la longueur d'onde caractéristique avec un coefficient de corrélation égale à $R^2 = 0,993$ donc on peut conclure que le domaine de travail choisi satisfait les limites relatives à la loi de Beer-Lambert.

Le tableau III.1 : récapitule les caractéristiques de la régression linéaire de BM.

Composé	Equation	Coefficient de corrélation R ²
Bleu de méthylène (BM)	$Y = 0,267x$	0.993

II. 2 Influence de la masse de l'adsorbant :

La masse de l'adsorbant est un facteur très important influençant l'adsorption du colorant. La (figure III.2) montre l'effet de la quantité du CAP sur la rétention de BM:

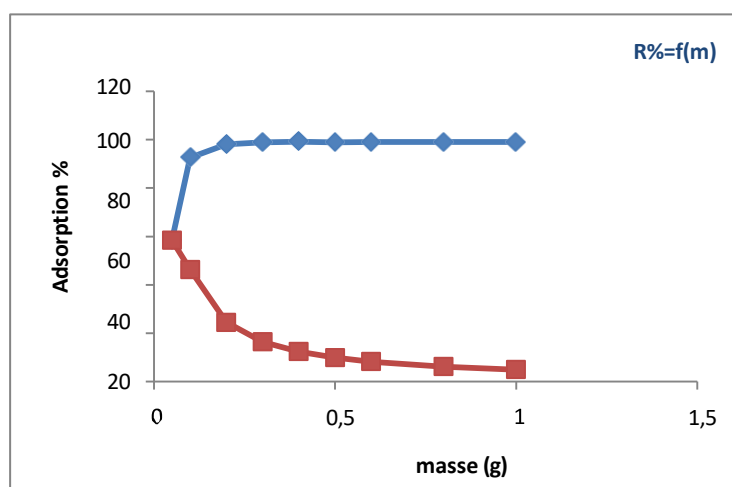


Figure III.2: Influence de la masse de l'adsorbant sur l'adsorption du BM

D'après la (figure III.2) on observe que l'adsorption augmente et la quantité de colorant adsorbée diminue avec l'ajout de l'adsorbant jusqu'à une masse de 0,2g. Au-delà de cette valeur, la quantité adsorbée reste presque constante avec un rendement 98%. Ce comportement peut être dû à une augmentation du nombre de sites d'adsorption avec une augmentation de la quantité d'adsorbant.

Tant que la quantité d'adsorbant ajoutée à la solution de colorant est faible, les cations de colorant peuvent facilement atteindre les sites d'adsorption. L'ajout de l'adsorbant permet d'augmenter le nombre de sites d'adsorption mais les cations colorés ont plus de mal à s'approcher de ces sites du fait de la masse importante [1].

Une grande quantité d'adsorbant crée des agglomérations de particules et, par conséquent, une diminution de la surface totale d'adsorption et une diminution de la quantité adsorbée du colorant par unité de masse d'adsorbant [2].

II.3. Effet du pH:

Le pH initial des solutions à traiter est un paramètre très important pour contrôler le processus de l'adsorption [3]. Le PH de la solution avoir un impact sur la charge de surface des adsorbants et les adsorbats.

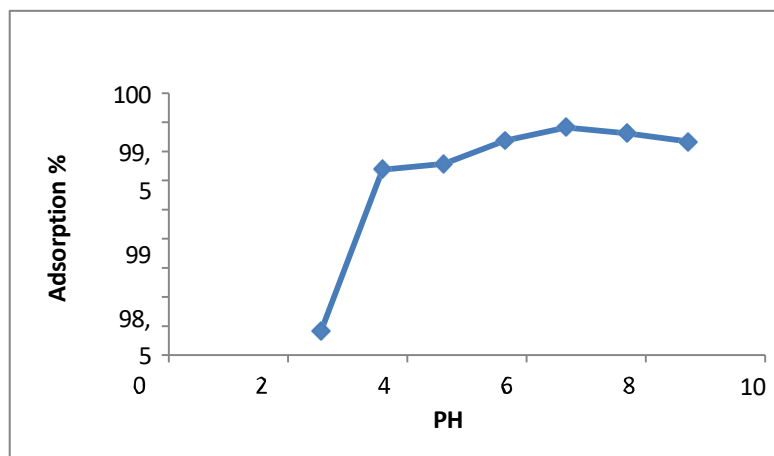


Figure III.3 : Influence du PH de la solution sur l'adsorption du BM. [BM] = 100 mg/l, temps de contact = 120 min, m = 0,2 g et T=25°C

Les résultats obtenus dans la figure III.3 montrent que la rétention de BM a été très influencée par la variation du pH, la quantité adsorbée augmente avec l'élévation du pH où elle passe de 95.7% à pH = 2 pour atteindre une valeur de 99.2% à pH=9 ; ou le PH optimal égale à 7 d'une valeur de 99.4%.

En milieu acide, la faible augmentation de la quantité adsorbée s'explique par la présence de H^+ , et par conséquent, la concurrence avec BM pour occuper les sites libres [3].

En revanche, l'adsorption de BM est favorisée dans un milieu basique qui peut être interprété par la présence des sites chargés négativement sur l'adsorbant qui sont capables de fixer les fonctions basiques de ce colorant [4].

II.4 Effet de temps de contact sur l'adsorption

L'étude de l'effet du temps de contact ou la cinétique d'adsorption permet de déterminer le temps nécessaire à la mise en équilibre entre l'adsorbat et l'adsorbant à une température ambiante et au pH de la solution.

La (figure III.4) montre l'évolution de la quantité de colorant absorbée en fonction du temps.

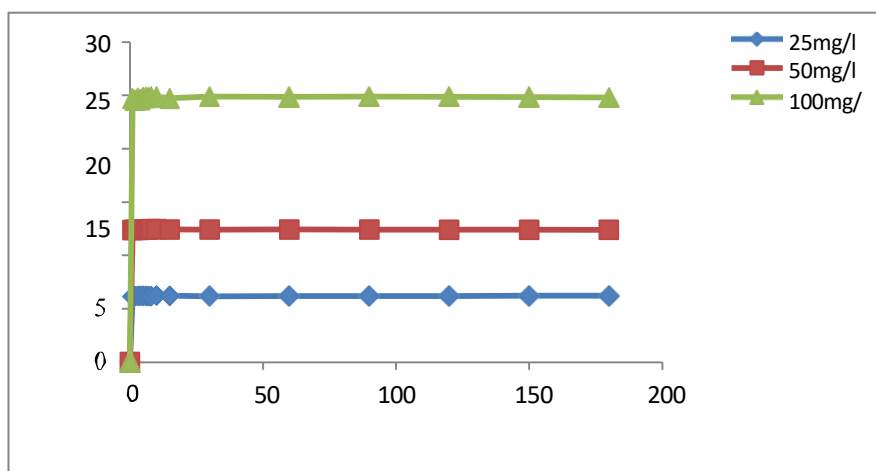


Figure III.4: Influence du temps de contact sur l'adsorption du BM

$m = 0,2$ g et $T=25^{\circ}\text{C}$.

D'après (la figure III.4), on distingue deux étapes de fixation du bleu de méthylène sur le CAP, nous remarquons dans la première étape, l'adsorption est très rapide pour les premières minutes de contact, ceci est expliqué par la disponibilité de nombreux sites actifs libres sur la surface du CAP et donc une adhésion rapide des molécules [5]

Pour la deuxième étape, l'adsorption est lente après 10 minutes de contact qui correspond à l'équilibre après l'occupation de tous les sites, et donc à la saturation du matériau absorbant.

II.5 Effet de concentration :

La (figure III.5) montre l'effet de la concentration sur la quantité de BM adsorbée par le CAP.

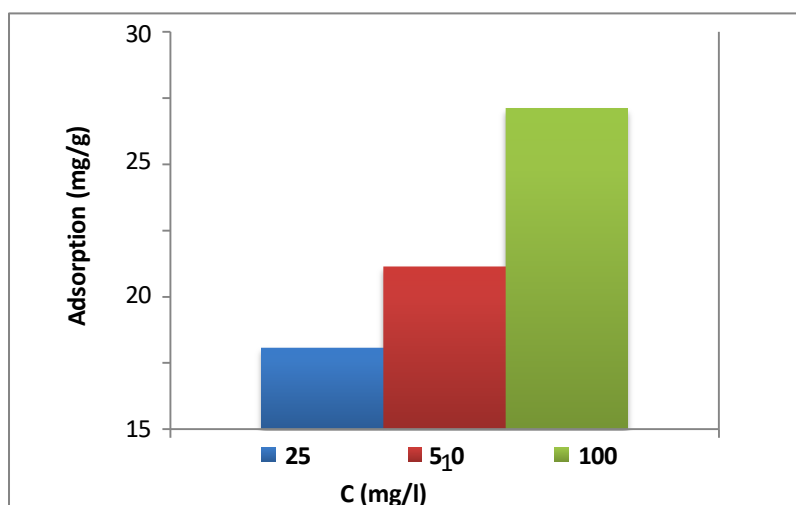


Figure III.5: Influence de la concentration initiale sur l'adsorption du BM $m = 0,2$ g et $T=25^{\circ}\text{C}$

Les résultats démontrent que l'élévation de la concentration initiale du polluant de 25 à 100 mg/l entraîne une augmentation de la quantité adsorbée, passant de 18 à 27 mg/g.

Cette augmentation en termes de quantité adsorbée est justifiée par le fait qu'une concentration initiale élevée en polluant améliore la chance de contact adsorbant- adsorbé (surface de contact élevée) ce qui entraîne une élimination importante en polluant.

II.6 Effet de la température

La température est un paramètre physique important qui peut modifier la capacité d'adsorption de l'adsorbant.

La (figure III.6) montre l'effet de la température sur la quantité de colorant adsorbée par le CAP.

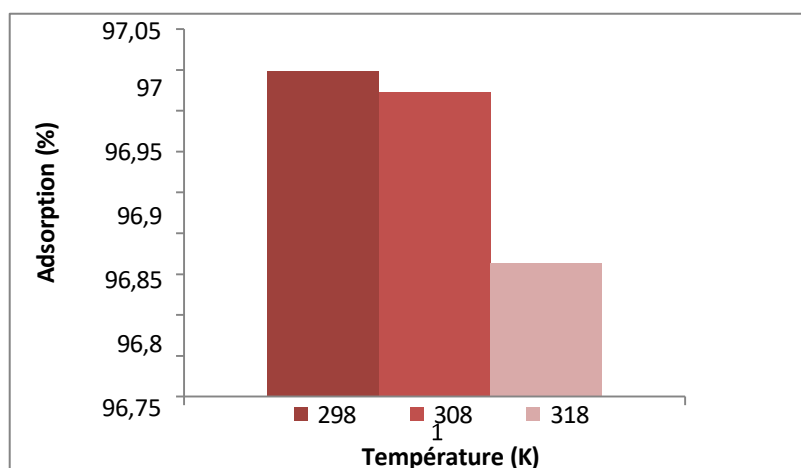


Figure III.6: Influence de la Température sur l'adsorption du BM [BM] = 100 mg/l, temps de contact = 10 min, m=0,2 g.

La (figure III.6) indique que l'augmentation de la température correspond à une diminution de la quantité de colorant adsorbée de 97% à 25°C jusqu'à 96% à 45°C.

L'élévation de la température a un impact défavorable sur le phénomène d'adsorption. Cela s'explique par l'accroissement de l'énergie cinétique des molécules adsorbées à la surface du matériau adsorbant, augmentant ainsi la possibilité de les libérer de cette surface adsorbante. Ce phénomène indique que la nature de la réaction est exothermique et qu'une température plus élevée altère le mécanisme d'adsorption [6]

III. Modélisation de la cinétique d'adsorption

Plusieurs modèles cinétiques ont été utilisés afin d'interpréter les données expérimentales et donner des informations essentielles pour l'utilisation de BM dans le domaine d'adsorption.

Nous avons utilisé deux modèles cinétiques à savoir le pseudo premier ordre (PPO) et le pseudo second ordre (PSO).

L'application du modèle de pseudo premier ordre (PPO) peut être vérifiée en examinant la linéarité de la droite obtenue, où on trace $\ln(q_e - q_t)$ en fonction de temps (t), l'ordonnée à l'origine et la pente de la droite permettent de calculer k_1 et q_e .

Chapitre III : Résultats et Discussions

Dans le cas du modèle de pseudo seconde ordre (PSO) la quantité adsorbé q_e et K_2 peuvent être déterminées à partir de la pente et de l'ordonnée à l'origine de $t/qt=f(t)$.

Les droites obtenue par les deux modèles sont représentées dans les figures III.7 et III.8.

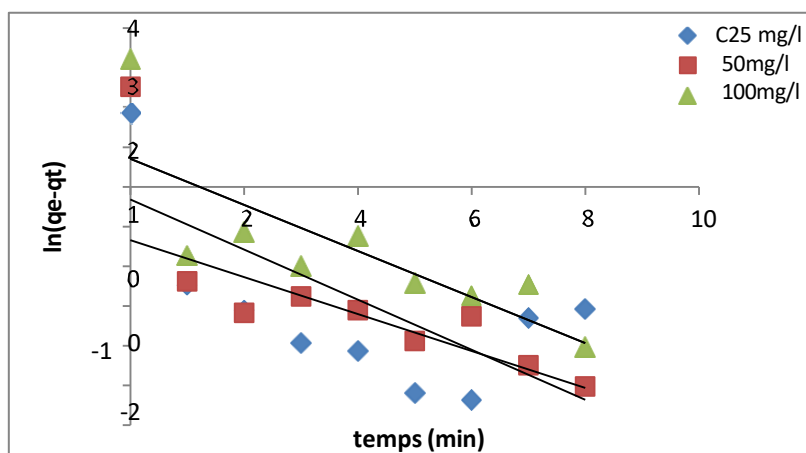


Figure III.7: Cinétique d'adsorption de BM modèle de pseudo- premier ordre
à $T=25^{\circ}\text{C}$.

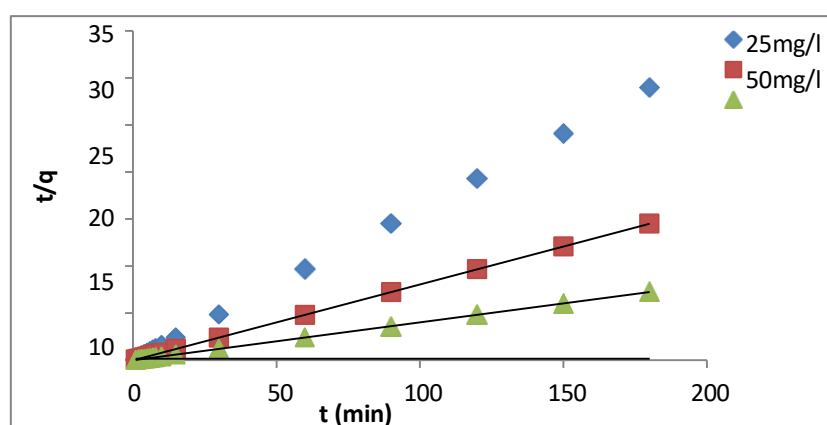


Figure III.8: Cinétique d'adsorption de BM modèle de pseudo-second ordre
à $T=25^{\circ}\text{C}$

Les valeurs des constantes du modèle pseudo-premier ordre et le pseudo-deuxième ordre à savoir la quantité adsorbée q_e , la constante de vitesse K_1 et K_2 et le coefficient de corrélation R^2 sont réunies dans le tableau III.1.

Chapitre III : Résultats et Discussions

Tableau III.2 : Paramètres cinétiques d'adsorption de

MB à T=25°C

C_0 (mg/L)	Pseudo- premier ordre			Pseudo-second ordre		
	q_e (mg/g)	K_1 (g/min)	R ²	q_e (mg/g)	K_2 (g/mg min)	R ²
25	0,207	0,3762	0,321	6.2150	4,707	1
50	0,753	0,7533	0,688	12.3915	12,961	0,999
100	2.150	0,6094	0.625	24.8138	3,232	1

Selon les coefficients de corrélation des deux modèles, les résultats de la cinétique d'adsorption sont beaucoup plus en adéquation avec le modèle de pseudo-second ordre qu'avec le pseudo-premier ordre. En effet, les coefficients de corrélation R^2 du pseudo-second ordre est largement supérieure à 0,99, alors qu'il est de 0.688 dans le cas du pseudo-premier ordre.

Une meilleure description des données expérimentales par le modèle de pseudo- second ordre indique que le processus d'adsorption est gouverné par ce modèle [7][8].

IV. Isothermes d'adsorption

Les résultats obtenus par les modèles de Langmuir et Freundlich pour l'adsorption de BM par l'adsorbant sont représentées dans les figures III.9 et III.10.

En portant $(1/q_e)$ en fonction de $(1/C_e)$, on obtient une droite de Pente $(1/q_m)$ et d'ordonnée à l'origine $(1/q_m.b)$.

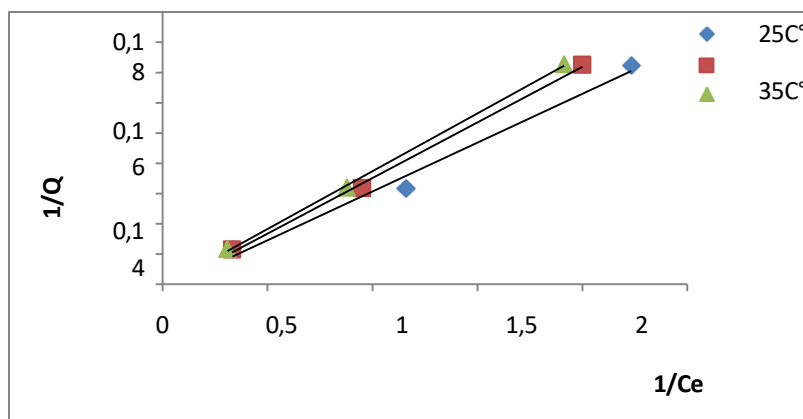


Figure III.9: Linéarisation d'isotherme d'adsorption de BM selon le Modèle de Langmuir

D'après la figure ci-dessus, on obtient une droite d'une pente $1/n$ et d'ordonnée à l'origine LnKF .

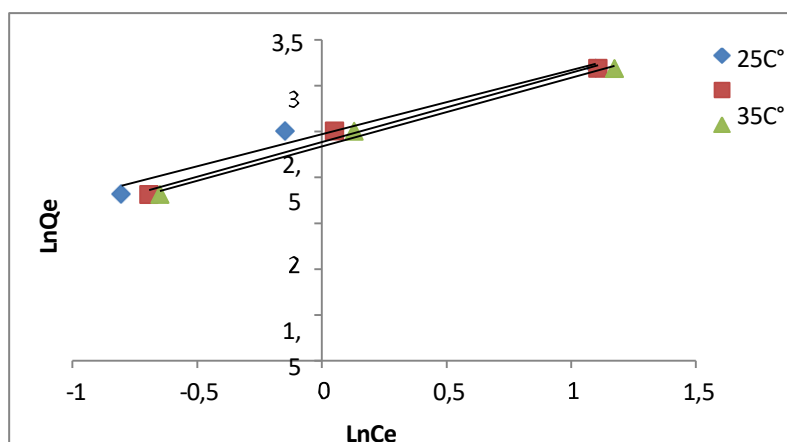


Figure III.10: Linéarisation d'isotherme d'adsorption de BM selon le Modèle de Freundlich.

Le tableau III.2 regroupe les résultats obtenus.

Tableau III.3 : Les constantes de différentes isothermes d'adsorption de BM

T (K)	Langmuir			Freundlich		
	q max (mg/g)	K_L (L/mg)	R2	1/n	K_F ($\text{mg}^{1-n} \cdot \text{l}^n \cdot \text{g}^{-1}$)	R2
298	67.114	0.2306	0.9859	0.699	11.8141	0.9666
308	66.666	0.2038	0.998	0.7563	10.8492	0.9894
318	60.240	0.2172	0.9993	0.7483	10.346	0.9924

Chapitre III : Résultats et Discussions

Selon le tableau III.2 la capacité maximale (q_{\max}) de fixation du BM sur CAP est 67.114mg/g à une température égale 298 k. On remarque aussi une meilleure applicabilité du modèle de Langmuir qui a le facteur de corrélation le plus élevé par rapport au modèle de Freundlich, ce qui décrit une adsorption ayant lieu sur des sites homogènes, indiquant la possibilité d'adsorption monocouche, et qui s'explique aussi que tous les sites de surface ont la même réactivité.

D'autre part, on remarque que la valeur de la pente ($1/n$) est inférieurs à 1 ce qui représente que l'adsorption est favorable avec un isotherme de type-L [9].

V. Étude comparative

Le tableau III.3 représente une comparaison de la quantité d'adsorption maximale du bleu de méthylène sur un ensemble d'adsorbant pour évaluer l'efficacité de l'élimination de BM par le charbon actif.

Tableaux III.4: Adsorption de VA sur les différentes adsorbants

Matériaux adsorbants	Q_{\max} (mg/g)	Isotherme	Références
Charbon actif	67.114	Langmuir	Notre étude
Cucumeropsis manii Naudin	31.15	Langmuir	[10]
écorce de fruit de cactus	22.222	Langmuir	[11]
Pyrophyllite	2.941	Langmuir	[12]
Calcite	2.925	Langmuir	[12]

Le tableau présente une analyse comparative des capacités d'adsorption q_{\max} du bleu de méthylène sur les charbons actifs de notre recherche par rapport à d'autres adsorbants étudiés précédemment. Cette comparaison démontre que la quantité d'adsorption q_{\max} est notablement supérieure à celle des autres adsorbants

Chapitre III : Résultats et Discussions

Références bibliographiques :

- [1] A .Karim, B .Mounir, M. Hachkar, et al., Élimination du colorant basique «Bleu de Méthylène» en solution aqueuse par l'argile de Safi. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 23(4): p. 375-388. (2010).
- [2] S. Saad, , S .Amor, and A. Slimane, Comparative study between adsorbents based on magnetic nanoferrite. Application to the removal of methyl orange from wastewater. (2021).
- [3] V. Katheresan, J. Kannedo, and S.Y. Lau, Efficiency of various recent wastewater dye removal methods: A review. *Journal of environmental chemical engineering*. 6(4): p. 4676-4697. (2018)
- [4] M .Abdallah, et al., Étude de l'adsorption du Bleu de Méthylène sur un biomatériau à base de l'eucalyptus selon la taille des particules Treatment of industrial wastewater using a natural and biodegradable adsorbent based on Eucalyptus. *Journal of materials and Environmental Science.*, 6, 2: p. 397-406. (2016).
- [5] K. Bellir, I .Bouziane, , Z. Boutamine, , et al., Sorption study of a basic dye “Gentian violet” from aqueous solutions using activated bentonite. *Energy Procedia*, 18: p. 924-933. (2012).
- [6] FZ. Batana,, MN .Rebizi, , and A .Guibadj , Algerian Bentonite Bridged for removes cationic dye from aqueous solutions by adsorption: Modelling, optimization and kinetics study *International Journal Of Advanced Studies In Computer Science And Engineering* 11(3): p. 11-27 (2022).
- [7] R. Boudia, Etude comparative de l'élimination de colorants textiles par deux adsorbants: naturel et activé, (2021).
- [8] N. Gherbi, Etude expérimentale et identification du processus de rétention des cations métalliques par des matériaux naturels, Thèse de Doctorat: génie des procédés. Université de Constantine. (2008).
- [9] ABIDIN, Z. Z. MA Shavandi, Z. Haddadian, MHS Ismail, N. Abdullah &. *Water Air Soil Pollut.* vol. 223, p. 4017-4027. (2012).
- [10] *int.J.Biol.Chem.sci.*12(1):558-575,February (2018).

Chapitre III : Résultats et Discussions

- [11] A.Seghier, M .Hadjel, Benderdouche Nouredine Trends Green Chem3(1),1-7, (2017)
- [12] Y. Miyah, M. Idrissi, F. Zerrouq ,QHSE Research Group, Laboratory of Catalysis, Materials and Environment, University of Fez, School of Technology, BP 2427 Fez – Morocco,Received 4 July 2014; Revised 13 October 2014; Accepted 14 October 2014.

المؤطر: بن عليّة مخطار

الاسم: بن تركية نور الهدى

مساعد المؤطر: شبة سميرة

يوسفى مريم

الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد لدرّة المتزاز للكربون المنشط ، إزالة بيبك كنتيون ازرق الميثيلين. أجريت تجارب المتزاز بطريمة كير مستمرة . لمعرفة تأثير بعض العوامل على إمتزاز البيبك كتأثير الزمن، تأثير الرلم الهيدروجين للمحلول، التركيز الأول لببگ ازرق الميثيلين وتأثير كتلة المتدة المتزة. تم فحص سلون إمتزاز هذا الببگ عند التوازن بإستعملت نموذج لنجمير و نموذج فرنديتس حيث بينت النتنتج توافك البينتنت مع نموذج لنجمير. الدراسة الحركية إمتزاز الببگ تشير إلى أن العملية تحمك نموذج شبه الرتبة التنتية. الكربون المنشط المستخدم ف هذه الدراسة يعد فعتل ف المضتء على الألبتغ الموجبة، ويمكن أن تكون هذه المواد بديل مثيرة لالهتمم.

الكلمات المفتاحية : المتزاز أزرق الميثيلين ، الفحم المنشط ، ايزوثرم .

Abstract**Title: elimination of a textile dye by a material of natural origin.****Nom:** BENTOURKIA Nour Elhouda**Directed by :** Pr BENALIA Mokhtar

YOUSFI Meriem

Co-Directed by : M^{elle} CHEBBA Samira

The objective of this study is to determine the adsorbent capacity of an activated carbon prepared from date stones, to eliminate a cationic dye, methylene blue. The experiments were carried out in batch system. The influence of certain parameters on the adsorption of the dye, such as the effect of the contact time, the effect of the pH of the solution, the initial concentration of methylene blue, and the effect of the dose of adsorbent, have been studied. The adsorption behavior of this dye at equilibrium was examined by Langmuir and Freundlich models. Isotherm equilibrium data is well described by the Langmuir model with Q_{max} equal to 67.114mg/g. The kinetic study of adsorption of this dye indicates that the process follows the pseudo second order model. The activated carbon used proves effective in the removal of cationic dyes and could be an interesting alternative material.

Key words: Adsorption ,methylene blue, Activated carbon, Isotherm.**Résumé****Titre : Élimination d'un Colorant Textile par un Matériau d'Origine Naturelle****Nom:** BENTOURKIA Nour Elhouda**Encadreur :** Pr BENALIA Mokhtar

YOUSFI Meriem

Co-Encadreur : M^{elle} CHEBBA Samira

L'objectif de cette étude est de déterminer le pouvoir adsorbant d'un charbon actif, pour éliminer un colorant cationique le bleu de méthylène. Les expériences se sont déroulées en mode batch. L'influence de certains paramètres sur l'adsorption du colorant, à savoir l'effet du temps de contact, l'effet du pH de la solution, la concentration initiale du MB, et l'effet de la dose d'adsorbant, ont été étudiés. Le comportement d'adsorption de ce colorant à l'équilibre a été examiné par les modèles de Langmuir et de Freundlich. Les données sont bien décrites par le modèle de Langmuir avec Q_{max} égale à 67.114mg/g . L'étude cinétique d'adsorption de ce colorant indique bien que le processus suit le modèle du pseudo second ordre. Le charbon actif utilisé s'avère efficace dans l'élimination des colorants cationiques et pourrait être un matériau alternatif intéressant.

Mots clés : Adsorption, Bleu de méthylène, Charbon actif, Isotherme.