



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 :

BENFARHAT Nabila & KHENCHA Youcef

DOMAINE : Sciences et Technologie

FILIERE : Génie des Procédés

OPTION : Génie des Procédés de l'Environnement

Thème

**Modification chimique d'un biomatériau local pour
l'élimination du polluant bleu de méthylène par
l'adsorption**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Pr. BENALIA Mokhtar	Prof.	Président
Mme. GUERMIT Mounira	MAA	Examinatrice
Dr. DJEDID Mebrouk	MCA	Rapporteur
Dr. BOUDAOUUD Asma	MCB	Co-rapportrice

Promotion : JUIN 2021

Dédicaces

A mes très chères parents **Kaddour** et **Djamila**, vous représentez pour moi 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. Vos prières et vos bénédictions m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

A mon frère **Mehdi**

Mon cher petit frère présent dans tous mes moments d'examens par son soutien moral et ses belles surprises sucrées. Je te souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.

À mes chères sœurs **Ikram** ma moitié, **Maria** et **Serine**

je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.

À mes cousines **Imane** et **Meriem**

Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amis sur qui je peux compter.

À mon cher binôme **Yousef Khencha**

En témoignage de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

Nabila

Dédicaces

Je dédie ce travail :

- *À mes parents pour leur amour inestimable, leur confiance, leur soutien, leurs sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont su m'inculquer.*
- *À mon cher **PAPA** qui m'a soutenu moralement dans cette vie planté dans mon cœur une ambition qui me conduit à un avenir prospère.*
- *À la plus chère, la plus précieuse, la plus belle, la plus grande vérité connue de l'histoire, à la source de tendresse ma douce **MAMAN**. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*
- *À mes frères et mes sœurs : **Noureddine , Mebarek , Bachir , Abdelkader et Fadila, Fatima** qui sont aussi les meilleurs soutiens avec leur amour qui n'a jamais cessé.*
- *À mon cher binôme **BENFARHAT NABILA** : À propos de l'amitié, du respect et de l'appréciation qui étaient entre nous et du travail pour offrir le meilleur. Je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*
- *À toutes mes collègues de la promotion 2021, surtout : **Said, Yazid, Sidahmed, Senouci, Omar, Loukman, Iheb, Mostapha, Ismail, Mohamed, Ayman, Taher**. En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble, veuillez trouver, à travers ces lignes, l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.*
- *À toute **La famille KHENCHA** et **mes Amis** et toutes les personnes qui me connaissent, je vous dédie ce travail.*

K. YUCEF.

Remerciement

On remercie Dieu, le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

A nos directeurs de mémoire Dr. **DJEDID Mebrouk** Maître de Conférences à l'université de Laghouat et Dr. **BOUDAUD Asma** Maître de Conférences à l'université de Laghouat, nous vous remercions pour votre estimable participation dans l'élaboration de ce travail. Permettez nous de vous exprimer notre admiration pour vos qualités humaines et professionnelles. Veuillez trouver ici l'expression de notre estime et notre considération.

Nous remercions les membres du jury : Pr **BENALIA Mokhtar**, Président, et Mme **GUERMIT Mounira**, Examinatrice, d'avoir accepté et jugé ce modeste travail.

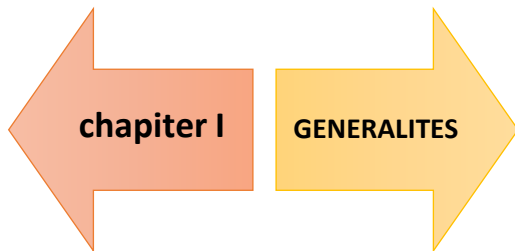
Le grand mérite revient aussi à Mme **GUERMIT MOUNIRA**, pour son aide et qui a su nous guider avec patience, nous prodiguer conseils judicieux et orientations scientifiques.

Merci à tous nos parents qui nous sont très chers et pour le soutien de toujours pour nous avoir aidé à réussir dans la vie, nous espérons qu'ils sont fiers de nous et de notre travail, car nous somme fières d'avoir des tels parents.

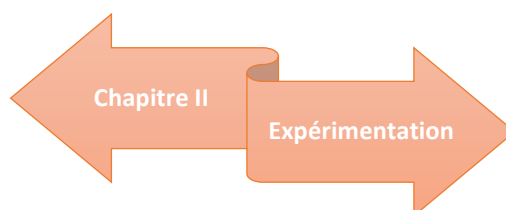
A nos chères sœurs et nos chers frères.

SOMMAIRE

Dédicaces
Remerciements
Liste des abréviations
Liste des figures
Liste des tableaux
Introduction générale 01



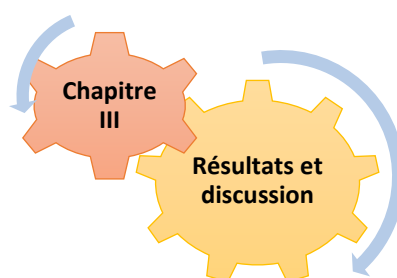
I.1. Introduction02
I.2. Les eaux usées 02
I.2.1.Caractéristiques des eaux usées 03
I.2.2. Généralités des pollutions 04
I.2.3. Traitement des eaux 04
I.3.Les colorants..... 05
I.3.1. Généralités sur les colorants 05
I.3.2. Classification des colorants05
I.3.3. Impact des colorants06
I.4.Adsorption.....07
I.4.1.Définition de l'adsorption 07
I.4.2. Différents types d'adsorption 07
I.4.3. Paramètres influençant L'adsorption 08
I.4.4isothermed'adsorption..... 08



II.1. Matériel et réactifs utilisés 11

Sommaire

II.2. Bleu de méthylène	13
II.3. Les tiges de palmier	14
II.3.1. Présentation du biomatériau étudié	14
II.3.2. Préparation de l'adsorbant	14
II.3.3. Traitement chimique des tiges de palmier	15
II.4. Dosage du BM par spectroscopie UV-Visible	17
II.4.1. Détermination de la longueur d'onde du BM	17
II.4.2. Etablissement de la courbe d'étalonnage	17
II.4.3. Détermination de la teneur du BM	18
II.5. Essais d'adsorption	18
II.5.1. Effet de la masse de l'adsorbant.....	18
II.5.2. Influence du pH	19
II.5.3. Effet du temps de contact	19
II.5.4. Effet de la température	19
II.5.5. Effet de la force ionique	20



III.1. Introduction	21
III.2. Optimisation de l'adsorption	21
III.2.1. Effet de la masse	21
III.2.2. Effet du pH de la solution	22

Sommaire

III.2.3. Effet du temps de contact et de la concentration initiale.....	22
III.2.4. Effet de la température	23
III.2.5. Effet de la force ionique	24
III.3. Etude cinétique	25
III.3.1 Modèle cinétique du pseudo-premier ordre	25
III.3.2. Modèle cinétique du pseudo-second ordre	26
III.4. Etude isothermique.....	28
III.4.1. Isotherme de Freundlich	28
III.4.2. Isotherme de Langmuir	29
III.5. Etude comparative	30
Conclusion générale.....	32
Références bibliographiques	33
Annexe	35
Résumé	

Listes

Liste des abréviations

Abréviation	Désignation
BM	Bleu de méthylène
c₀	Concentration initiale
TPT	Les tiges de palmier traite
H	heure
M	Molarité
m	Masse de l'adsorbant
Min	Minute
Nm	Nanomètre
Q_e	Quantité d'adsorbat adsorbée à l'équilibre
R	Rendement
t	Temps de contact
T	Température
UV-Vis	Ultra-Violet-Visible
V	Volume de solution
λ_{max}	Longueur d'onde maximale

Listes

Liste des figures

Figure n°	Désignation	Page
Figure I.1	Dynamique d'adsorption (liquide – solide)	7
Figure II.1	Aspect de la tige de palmier avant broyage.	14
Figure II.2	Aspect de la tige de palmier après préparation.	15
Figure II.3	Organigramme de traitement de l'adsorbant	16
Figure II.4	La courbe d'étalonnage du BM.	18
Figure III.1	Effet de la masse d'adsorbant de l'adsorption du BM	21
Figure III.2	Influence du pH de la solution dans l'adsorption du BM	22
Figure III.3	Effet du temps de contact et de la concentration initiale	23
Figure III.4	Influence de la température de l'adsorption du BM	24
Figure III.5	Influence de la force ionique de la solution sur l'adsorption du BM	25
Figure III.6	Cinétique d'adsorption de BM à différentes concentrations initiales selon le modèle pseudo-premier ordre à 293 K	27
Figure III.7	Cinétique d'adsorption de BM à différentes concentrations initiales selon le modèle pseudo-second ordre à 293 K.	27
Figure III.8	Linéarisation d'isotherme d'adsorption de BM selon le Modèle de Freundlich.	28
Figure III.9	Linéarisation d'isotherme d'adsorption de BM selon le modèle de Langmuir.	29

Listes

Liste des tableaux

Tableau n°	Désignation	Page
Tableau I.1	Impacts négatifs des eaux usées non traitées.	2
Tableau I.1 (suite)	Impacts négatifs des eaux usées non traitées.	3
Tableau I.2	Principales différences entre les deux types d'adsorption	8
Tableau II.1	Les réactifs utilisés et leurs propriétés.	12
Tableau II.2	Propriétés physico-chimiques du bleu de méthylène BM.	13
Tableau III.1	Paramètres cinétiques d'adsorption de BM à 293 K	28
Tableau III.2	Les constantes de différentes isothermes d'adsorption de BM à 293 K.	30
Tableau III.3	Etude comparative de l'adsorption de BM sur différents adsorbants	30

INTRODUCTION

L'eau est l'une des ressources naturelles les plus précieuses de notre planète, qui représente plus de deux tiers de la surface de la terre, c'est pourquoi sa pollution par les produits chimiques organiques et inorganiques est une grave préoccupation environnementale [1].

Un domaine de recherche d'intérêt prioritaire est celui lié à l'élimination des colorants synthétiques de l'eau. Différentes techniques, y compris la coagulation, la floculation, la dégradation photo-catalytique, la filtration membranaire, la décomposition microbiologique, l'oxydation électrochimique, l'osmose inverse et l'oxydation avancée sont les méthodes les plus couramment utilisées pour la purification des effluents. Ces techniques sont ou bien onéreuses ou bien inefficaces.

L'adsorption a fait l'objet de nombreuses études et reste très prometteuse due à sa capacité d'élimination des polluants organiques et inorganiques, à la facilité d'emploi, la disponibilité, la rentabilité et au faible coût comparée à d'autres méthodes de traitement.

Cette étude est réalisée selon le plan suivant :

La partie théorique est constituée de toutes les définitions et les notions générales sur la pollution, les colorants, la technique d'adsorption en citant ainsi les différents types d'adsorption et les paramètres influençant l'adsorption.

La partie expérimentale décrit le matériau utilisé, son origine et la méthodologie expérimentale suivie pour sa préparation, Cette partie présente aussi la méthode d'adsorption des colorants choisis sur l'adsorbant (Les tiges de palmier). Plusieurs facteurs seront examinés pour optimiser le procédé testé.

La troisième partie est consacrée à la présentation des différents résultats expérimentaux obtenus ainsi que leurs discussions.

Une conclusion générale récapitule les principaux résultats obtenus au cours de ce travail.

Chapitre 1 :

GENERALITES

I.1. Introduction

Dans ce premier chapitre, nous présentons un aperçu théorique sur les eaux usées, la pollution, les colorants, le procédé d'adsorption, les types d'adsorption et les paramètres influençant la capacité d'adsorption.

De nombreuses méthodes et techniques de dépollution ou décoloration sont développées au cours de ces dernières années. Parmi ces techniques, il y a lieu de citer les procédés de précipitation chimique, la floculation, l'échange d'ions, photo dégradation, les procédés membranaires et l'adsorption.

I.2. Les eaux usées

Les eaux usées (ou eaux polluées) sont des eaux qui ont été altérées par l'activité humaine [2]. Sont perçues comme une combinaison d'un ou de plusieurs des éléments suivants : les effluents domestiques constitués d'eaux-vannes (excréments, urine, boues fécales) et d'eaux grises (eaux usagées provenant du lavage, de la lessive et du bain); les eaux provenant des commerces et institutions, y compris les hôpitaux; les effluents industriels, les eaux pluviales et autres eaux de ruissellement urbain; les eaux de ruissellement agricole, horticole et aquacole [3]. L'impact négatif des eaux usées non traitées sur la santé humaine, l'environnement et les activités de production (Tableau I.1).

Tableau 1.1 Impacts négatifs des eaux usées non traitées [2].

Domaines des répercussions	Exemples de répercussions
Santé	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du fardeau des maladies en raison de la baisse de la qualité de l'eau potable. • Augmentation du fardeau des maladies en raison de la baisse de la qualité des eaux de baignade. • Augmentation du fardeau des maladies en raison de l'insalubrité des aliments (contamination du poisson, des légumes et d'autres produits irrigués) • Augmentation du risque de maladie si on travaille ou on joue dans une zone irriguée par des eaux usées.

Tableau 1.1 (suite) Impacts négatifs des eaux usées non traitées [2].

Domaines des répercussions	Exemples de répercussions
Environnement	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la biodiversité • Dégradation des écosystèmes aquatiques (par exemple eutrophisation et zones mortes) • Odeurs nauséabondes • Diminution des possibilités de loisir • Augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES) • Hausse de la température des eaux • Bioaccumulation de toxines
Économie	<ul style="list-style-type: none"> • Baisse de la productivité industrielle • Baisse de la productivité agricole • Baisse de la valeur marchande des récoltes, si des eaux usées insalubres sont utilisées pour l'irrigation • Réduction des possibilités de loisirs aquatiques (baisse du nombre de touristes, ou touristes moins disposés à payer pour des services de loisirs) • Diminution des prises de poissons et de crustacés, ou baisse de la valeur marchande du poisson et des mollusques et crustacés • Augmentation du fardeau financier sur les soins de santé • Accroissement des entraves au commerce international (exportations) • Augmentation des coûts de traitement de l'eau (pour l'approvisionnement humain et d'autres usages) • Baisse des prix des propriétés situées à proximité des masses d'eau contaminées

I.2.1. Caractéristiques des eaux usées

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physicochimiques et biologiques. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et effluents naturels [3].

Paramètres physico-chimiques

- a) Température.
- b) Le potentiel d'Hydrogène (pH).
- c) Turbidité.
- d) Conductivité.
- e) Les matières en suspension (MES).
- f) Oxygène dissous.

I.2.2. Généralités des pollutions

a-Définition

La pollution est une dégradation de l'environnement par l'introduction dans l'air, l'eau ou le sol de matières n'étant pas présentes naturellement dans le milieu. Elle entraîne une perturbation de l'écosystème dont les conséquences peuvent aller jusqu'à la migration ou l'extinction de certaines espèces incapables de s'adapter au changement qui se pose dans l'environnement [4].

b-Les sources de la pollution

L'eau dans la nature et celle qui est employée à des usages industriels et domestiques n'est jamais pure, de par les impuretés qu'elle peut localiser dans 3 états: solides, liquides ou gazeux et qui peuvent être caractérisées par la taille qu'elles prennent en milieux aqueux. Il existe plusieurs sources de pollution comme: Source urbaine, Source industrielle, Source agricole, Source naturelle et Source microbiologique [4].

I.2.3. Traitement des eaux

Une réglementation de plus en plus rigoureuse s'est mise progressivement en place, contraignant les différents acteurs de pollution à une réduction des rejets polluants, soit par l'adoption de techniques de dépollution des eaux résiduaires urbaines et industrielles avant leur rejet dans le milieu naturel, soit par la mise en place de technologies propres. Les filières de traitements classiques actuelles mettent en jeu divers procédés de dégradation qui est bien maîtrisés à l'échelle du laboratoire et appliqués à grande échelle. En général, l'effluent à traiter passe par une série d'étapes dénommées traitements primaire, secondaire, et tertiaire d'où il ressort à chaque fois plus propre [5].

a. Traitement primaire

Lors du traitement primaire, les contaminants les plus faciles à séparer sont éliminés : les solides qui se séparent aisément, les couches d'huile et autres composés légers. Il est habituellement utilisé comme première étape avant le traitement secondaire afin de garantir ensuite un traitement performant [5].

b. Traitement secondaire

Les techniques de dépollution intervenant le plus couramment en deuxième étape se divisent en deux types [5]:

- **Méthodes Physico-chimiques**

- Filtration sur membrane.
- Adsorption.
- Photodégradation
- Coagulation – floculation.
- Oxydation chimique.

- **Méthodes biologiques**

- Traitement aérobie.
- Traitement anaérobie.

c. Traitement tertiaire

La désinfection des eaux est l'étape finale d'un traitement de l'eau destinée à la consommation humaine, son objectif étant de détruire les micro-organismes pathogènes, c'est-à-dire susceptibles de porter atteinte à la santé des consommateurs [5].

I.3. Les colorants

I.3.1. Généralités sur les colorants

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 chromophores. La molécule colorante est un chromogène. Plus le groupement chromophore donne facilement un électron, plus la couleur est intense [6].

Colorant

- Matière colorante sous forme de poudre.
- De couleur blanc ou noir.
- Soluble dans les solvants et les substrats.

Pigment

- Matière colorante sous forme de poudre.
- De Couleur, blanc ou noir.
- Insoluble dans les solvants et les substrats

I.3.2. Classification des colorants

Les colorants peuvent être classés selon une classification chimique ou une

classification tinctoriale. La classification chimique est fonction de la structure chimique du colorant, plus précisément de la nature de son groupe chromophore

La classification tinctoriale est basée sur le mode d'utilisation et d'application de la couleur qui dépend à son tour du groupe auxochrome [6].

I.3.3. Impact des colorants

a-Impact des colorants sur l'environnement

La production et l'utilisation des colorants naturels sont beaucoup moins polluantes que celle de la plupart des colorants et pigments de synthèse qui génèrent, des sous-produits nocifs, lorsque ces rejets sont déversés directement dans le milieu naturel sans aucun traitement spécifique des constituants toxiques [7].

Ces colorants sont pour la plupart synthétiques et représentent aujourd'hui un large groupe de composés chimiques. La production mondiale de ces colorants de synthèse est évaluée à 700 000 tonnes/an. Une partie de ces colorants, approximativement 140 000 tonnes/an, sont rejetées lors des étapes de fabrication et coloration des tissus. Les industries textiles, et plus particulièrement les phases de teinture et d'ennoblissement utilisent principalement des produits chimiques, nuisibles pour la santé, comme certains colorants azoïques cancérigènes, et engendrent une pollution des eaux de surface et des nappes phréatiques. L'hétérogénéité de la composition des produits utilisés pour teindre fait qu'il est extrêmement difficile d'atteindre des niveaux de pollution satisfaisants, c'est-à-dire les seuils imposés par les normes environnementales, après traitement par les techniques utilisées [8].

b-Impact des colorants sur la santé

L'impact des colorants sur la santé est dû à certaines capacités de ces colorants qui peuvent [7]:

- Etre mutagènes.
- Etre Géotropiques.
- Entraîner des cancers de la thyroïde.
- Entraîner des tumeurs des glandes surrénales.
- Contenir des substances cancérigènes.
- Avoir des actions sur le système nerveux central.
- Inhibition ou déficit de certaines enzymes.

- Augmentation de la perméabilité intestinale.

I.4.Adsorption

I.4.1.Définition de l'adsorption

Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par Kayser en 1881 pour différencier entre la condensation du fluide à la surface, et une absorption du fluide, processus dans lequel les molécules pénètrent dans la masse. L'adsorption à l'interface soluté/solide est un phénomène de nature physique ou chimique par lequel des molécules présentes dans l'effluent liquide ou gazeux, se fixent à la surface d'un solide (Figure I.1). Ce phénomène dépend à la fois de cette interface et des propriétés physico-chimiques de l'adsorbât. Ces forces conduisent respectivement à deux types d'adsorption: la chimisorption et la physisorption [9].

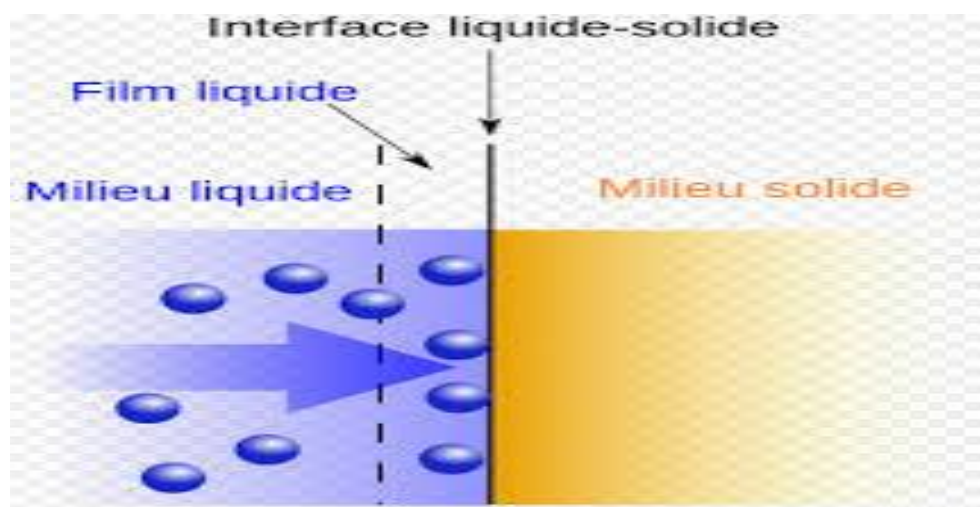


Figure I.1: Dynamique d'adsorption (liquide –solide) [10].

I.4.2. Différents types d'adsorption

Selon la nature des forces qui retiennent la molécule adsorbée à la surface du solide. On distingue deux types d'adsorption :

- Adsorption chimique (ou chimisorption).
- Adsorption physique (ou physisorption).

Le tableau I.2 présente les différences entre les deux types d'adsorption.

Tableau I.2: Principales différences entre les deux types d'adsorption [11].

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
Energie d'adsorption	5 à 10 Kcal/mole	20 à 100 Kcal/mole
Température de processus	Inférieure à la température d'ébullition de l'adsorbat	Elevée
Nature de liaison	Physique (Van der Waals)	Chimique
Désorption	Plus ou moins parfaite	Difficile
Energie d'activation	Non appréciable	Peut être mise en jeu
Cinétique	Très rapide	Lente
Etat de surface	Formation de multicouches	Conduit tout ou plus à une monocouche

I.4.3. Paramètres influençant l'adsorption

La capacité d'adsorption d'un matériau est influencée par les propriétés physicochimiques de l'adsorbant (surface spécifique, granulométrie, fonctions de surface, porosité,...) de l'adsorbat (concentration dans la solution, solubilité, taille, fonctions chimiques présentes, compétition entre les différentes molécules...) et celles du milieu (force ionique, pH, température, agitation, caractéristiques hydrodynamiques...) [12].

I.4.4. Isotherme d'adsorption

L'isotherme permet de donner des informations sur le mode d'adsorption selon la classification d'isotherme adsorption connue tels que l'adsorption en monocouche ou l'adsorption en multicouches et permet aussi de connaître la capacité d'adsorption de ce phénomène.

Il existe de nombreux modèles théoriques qui ont été développés pour décrire les isothermes d'adsorption. Nous nous intéresserons seulement aux modèles de Langmuir et Freundlich, car ils sont les plus utilisés et les plus répandus à vérifier,

a-Isotherme de Freundlich

Le modèle de Freundlich est un modèle semi-empirique qui est largement utilisé pour la représentation pratique de l'équilibre d'adsorption [13, 14]. L'expression mathématique associée à ce modèle est donnée par l'équation :

$$q_e = K_f \cdot C_e^{1/n} \dots\dots\dots (1)$$

Avec:

q_e : la quantité d'adsorbat adsorbée par masse d'unité d'adsorbant (mg.g^{-1}) ;

K_f : est un paramètre lié à la capacité d'adsorption maximale ($\text{mg.g}^{-1}(\text{mg.L}^{-1})^n$);

C_e : la concentration de l'adsorbat dans la solution à l'équilibre (mg.L^{-1}).

n : est un paramètre lié aux coefficient de variation des énergies d'interactions avec le taux de recouvrement.

La transformée linéaire de ce modèle a pour équation:

$$\text{Ln } q_e = \text{ln } k + \frac{1}{n} \text{ln } C_e \quad (2)$$

b-Isotherme de Langmuir

A une température constante, la quantité adsorbée est liée à la capacité maximale d'adsorption q_m , à la concentration à l'équilibre C_e du soluté et à la constante d'affinité K par l'équation [14] :

$$\frac{q_e}{q_m} = \frac{K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \dots\dots\dots (3)$$

Avec :

C_e : concentration à l'équilibre (mg.L^{-1}) ;

q_e : quantité adsorbée à l'équilibre (mg.g^{-1}).

q_m : quantité maximale adsorbée à la saturation de la monocouche ou capacité maximale d'adsorption (mg.g^{-1}).

K_L : constante d'équilibre d'adsorption, dépendant de la température (L.mg^{-1}).

La transformée linéaire de ce modèle a pour équation:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m K_L C_e} \dots\dots\dots (4)$$

La valeur de K est liée à la force d'interaction entre la molécule adsorbée et la surface du solide; la valeur de q_m exprime la quantité de soluté fixée par gramme de solide dont la surface est considérée comme totalement recouverte par une couche mono moléculaire.

Chapitre 11 :

Expérimentation

Ce chapitre est consacré à la présentation de l'étude expérimentale de l'adsorption des tiges de palmier après traitement chimique, pour la récupération d'un colorant cationique, le bleu de méthylène, à partir des solutions aqueuses.

Où on a étudié l'influence des différents paramètres opératoires sur ce processus d'adsorption de ce polluant organique tels que le temps de contact, la concentration initiale du colorant, la masse du biosorbant, la température, le pH de la solution et les forces ioniques.

II.1. Matériel et réactifs utilisés

Appareillage

- Agitateur magnétique type SCILOGEX.
- Un pH-mètre modèle WTW INOLAB 7310.
- Etuve marque MEMMERT.
- Balance analytique de précision marque OHAUS.
- Bain agité marque MEMMERT.
- Spectrophotomètre UV-Visible modèle UVILINE 9400.

Accessoires

- Barreau magnétique.
- Bécher de capacité : 100, 250 et 500 ml.
- Fiole jaugée de capacité : 100, 250 et 500 ml.
- Eprouvettes graduée de capacité : 50 et 100 ml.
- Pissette, spatule.
- Pipette 2,5 ml.
- Pro pipette.
- Erlenmeyer.
- Entonnoir.
- Des embouts bleus.
- Tube à essai 5 ml, support du tube.
- Flacon.

- Micropipette.
- Papier filtre.

Réactifs chimiques

Le Tableau II.1 présente les propriétés des réactifs utilisés.

Tableau II.1: Réactifs utilisés et leurs propriétés.

Réactifs	Propriétés	Société
Acide sulfurique (H ₂ SO ₄)	Densité : 1,84 Pureté : 95% Masse molaire : 98,08g/mol	Fisher Chemical
Acide chlorhydrique (HCl)	Densité : 1,19 Pureté : 37% Masse molaire : 36,5g/mol	LAMBERT CHEMICA LS SPRL
Hydroxide de sodium(NaOH)	Pureté : 97% Masse molaire : 40g/mol	CNSST

Préparation de la solution

➤ Préparation de la solution NaOH

Pour préparer la solution de NaOH, on pèse 0.4g de NaOH (M=40g/mol, 98 %) qu'on dissout dans 100ml d'eau distillée .Cette solution est employée pour ajuster le pH.

➤ Préparation de la solution H₂SO₄

Pour préparer la solution de H₂SO₄, on prend 0.3 ml de H₂SO₄(M =98.08% g/mol, 95%, d=1.84) concentré dans 100ml d'eau distillée. Cette solution est employée pour ajuster le pH.

➤ Préparation de la solution de bicarbonate de sodium :

Pour préparer la solution de bicarbonate de sodium, on prend 4 g de bicarbonate desodium qu'on dissout dans 500 ml d'eau distillée. Cette solution est préparée pour l'activation et la modification de l'adsorbant tiges de palmier.

II.2. Bleu de méthylène

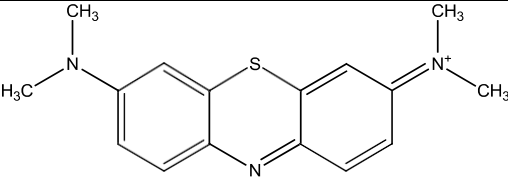
Définition

Dans ce travail, nous sommes intéressés à l'étude du colorant le bleu de méthylène (**BM**).

C'est un dérivé de phénothiazine, et un colorant cationique [9], il existe comme une poudre vert foncé (Tableau II.2), il existe sous plusieurs formes hydratés: monohydraté, dihydraté, trihydraté et pentahydraté[15], le plus courant c'est le trihydraté. Il est couramment utilisé comme modèle de contaminant organique en raison de sa structure moléculaire stable. Dans la réaction de réduction, le BM se transforme en leuco méthylène incolore, due à la perte du doublet libre de l'azote et introduction d'un atome d'hydrogène [15].

Propriétés

Tableau II.2: Propriétés physico-chimiques du bleu de méthylène

Denomination	Bleu de méthylène ou chlorure de Tétraméthylthionine, Basicblue9(C.I.)
Appellation chimique	Chlorure de 3,7-bis(diméthyleamine)Phénazathionium
Famille	Colorant basique
Formule brute	$C_{16}H_{18}N_3ClS$
Masse molaire(g/mol)	319,85
Solubilité dans l'eau(g/l) à 20°C	40
Point de fusion(°C)	180
pH	5,9
pKa	3,8
λ_{max} (nm)	665 ou 668
Structure	

Préparation de la solution mère du BM

Pour réaliser les différentes expériences de biosorption, on a préparé la solution mère de ce colorant à une concentration $C_0 = 1000$ ppm, pour cela on a dissout 0,1 mg du colorant BM dans 500 ml d'eau distillée, le mélange obtenu a été homogénéisé par agitation.

II.3. Les tiges de palmier

II.3.1. Présentation du biomatériau étudié

Dans cette étude, on a choisi les tiges de dattier qui sont des déchets d'origine agricole sous forme solide comme adsorbant. Les tiges de dattier ont été collectées de la région de Laghouat (sud d'Algérie) (Figure II.1).



Figure II.1 : Aspect de la tige de palmier avant broyage.

II.3.2. Préparation de l'adsorbant

Des quantités d'adsorbant ont été préparées en vue de la réalisation des essais [26] d'adsorption de bleu de méthylène en solution aqueuse selon les étapes suivantes: [25]

a. Le lavage

Les tiges de palmier est lavée plusieurs fois à l'eau distillée afin d'éliminer toute sorte de poussières ou d'impuretés adhérentes jusqu' à l'obtention des eaux de lavage claire.

b. Le séchage

Le séchage du matériau a été réalisé dans une étuve, pendant 24 heures à 105°C. En vue de prévenir une éventuelle altération des propriétés physicochimiques des

matériaux, plusieurs chercheurs ont pratiqué le séchage modéré des biosorbants, notamment en utilisant l'énergie solaire.

c. Le broyage

Le broyage a été réalisé afin d'obtenir des matériaux homogènes pour le besoin des études de laboratoire. Cette opération a été conduite en deux étapes consécutives. La première consistait à réduire les fibres en grains de taille inférieure à 4 mm. Ces derniers ont été à nouveau broyés en vue d'obtenir des particules de taille inférieure à 1 mm.

d. Le tamisage

Les tailles des particules utilisées pour les essais d'adsorption ont été isolées mécaniquement au moyen d'un tamiseur dont la dimension des mailles correspond à des diamètres : 1; 0,2 et 0,5 mm. Après préparation de l'adsorbant tige de palmier, son aspect est montré par la Figure II.2.

Les échantillons sont conservés dans des flacons pour les tests ultérieurs loin de toutes perturbations extérieures et protégés contre d'éventuelles contaminations par les produits chimiques.



Figure II.2 : Aspect de la tige de palmier après préparation.

II.3.3. Traitement chimique des tiges de palmier

Les tiges de palmiers préparés subissent un traitement par activation afin d'améliorer les performances d'adsorption. L'activation est un procédé qui consiste à améliorer les propriétés d'adsorption de tiges de palmier à l'aide d'un traitement chimique en utilisant en général le carbonate de sodium et HCl concentré

[16].L'activation est une étape essentielle qui permet de modifier les propriétés structurales pour l'obtention d'un matériau ayant une surface spécifique élevée autrement dit une capacité d'adsorption meilleure.

Procédure

- Dans deux erlenmeyers, on met 250 ml de la solution de bicarbonate de sodium préparée puis on ajoute 15 g de l'adsorbant tiges de palmier sous forme de poudre (état brut), le tout subit une agitation permanente de 30 min.
- Ensuite on ajoute 10 ml de HCl concentré à chaque erlenmeyer, le tout subit une agitation permanente pendant 4 heures, les tiges de palmier sont modifiées.
- Puis le tout subit une filtration puis un lavage avec de l'eau distillée plusieurs fois jusqu'à atteindre un pH= 6.5 – 7 (pH neutre), jusqu'à obtention d'une solution claire.

Cette procédure est effectuée selon l'organigramme de traitement de l'adsorbant présenté par la figure II.3.

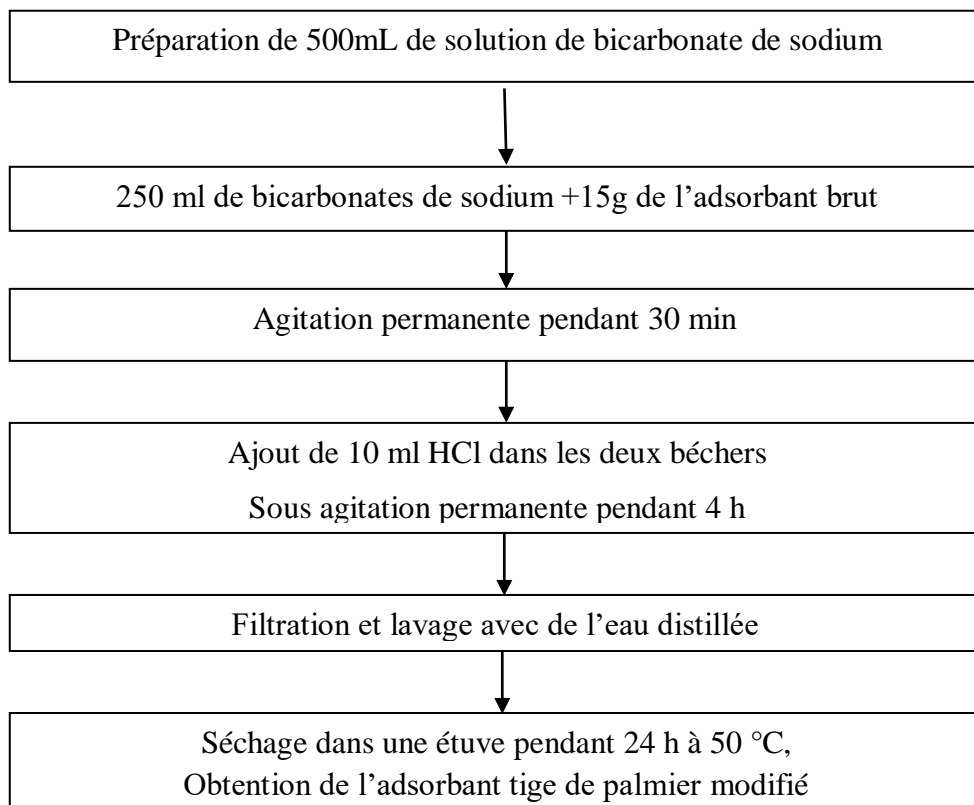


Figure II.3: Organigramme de traitement de l'adsorbant.

II.4. Dosage du BM par spectroscopie UV-Visible

Le spectrophotomètre que nous avons utilisé est un appareil qui permet de mesurer directement les densités optiques. Les analyses sont effectuées sur un spectrophotomètre "Themo" piloté par un ordinateur.

Les longueurs d'ondes maximales sont obtenues directement par balayage automatique entre 200 et 800 nm. Des cuves en quartz de 1 cm de trajet optique sont utilisées.

Des échantillons témoins sans adsorbants sont préparés afin de vérifier qu'il n'y a aucune interférence au cours du temps.

Les mesures des concentrations résiduelles ont été obtenues par interpolation à l'aide de la courbe d'étalonnage.

Le principe de cette méthode est basé sur la loi de B er-Lambert liant le calcul d'absorbance des composées en fonction de leur concentration[17, 18].

$$A = \epsilon.C.L \quad (5)$$

Où :

ϵ : coefficient d'extinction molaire ($M^{-1}.cm^{-1}$).

L : Chemin optique, longueur de la cuve d'échantillonnage (cm).

C : Concentration du soluté  analyser dans la solution.

II.4.1. Détermination du la longueur d'onde du BM

La détermination de λ_{max} a été faite sur une solution du colorant BM et qui a été préparée par dilution à partir de la solution mère BM de concentration $C_0 = 1000$ ppm. On a effectué un balayage dans la plage des bandes UV et visibles d'où on a localisé cette valeur à 668 nm.

II.4.2. Etablissement de la courbe d'étalonnage

- Préparation de la solution mère et l'étalon blanc.
- Préparation des solutions étalons de concentrations : 1, 3, 5, 8, 10 et 15 ppm.
- Allumer l'appareil UV-Visible.
- Puis fixer $\lambda = 668$ nm pour le dosage du BM.
- Régler l'appareil en utilisant le blanc.
- Effectuer les différentes lectures pour les étalons préparés.
- Tracer la courbe d'étalonnage.

II.4.3. Détermination de la teneur du BM

Afin de déterminer la teneur du BM, il est nécessaire de tracer la courbe d'étalonnage, la figure II.4 présente cette courbe.

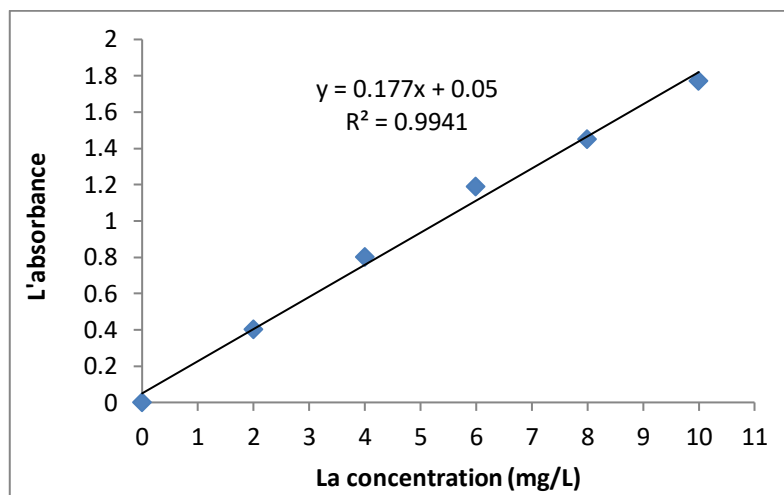


Figure II.4: La courbe d'étalonnage du BM.

La courbe d'étalonnage du BM (figure II.4) est une courbe linéaire. Sur la base de cette courbe, on détermine les différentes concentrations du colorant BM dans les échantillons des différents essais d'adsorption.

II.5. Essais d'adsorption

Les expériences d'adsorption ont été effectuées en système batch. Les mesures de concentration du BM sont effectuées par le spectromètre UV-Visible à 668 nm pour calculer les taux d'adsorption correspondants aux différents essais d'adsorption.

II.5.1. Effet de la masse de l'adsorbant

Afin de connaître la quantité optimale des TP, on a effectué les expériences suivantes, où on prend différentes masses de TP allant de 0.1 à 1 g, à l'aide d'une balance électronique de précision. Un volume de 50 ml de solution de BM à la concentration de 15 ppm. Le mélange est mis dans un bain marie sous agitation de 150 $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$ à $T = 25\text{ }^\circ\text{C}$.

II.5.2. Influence du pH

Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption, du fait qu'il peut influencé à la fois sur la structure d'adsorbant et d'adsorbat ainsi que le mécanisme d'adsorption. Afin d'observer l'effet du pH sur l'adsorption, on a fait varier le pH de la solution de 2 à 8.

Une prise de 50 ml de la solution à la concentration de 15 ppm, le pH de cette solution a été ajusté à ces différentes valeurs en utilisant l'acide sulfurique la soude (NaOH), puis on ajoute 0,5g d'adsorbant, le mélange est placé à l'intérieur d'un bain marie sous agitation de 150 tr/min pendant 2 h à $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, tout en gardant les autres conditions opératoires fixes.

II.5.3. Effet du temps de contact et de la concentration initiale

La concentration initiale de polluants et le temps de contact sont connus pour être des facteurs très influents pour l'adsorption.

L'effet du temps de contact sur l'adsorption de BM a été étudié à différentes concentrations en colorant de 5, 10, 15, 30 à 50 ppm. De même, on a étudié l'influence de la concentration tout en variant le temps de contact de 0 min; 5 min;à 3h.

II.5.4. Effet de la température

L'adsorption est un phénomène qui peut être endothermique ou exothermique selon le matériau adsorbant et la nature des molécules à adsorber [19].

Lorsque l'adsorption est exothermique, la quantité adsorbée diminue quand la température augmente. Au contraire, quand la quantité adsorbée augmente avec la température, l'adsorption est endothermique.

Afin d'étudier l'effet de ce paramètre en prenant quatre cas de température à 293 K, 303 K, 313 K et 323 K. Ces mélanges sont agités à une vitesse de 150 tr/min dans un bain pendant 1 h.

II.5.5. Effet de la force ionique

Le paramètre dit force ionique qui est évalué par la conductivité indiquant la présence de l'ensemble des éléments conducteurs en solution autrement dit la mesure de la salinité de la solution. La force ionique influe sur le phénomène d'adsorption et présente un effet compétitif durant l'opération d'adsorption.

Pour étudier l'effet de la force ionique sur l'adsorption de BM par TP, on a préparé des solutions d'électrolyte de chlorure de sodium à différentes concentrations 0,15; 0,3 et 0,58 mol/L, pour mener cette étude.

Chapitre III :

**Résultats et
discussion**

III.1. Introduction

Dans le but d'examiner et d'étudier la capacité et l'affinité de nos supports après le traitement chimique, envers les polluants organiques contenue dans l'eau, nous avons choisi les tiges de palmier traité (TPT) comme adsorbant et le bleu de méthylène (BM) comme adsorbat.

Nous présentons dans ce chapitre les résultats issus de l'étude menée expérimentalement ainsi que leur discussion.

III.2. Optimisation de l'adsorption

III.2.1. Effet de la masse

La masse du biosorbant est un facteur très important affectant l'adsorption du colorant. Dans cette partie, nous modifions la masse des tiges de palmier traitées et les autres facteurs opératoires restent constants, les résultats obtenus sont présentés dans la figure III.1.

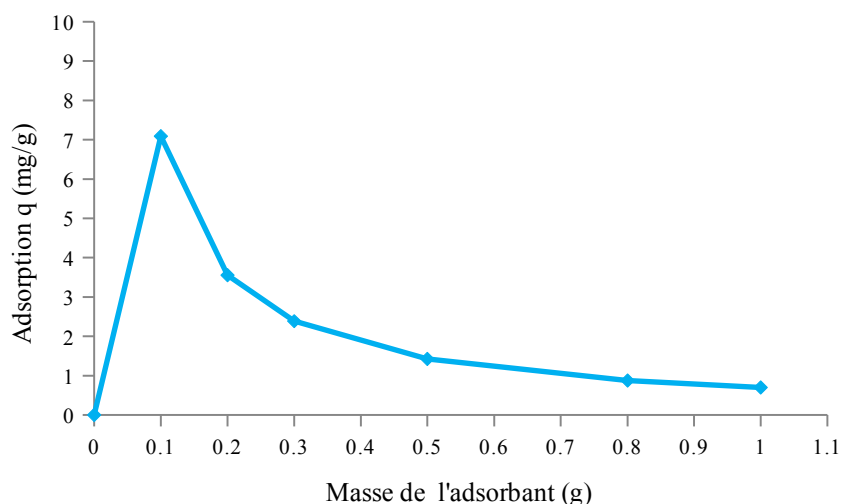


Figure III.1 : Influence de la masse de l'adsorbant sur l'adsorption du bleu de méthylène [BM]=15mg/l, temps de contact=120min et T=20°C.

La figure III.1 montre que la quantité d'adsorption augmente jusqu'à 7 mg/g à la masse de l'adsorbant 0,1 g et après la majorité de la quantité d'adsorption du colorant diminue avec l'augmentation de la masse de l'adsorbant (les tiges de palmier), Ce résultat montre que la masse optimale de l'adsorbant est 0,1g.

III.2.2. Effet du pH de la solution

Vu que le facteur pH est très important dans l'adsorption, on a étudié l'effet du pH de l'adsorption de BM sur TP, les résultats obtenus sont représentés dans la **figure III.2**.

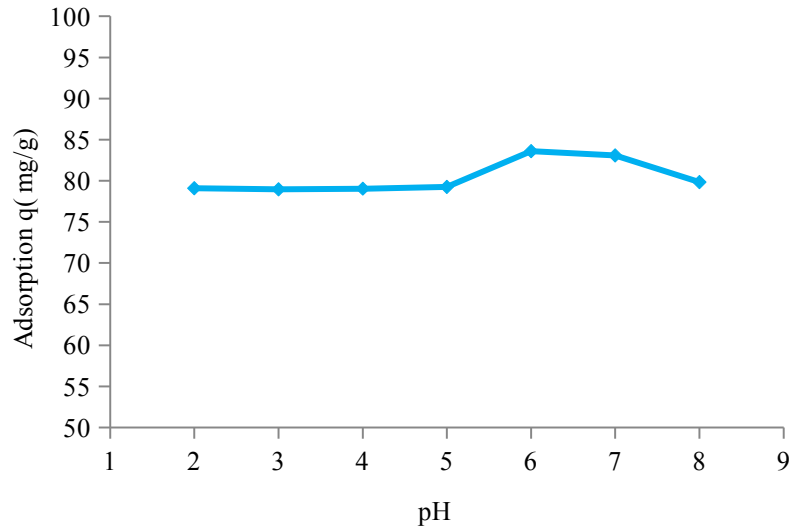


Figure III.2: Influence du pH de la solution sur l'adsorption du bleu de méthylène [BM]=15mg/l, Temps de contact=120min, m=0.1g et T=20°C.

A partir de la **figure III.2**, on observe que le taux d'adsorption de BM est stable depuis le pH initial 2 à pH = 5 et en suite le taux d'adsorption augmente entre pH = 5 à 6, puis diminue de 6 à 8. L'évolution du processus d'adsorption en fonction du pH indique que le maximum d'adsorption est atteint à pH = 6.

III.2.3. Effet du temps de contact et la concentration initiale

Les résultats obtenus des deux paramètres combinés, le temps de contact et la concentration initiale, sont présentés dans la **figure III.3**.

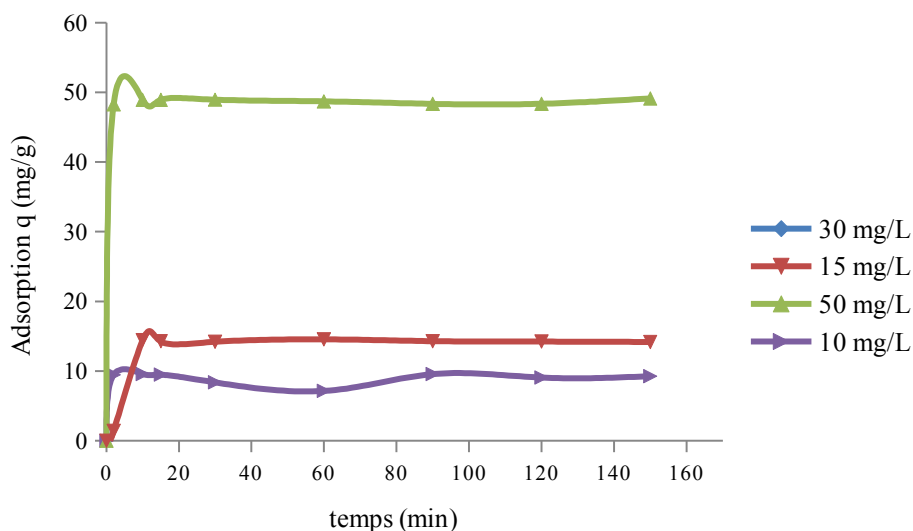


Figure III.3: Effet du temps de contact et de la concentration initiale sur l'adsorption du BM:
 $m=0,1$ et $T=20^{\circ}\text{C}$.

Les courbes de la figure III.3 montrent que la quantité adsorbée de BM augmente rapidement dans les premières 15 min et elle se stabilise après 20 min. Autrement dit, le temps approprié pour l'adsorption est de 20 minutes.

L'étude de la cinétique d'adsorption en fonction de la concentration initiale qui est présenté sur la figure III.3 qui montre que la quantité adsorbée du colorant est meilleure pour une forte concentration.

On remarque que l'adsorption est rapide pendant les premières minutes de la réaction, ceci peut être interprété par le fait qu'en début d'adsorption, le nombre des sites actifs disponibles à la surface de l'adsorbant, sont beaucoup plus importants que celui des sites restant après un certain temps [20].

III.2.4. Effet de la température

La température est un paramètre très considérable dans le processus d'adsorption. Elle a deux effets importants [19]:

Elle augmente la vitesse de diffusion des molécules d'adsorbat à travers la couche limite externe et à l'intérieur des pores des particules de l'adsorbant en diminuant la viscosité de la solution.

Elle augmente aussi la solubilité de l'adsorbat.

Le résultat de cet essai est illustré dans la figure III.4.

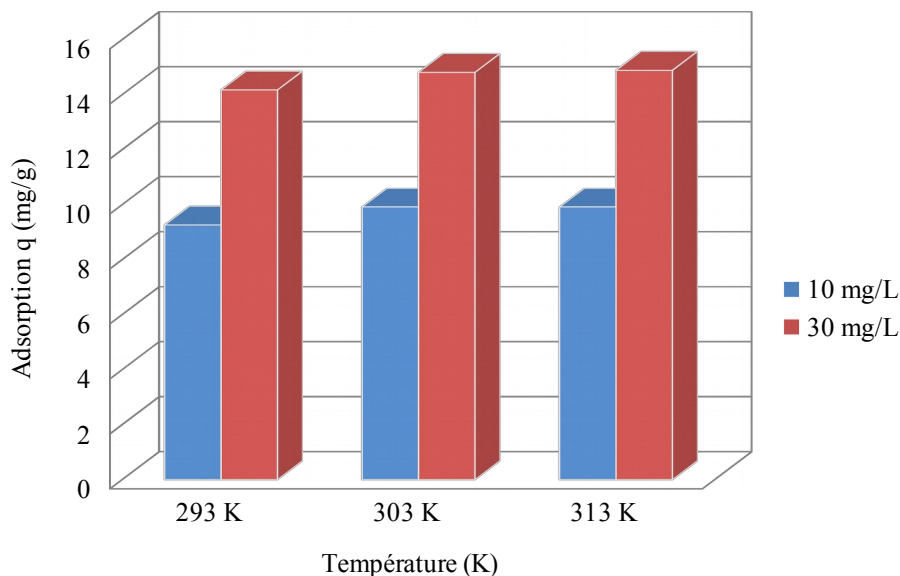


Figure III.4: Influence de la Température dans la solution de l'adsorption du BM: Temps de contact=20min,m=0,1g.

La **Figure III.4** montre que l'augmentation de la quantité du colorant adsorbée est proportionnelle à la température.

III.2.5. Effet de la force ionique

La force ionique influe beaucoup sur l'adsorption ou la diffusion de la solution vers le support adsorbant. La force ionique de ce milieu aqueux est représentée par la conductivité ou bien l'ensemble des éléments conducteurs en solution, cela peut être des sels de sodium, calcium, magnésium, etc...

Pour étudier la compétition de sels, cette étude d'effet de la force ionique a été réalisée avec l'électrolyte **NaCl** à différentes concentrations. Le BM a été préparé séparément dans ces solutions d'électrolyte **NaCl**. Les résultats obtenus sont présentés dans la **Figure III.5**.

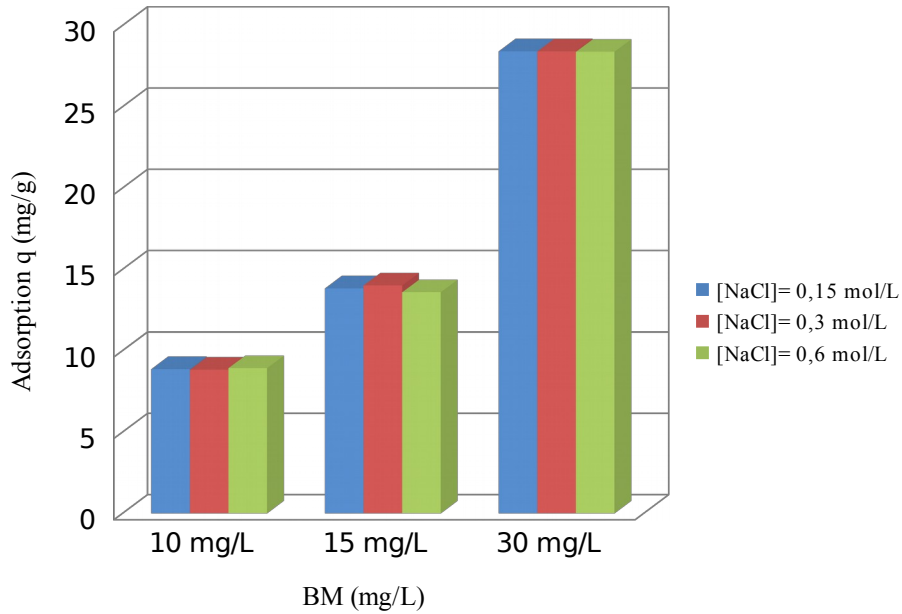


Figure III.5.: Influence de la force ionique dans la solution sur l'adsorption du BM: Temps de contact=20min,m=0,1getT=20°C

À partir de résultats de figure III.5, on peut déduire qu'aucun effet significatif de l'augmentation de la force ionique par rapport à l'adsorption de BM sur la surface du biosorbant TPT.

III.3. Etude cinétique

Cette étude nous ontété permis de déterminer l'ordre de cinétique, le modèle qui décrit bien cette cinétique d'adsorption de BM par les tiges de palmier traité TPT, le temps nécessaire pour atteindre l'état d'équilibre et de déterminer les constantes de vitesse d'adsorption du BM.

III.3.1 Modèle cinétique du pseudo-premier ordre

Ce modèle a été proposé par Lagergren et exprimé par la relation suivante [21] :

$$\frac{dq}{dt} = -k_1 (q_e - q_t) \dots\dots\dots (6)$$

Avec:

q_e : Quantité de soluté adsorbée à l'équilibre en (mg/g) ;

q_t : Quantité de soluté adsorbée à l'instant t en (mg/g) ;

K_1 : Constante de vitesse de premier ordre en ($\text{g} \cdot \text{min}^{-1}$) ;

Après intégration, l'équation s'écrit:

$$\ln (q_e - q_t) = \ln q_e - K_1 t \dots (7)$$

L'application de ce modèle pour un système donné peut être vérifiée en examinant la linéarité de la droite obtenue en portant $\ln (q_e - q_t)$ en fonction de t .

L'ordonnée à l'origine et la pente de la droite permettent de calculer q_e et K_1 .

III.3.2. Modèle cinétique du pseudo-second ordre

Le modèle de pseudo-second ordre permet de caractériser la cinétique d'adsorption en prenant compte, à la fois, le cas d'une fixation rapide des solutés sur les sites les plus réactifs et celui d'une fixation lente sur les sites d'énergie faible [21] :

$$\frac{dq}{dt} = -K_2 (q_e - q_t)^2 \dots (8)$$

Avec :

K_2 : Constante de vitesse de second ordre ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

L'intégration conduit à l'équation suivante :

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \dots (9)$$

La quantité adsorbée à l'équilibre q_e et K_2 peuvent être déterminées expérimentalement à partir de la pente et de l'ordonnée à l'origine de la fonction de $t/q_t = f(t)$.

Les résultats obtenus lors de cette étude, ont permis d'avoir les figures (III.6) et (III.7) qui représentent la cinétique d'adsorption de BM à différentes concentrations initiales avec l'application des deux modèles pseudo-premier ordre et pseudo-second ordre aux mêmes conditions 293 K.

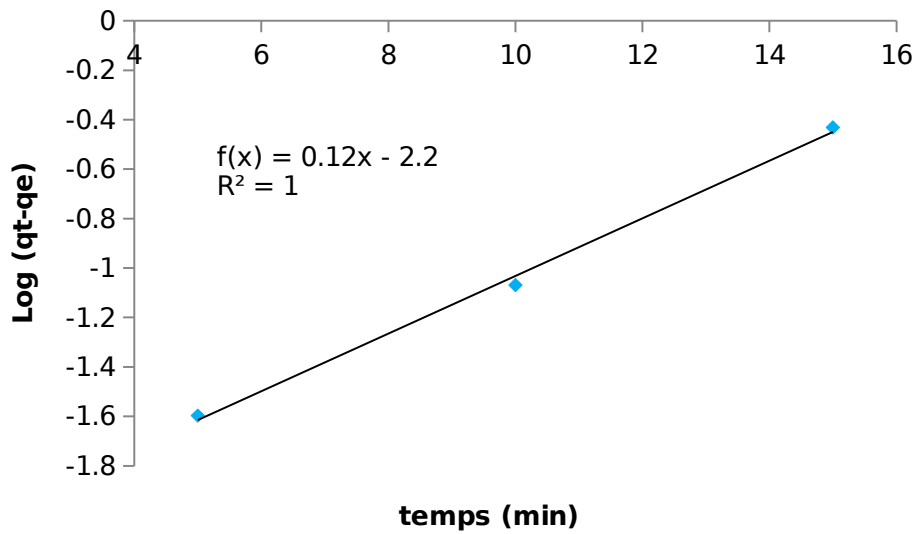


Figure III.6.: Cinétique d'adsorption de BM à différentes concentrations initiales selon le modèle pseudo-premier ordre à 293K.

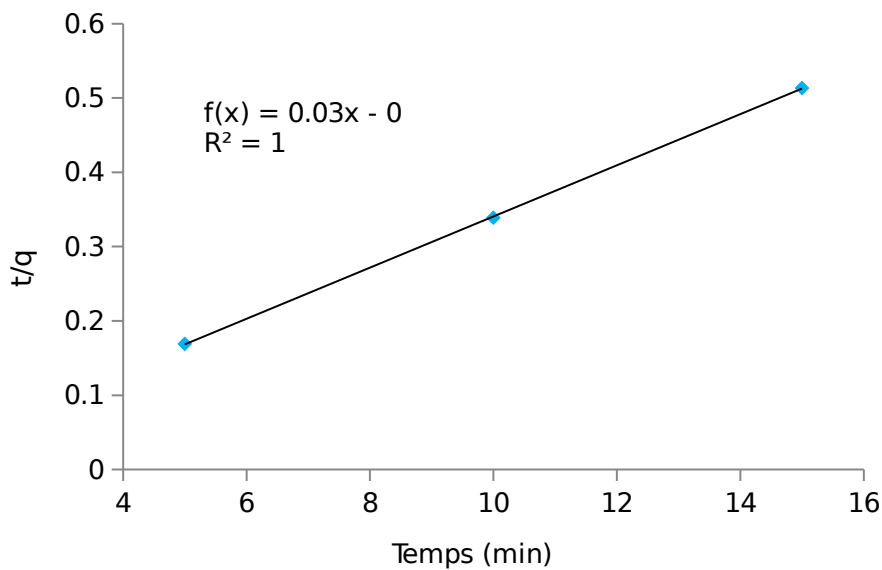


Figure III.7: Cinétique d'adsorption de BM à différentes concentrations initiales selon le modèle pseudo-second ordre à 293K.

Les figures (III.6) et (III.7) aux différentes concentrations, montrent une linéarité des différentes courbes obtenues, qui ont permis par la suite de calculer les différentes constantes cinétiques et la quantité optimale d'adsorption, qui sont rassemblés au tableau (III.1).

Tableau III.1: Paramètres cinétiques d'adsorption de BM à 293 K.

C_0 (mg/L)	Exp.	Pseudo- premier ordre			Pseudo-second ordre		
	q_e (mg/g)	q_e (mg/g)	K_1 (g/min)	R^2	q_e (mg/g)	K_2 (g/mg.min)	R^2
30	29,58	0,0063	0,1166	0,9971	29,069	0,3114	0,9999

D'après le tableau (III.1) du calcul des paramètres cinétiques, on remarque que le coefficient de corrélation calculé du modèle pseudo-second ordre ($R^2= 0,9999$) est supérieure à celui du pseudo-premier ordre ($R^2=0,9971$).

Ces résultats indiquent que le modèle pseudo-second ordre est le mieux adapté pour décrire bien la cinétique de l'adsorption du BM sur TPT.

III.4. Etude isothermique

III.4.1. Isotherme de Freundlich

Le modèle de Freundlich est un modèle semi-empirique qui est largement utilisé pour la représentation pratique de l'équilibre d'adsorption [12, 13].

La figure (III.8) représente l'isotherme d'adsorption de BM selon le Modèle de Freundlich à 293 K.

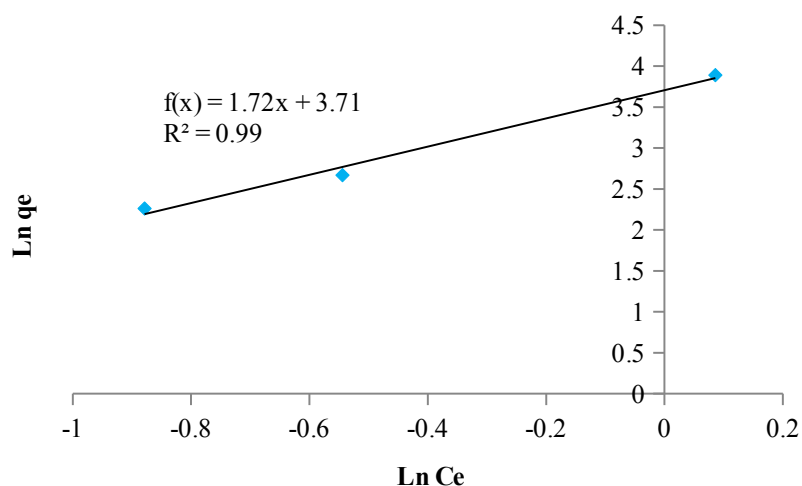


Figure III.8: Linéarisation d'isotherme d'adsorption de BM selon le Modèle de Freundlich à 293 K.

D'après la figure (III.8), l'isotherme d'adsorption de BM selon le Modèle de Freundlich à 293 K montre une bonne linéarisation.

III.4.2. Isotherme de Langmuir

A une température constante, la quantité adsorbée est liée à la capacité maximale d'adsorption q_m , à la concentration à l'équilibre C_e du soluté et à la constante d'affinité K [14], la valeur de K est liée à la force d'interaction entre la molécule adsorbée et la surface du solide; la valeur de q_m exprime la quantité de soluté fixée par gramme de solide dont la surface est considérée comme totalement recouverte par une couche mono moléculaire.

La figure (III.9) représente de même l'isotherme d'adsorption de BM selon le Modèle de Langmuir à 293 K.

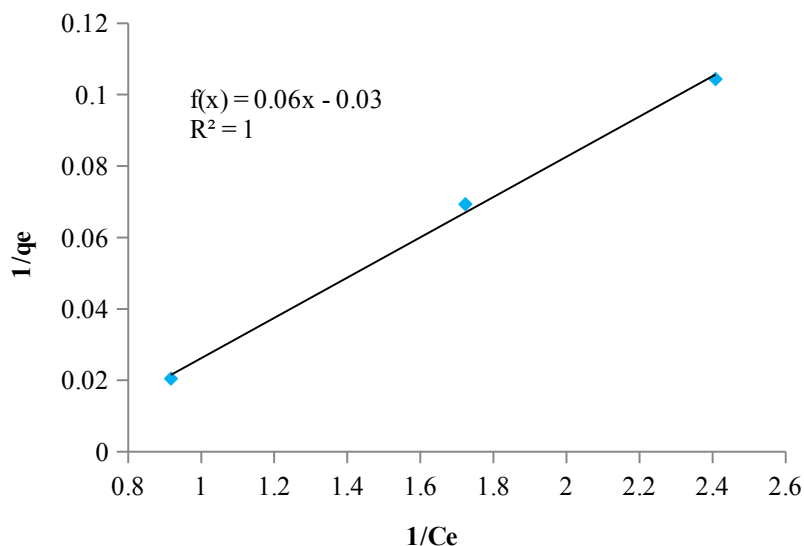


Figure III.9: Linéarisation d'isotherme d'adsorption de BM selon le Modèle de Langmuir à 293 K.

D'après la figure (III.9), l'isotherme d'adsorption de BM selon le Modèle de Langmuir à 293 K montre aussi une bonne linéarisation.

A partir des différentes courbes obtenues des figures (III.8) et (III.9), qui ont permis de calculer les différentes constantes cinétiques et la quantité optimale d'adsorption, qui sont rassemblés au tableau (III.2).

Tableau III.2: Les constantes de différentes isothermes d'adsorption de BM à 293 K.

T (K)	Langmuir			Freundlich		
	q_{\max} (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	1/n	K_F ($\text{mg}^{1-n} \cdot \text{l}^n \cdot \text{g}^{-1}$)	R^2
293 K	33,112	0,535	0,9977	1,712	40,719	0,9890

Les paramètres de deux modèles Freundlich et Langmuir qui sont regroupés dans le tableau (III.2) issus des figures (III.8) et (III.9), montrent que les résultats expérimentaux décrivent les deux modèles, mais l'isotherme de Langmuir convient le mieux car il est caractérisé par un coefficient de corrélation ($R^2 = 0,9977$) comparé à celui de l'isotherme de Freundlich qui est de 0.9890, ce qui signifie que c'est une adsorption monocouche ayant une capacité d'adsorption maximale calculée de 33.11 mg/g.

III.5. Etude comparative

Afin d'approfondir cette étude, nous avons comparé les résultats de la capacité des tiges de palmiers brut déjà faites au résultat des tiges de palmiers traités (objet de cette étude) dans l'adsorption de bleu de méthylène.

Nous avons comparé aussi les capacités d'adsorption (q_{\max}) de bleu de méthylène de notre étude à d'autres adsorbants des études antérieures et le tableau III.3 montre cette étude comparative.

Tableau III.3: Etude comparative de l'adsorption de BM sur différents adsorbants.

Adsorbants	q_{\max} en mg/g	Références
Coquilles de noix de coco	66,67	[22]
Poudre des Feuillet d'olivier	9,09	[23]
Charbonactif	24,63	[11]
Lestigespalmierbrut	10,09	[24]
Lestigespalmier bruttraité	33,11	Cetteétude

Le tableau III.3 nous a permis de comparer l'efficacité entre TP (à l'état brut) et TPT (traité par activation chimique), bien que la plante soit la même, on remarque qu'il y a une nette différence de la capacité d'adsorption car on a trouvé une capacité de 33,11mg/g pour TPT comparé à TP qui est seulement de 10,09 mg/g

En conclusion, nous pouvons dire que le processus de traitement par activation chimique a joué un grand rôle dans l'augmentation de la capacité d'adsorption des tiges de palmier.

Nous constatons également à travers les résultats du tableau III.3, que la capacité d'adsorption de BM par les TPT était bonne et acceptable par rapport aux autres adsorbants. Une étude économique sera nécessaire pour montrer son efficacité à une échelle d'application large.

*CONCLUSION
GENERALE*

L'objectif principal de ce travail est de valoriser et développer un biomatériau local (des tiges du palmier traité) à travers une étude expérimentale sur sa capacité d'adsorption des colorants le bleu de méthylène en solution aqueuse en vue d'une application aux traitements des eaux.

Les résultats obtenus lors de notre étude ont pu mettre en évidence les constatations suivantes :

- L'adsorption du bleu de méthylène sur les tiges du palmier a montré que sa rétention est rapide et atteint l'équilibre après 15 min d'agitation.
- Le pH initial et la masse de l'adsorbant joue un rôle très important dans l'adsorption de bleu de méthylène et l'optimisation de ces facteurs donnent de quantité importante de la rétention du colorant où le pH optimale = 6 et la masse optimale = 0,1g.
- L'étude cinétique d'adsorption sur les tiges de palmier, montrent que le modèle le plus favorable pour décrit cette adsorption est pseudo second ordre.
- Le modèle de Langmuir décrit mieux le phénomène d'adsorption du bleu de méthylène sur les tiges du palmier.
- La poudre des tiges du palmier traité est un biomatériau ayant de capacité d'adsorption intéressante de 33,112 mg/g.

Grâce à cette étude appliquée dans le laboratoire, on conclue que les tiges du palmier traitées peuvent être utilisées comme étant un adsorbant efficace dans le domaine de la lutte contre la pollution de l'eau.

Cette étude ouvre certaines nombre de perspectives relatives à la recherche et la mise au point de matériaux applicables au traitement des effluents industriels et domestiques et/ou même à la potabilisation des eaux, qui porte sur la nécessité de :

- Tester d'autres modalités de modification de biomatériau.
- Tester l'efficacité de ce biomatériau dans des milieux poilé réels.
- L'extrapolation de ces essais en mode dynamique.

REFERENCES

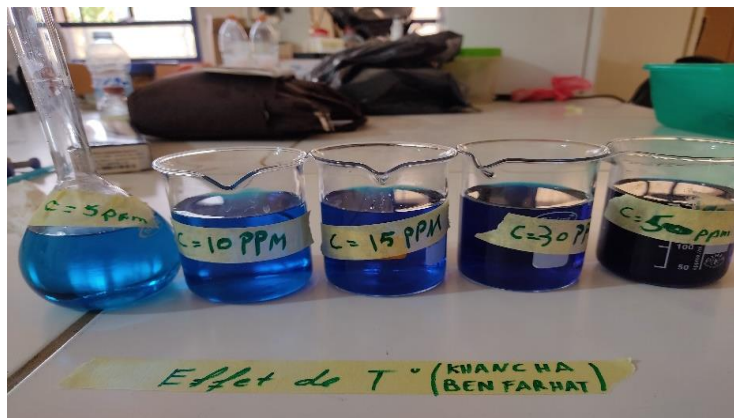
BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] F. Sakr., A. Sennaoui, M. Elouardi, M. Tamimi, A. Assabbane, « Étude de l'adsorption du Bleu de Méthylène sur un biomatériau à base de Cactus », *Journal of Materials and Environmental Science*, 6 (2015) 397-406.
- [2] M. Arami., N. Limaee, Y. Mahmoudi, N.M. Tabrasi, « Removal of dyes from colored textile wastewater by orange peel adsorbent: Equilibrium and kinetic studies », *Journal of Colloid and Interface Science*, 288 (2005) 371–376.
- [3] S. Hazourli, M. Ziati, A. Hazourli, M. Cherifi, « Valorisation d'un résidu naturel ligno-cellulosique en charbon actif - exemple des noyaux de dattes », *Revue des énergies renouvelables, ICRESO 07 Tlemcen*, (2007) 187–192.
- [4] Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau, « Les eaux usées une ressource inexploitée », (2017).
- [5] H. Benayad, « Synthèse, Caractérisation et Application dans l'environnement », *Mémoire de Magister, Université de Tlemcen*, (2013).
- [6] Le centre d'information sur l'eau 75008 Paris, France site web : <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/quest-ce-que-les-eaux-usees/>.
- [7] Document Technique FNDAE hors-série N°12 (Office International de l'Eau SNIDE), « La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux », vol. 100, (2004).
- [8] M. Bounaas, « Rétention de composés organiques toxiques par des biosorbants en batch: Etude expérimentale et modélisation », *Doctorat, Université de Setif1*, (2020).
- [9] R. Tafer, « Photodégradation directe et induite de micropolluants organique (cas d'un colorant azoïque) », *Mémoire de Magister, Université de Constantine* (2007).
- [10] F. Larbi, « Contribution à la décoloration des eaux résiduaires textiles par des argiles naturelles », *Mémoire de Magister, Université d'Oran Es-Senia*, (2008).
- [11] F. Benamraoui, « Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture », *Mémoire de Master, Université de Setif 1*, (2014).
- [12] <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.langmuir.7b00468>
- [13] H. Freundlich, « An adsorption in solutions », *Phys.Chem.*, 8 (1906) 89-146.
- [14] I. Langmuir, « Modelisation of adsorption », *Phys. Rev.*, 6 (1915) 1361-1403.
- [15] N. Rebbahi, « Elimination d'un colorant cationique bleu de méthylène par l'adsorption sur un résidu forestier », *Mémoires de Master, Université de Sétif 1*, (2014).
- [16] C.D.S. Tomlin, « The pesticide manual, a world compendium », *British Crop Protection Council, Farnham, Surrey*, 11ème édition, (1997).
- [17] M. Sophie, « Spectrophotométrie d'absorption moléculaire, Étude et dosage de la vitamine B6, UV Visible », (2014).
- [18] Spectroscopie UV-visible : https://physiquechimie.dis.acguyane.fr/IMG/pdf/spectroscopie_uv-visible.pdf

- [19] K. Rahimi, « Chemical Sciences Programme », Universiti Brunei Darussalam, Jalan Tungku Link, Pengkalan Gadong, Bandar Seri Begawan BE 1410, Brunei Darussalam, **(2015)**.
- [20] A. Reffas, « Etude de l'adsorption de colorants organiques rouge nylon et bleu de méthylène sur des charbons actifs préparés à partir du marc du café », Thèse Doctorat en Sciences, Université de Constantine **(2010)**.
- [21] S. Sahnoun, « Synthèse, caractérisation et application des argiles organophiles », Mémoire de Magister, Université du Sétif **(2011)**.
- [22] A. Merzoug, « Elimination des micropolluants par des adsorbants naturels », mémoire Université Abd el-Hamid Ibn Badis **(2016)**.
- [23] K. Zemouri, « Etude de l'adsorption de colorants organiques (Bleu de Méthylène et Méthyle Orange) sur les coquilles de noix de coco », Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira de Bejaia **(2019)**.
- [24] **A. Boudaoud, M. Djedid, M. Benalia, C. Ad**, N. Bouzar, H. Elmsellem: Removal of Nickel (II) and Cadmium (II) ions from Wastewater by Palm fibers. Scientific Study&Research. Chemistry& Chemical Engineering, Biotechnology. Volume 18 (4), 2017, Pages 391-406.
- [25] **C. Ad, M. Djedid, M. Benalia**, H. Elmsellem, **A. Boudaoud**: Adsorptive Removal of Nickel (II) using Luffa Cylindrica: Effect of NaCl concentration on Equilibrium and Kinetic parameters, Scientific Study&Research. Chemistry& Chemical Engineering, Biotechnology. Volume 19 (2), 2018, Pages 211-222.
- [26] **AD Chifaa, Djedid Mebrouk, Benalia Mokhtar**, Elmsellem Hicham, Amer Rany A., Boudaoud Asma, Ben Saffedine Fatiha. Evolution de Pouvoir adsorbant de Luffa Cylindrica Local pour l'élimination de quelques métaux lourds dans les eaux usées. The 1st International Congress on Biotechnologies for Sustainable Development (CIBSDD). 24-25 October 2017, Boumerdes, Algérie

ANNEXE

Annexe 1 : Les solutions de l'effet de la température (sans plante).



Annexe 2 : Les solutions de l'effet de la température (après l'addition de la plante).



عنوان المذكرة : التغيير الكيميائي لمادة حيوية محلية لإزالة الملوث الأزرق المثلث

المؤطر: د. جديد مبروك

الإسم: يوسف

اللقب: خنشة

د. بوداود أسماء

الإسم: نبيلة

اللقب: بن فرحات

ملخص: في هذا العمل ، نحن مهتمون بدراسة امتزاز صبغة كاتيوني المثلثين لأزرق على سيقان النخيل. المعالجة لقد مكنتنا اختبارات الامتزاز في وضع الدفعات من ملاحظة أن سعة الامتزاز تتأثر بالعديد من المعلمات المتعلقة بالوسيط والامتزاز ، وقد أظهرت إزالة ملحوظة من 15 دقيقة الأولى. تمت دراسة تأثير العوامل التجريبية المختلفة مثل كتلة الممتزاز ، درجة الحموضة، وقت التلامس ، وتركيز الصبغة الأولى. أظهرت النتائج التجريبية أن أقصى امتزاز ل صبغة الميثيلين الأزرق على سيقان النخيل عند درجة الحموضة = 6 وفي درجة حرارة 298 كلفن. أظهرت الدراسة الحركية و المتساوية الحرارة أن نموذج الرتبة الثانية الزانفة و Langmuir بشكل جيد عملية هذا امتزاز.

الكلمات المفتاحية: الامتزاز، الميثيلين الأزرق، متساوي الحرارة، سيقان النخيل.

Titre du mémoire: **Modification chimique d'un biomatériau local pour l'élimination du polluant bleu de méthylène.**

Nom: KHENCHA

Prénom: Youcef

Encadreur: Dr. DJEDID Mebrouk

Nom: BENFARHAT

Prénom: Nabila

Dr. BOUDAOU D Asma

Résumé: Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'adsorption de un colorant cationique le bleu de méthylène (BM) sur les tiges de palmier traité. Les essais d'adsorption en mode batch nous ont permis de constater que la capacité d'adsorption est influencée par divers paramètres liés au milieu et à l'adsorbant, ils ont montré une élimination remarquable dès les 15 premières minutes. L'influence de différents paramètres expérimentaux comme la masse d'adsorbant, le pH, le temps de contact et la concentration initiale du colorant a été étudiée. Les résultats expérimentaux ont montré que l'adsorption du colorant Bleu de Méthylène sur les tiges de palmier atteint un maximum à pH=6 et à température 298 K. L'étude cinétique et isothermique a montré que le modèle de pseudo second ordre et de Langmuir décrit bien le processus de cette adsorption.

Mots-clés: Adsorption, Bleu de méthylène, Isothermes, Les tiges de palmier.

Memory title : **Chemical modification of local biomaterial forth elimination of polluted methylene bleu.**

Name: KHENCHA

Last name: Youcef

Framer: Dr . DJEDID Mebrouk

Name: BENFARHAT

Last name: Nabila

Dr BOUDAOU D Asma

Abstract: In this work, we are interested in the study of the adsorption of a cationic dye methylene blue on treated palm stems. The adsorption tests in batch mode have enabled us to observe that the adsorption capacity is influenced by various parameters related to the medium and to the adsorbent; they have shown remarkable elimination from the first 15 minutes. The influence of various experimental parameters such as adsorbent mass, pH, contact time and initial dye concentration was studied. Experimental results have shown that the maximum adsorption of methylene Blue dye on palm stems at pH= 6 and temperature = 298 K. The kinetics and isothermal study showed that the pseudo-second order and Langmuir model well describes the process of this adsorption

Keywords: Adsorption, Methylene blue, Isotherms, Palm stems.